

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *SIKA FUME*
TERHADAP BETON *SELF COMPACTING CONCRETE*
DENGAN VARIASI PENGGUNAAN
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N)
(*THE EFFECT OF ADDITIONAL VARIATIONS OF
SIKA FUME TO SELF COMPACTING CONCRETE BY
USING VARIATIONS OF SUPERPLASTICIZER
VISCOCRETE 3115N*)**

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



**Anandya Dwinuardi Ramadhan
17511184**

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

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SIKAFUME
TERHADAP BETON SELF COMPACTING CONCRETE
DENGAN VARIASI PENGGUNAAN
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N)
(THE EFFECT OF ADDITIONAL VARIATIONS OF
SIKAFUME TO SELF COMPACTING CONCRETE BY
USING VARIATIONS OF SUPERPLASTICIZER
VISCOCRETE 3115N)**

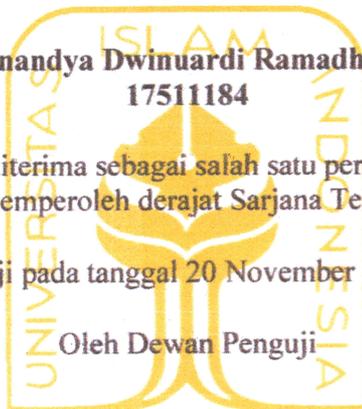
Disusun Oleh

Anandya Dwinuardi Ramadhan
17511184

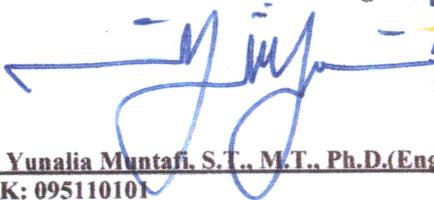
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 20 November 2023

Oleh Dewan Penguji



Dosen Pembimbing


19/12/23

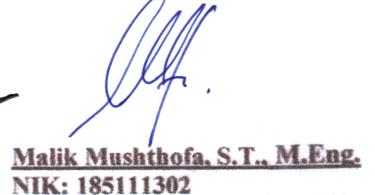
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng.), IPM.
NIK: 095110101

Penguji 1


21/12/23

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

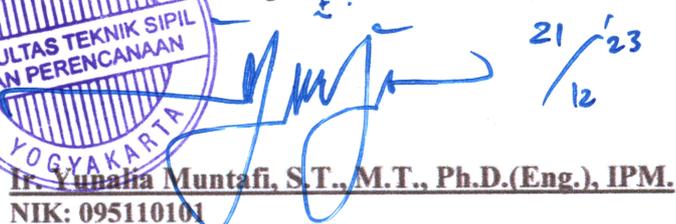
Penguji 2


21/12/23

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



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


21/12/23
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 saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 6 November 2023

Penulis,



Anandya Dwinuardi Ramadhan
(17511184)

HALAMAN DEDIKASI

Laporan Tugas Akhir ini penulis dedikasikan kepada kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi dan segala hal yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

Terima kasih.

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis berikan kepada Allah SWT yang sudah memberikan rahmat yang melimpah, kesehatan, serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, serta keluarganya, sahabatnya dan semoga kita semua mendapatkan syafaa'atnya di hari akhir nanti.

Penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan motivasi serta dukungan berupa materi maupun semangat kepada penulis, karena dengan dukungan pihak baik ini penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, ayah dan bunda tersayang yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa yang tiada henti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Saudara-saudara penulis, a adit, teh afifah, dan anin yang selalu memberikan dukungan, masukan dan doa yang tiada henti untuk penulis.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng.), IPM., selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis. Penulis berikan rasa terima kasih atas bimbingan, nasihat serta dukungan yang diberikan kepada penulis selama menyusun tugas akhir ini. Semoga ilmu-ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat hingga hari akhir nanti.
4. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir penulis. Penulis berikan rasa terima kasih atas bimbingan, nasihat serta dukungan yang diberikan kepada penulis. Semoga ilmu-ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat hingga hari akhir nanti.

5. Teman-teman penulis semasa SMA, Avandi, Yais, Afiq, Sony, dan Njay yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
6. Teman-teman semasa kuliah, Adit, Gigih, Ikmal, Ican, Dikky, Radit, Annas, Furqon, Harris, Alfandy, Anjas, Cholis dan Ridwan yang selalu memberikan dukungan, doa dan bantuan kepada penulis.
7. Dan semua pihak dan juga teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2017 yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis, dengan sepenuh hati penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 6 November 2023
Penulis,



Anandya Dwinuardi Ramadhan
(17511184)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
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 Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Beton	14
3.2 Karakteristik dan Sifat Beton	14
3.2.1 Kuat Tekan Beton (f'_c)	15
3.2.2 Kuat Lentur Beton	15
3.2.3 Kuat Tarik Belah Beton	16
3.3 <i>Self Compacting Concrete (SCC)</i>	17

3.3.1	Pengertian <i>Self Compacting Concrete</i>	17
3.3.2	Syarat-syarat Beton <i>Self Compacting Concrete</i>	18
3.4	Bahan Penyusun Beton	18
3.4.1	Agregat	19
3.4.2	Semen	21
3.4.3	Air	22
3.5	Bahan Tambah	23
3.5.1	Bahan Tambah Kimia	23
3.5.2	Bahan Tambah Mineral	25
3.5.3	<i>Superplasticizer Viscocrete-3115N</i>	25
3.5.4	<i>Sika Fume</i>	26
3.6	Perencanaan Campuran Beton	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		35
4.1	Tinjauan Umum	35
4.2	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	35
4.3	Bahan Baku dan Peralatan	36
4.3.1	Bahan Baku	36
4.3.2	Peralatan Penelitian	37
4.4	Pelaksanaan Penelitian	37
4.4.1	Persiapan	37
4.4.2	Pemeriksaan Agregat Halus	37
4.4.3	Pemeriksaan Agregat Kasar	39
4.4.4	<i>Mix Design</i>	41
4.4.5	Pelaksanaan Pengujian	41
4.5	Diagram Alir Penelitian	47
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		50
5.1	Umum	50
5.2	Pengujian Agregat Halus	50
5.2.1	Pengujian Berat Jenis dan penyerapan Air Agregat Halus	55
5.2.2	Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Halus	51
5.2.3	Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Halus	52

5.2.4	Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	52
5.2.5	Pengujian Kadar Lumpur (Lolosan Saringan No.200) Agregat Halus	54
5.3	Pengujian Agregat Kasar	55
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	56
5.3.4	Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar	56
5.4	Perencanaan Campuran Beton SCC (<i>Mix Design</i>)	58
5.5	Komposisi Campuran Beton SCC	60
5.6	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump Flow</i>	61
5.7	Hasil Pengujian Nilai <i>V-Funnel</i>	64
5.8	Hasil Pengujian Nilai <i>L-box</i>	67
5.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Self Compacting Concrete</i>	69
5.10	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton <i>Self Compacting Concrete</i>	73
5.11	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton <i>Self Compacting Concrete</i>	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		82
6.1	Kesimpulan	82
6.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	9
Tabel 3.1	Batas Gradasi Agregat Kasar	20
Tabel 3.2	Gradasi Pasir	21
Tabel 3.3	Jenis-jenis Semen <i>Portland</i>	22
Tabel 3.4	Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Fas 0,5	28
Tabel 3.5	Penetapan Nilai <i>Slump</i> (mm) Adukan Beton	30
Tabel 3.6	Perkiraan Kebutuhan Air per M ³ Beton	30
Tabel 3.7	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Fas Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	31
Tabel 4.1	Benda Uji Setiap Variasi	36
Tabel 5.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	50
Tabel 5.2	Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus	51
Tabel 5.3	Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	52
Tabel 5.4	Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	52
Tabel 5.5	Pengujian Lolos Saringan No.200 Pada Agregat Halus	54
Tabel 5.6	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	55
Tabel 5.7	Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar	56
Tabel 5.8	Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	56
Tabel 5.9	Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar	57
Tabel 5.10	Hasil Perencanaan <i>Mix Design</i> 30 MPa	59
Tabel 5.11	Komposisi Campuran Beton SCC Dengan SP 0,8%	61
Tabel 5.12	Komposisi Campuran Beton SCC Dengan SP 1,2%	61
Tabel 5.13	Pengujian <i>Slump Flow</i> dan <i>T50</i>	62
Tabel 5.14	Pengujian <i>V-Funnel</i>	65
Tabel 5.15	Pengujian <i>L-box</i>	67
Tabel 5.16	Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 0,8%	70

Tabel 5.17	Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 1,2%	70
Tabel 5.18	Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Dengan SP 0,8%	74
Tabel 5.19	Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Dengan SP 1,2%	74
Tabel 5.20	Perbandingan dan Korelasi Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 0,8%	75
Tabel 5.21	Perbandingan dan Korelasi Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 1,2%	75
Tabel 5.22	Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton SCC Dengan SP 0,8%	78
Tabel 5.23	Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton SCC Dengan SP 1,2%	78
Tabel 5.24	Perbandingan dan Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 0,8%	79
Tabel 5.25	Perbandingan dan Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 1,2%	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	29
Gambar 3.2	Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan	33
Gambar 4.1	<i>Compressing Test Machine</i>	42
Gambar 4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	43
Gambar 4.3	<i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	44
Gambar 4.4	<i>Ambrams Cone</i>	45
Gambar 4.5	<i>Alat V-Funnel Test</i>	46
Gambar 4.6	<i>Alat L-Shapped Box</i>	47
Gambar 4.7	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	47
Gambar 5.1	Analisis Saringan Agregat Halus	54
Gambar 5.2	Analisis Saringan Agregat Kasar	58
Gambar 5.3	Hasil Pengujian <i>T50 Slump Flow</i>	63
Gambar 5.4	Hasil Pengujian <i>T50 Diameter Slump Flow</i>	63
Gambar 5.5	Hasil Pengujian <i>V-Funnel</i>	66
Gambar 5.6	Hasil Pengujian <i>L-box</i>	68
Gambar 5.7	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton SCC	72
Gambar 5.8	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC	77
Gambar 5.9	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton SCC	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Pemakaian Lab	89
Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	92

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
BKT	= Bahan Konstruksi Teknik
EFFNARC	= <i>European Federation of National Associations Representing for Concrete</i>
Cm	= Centimeter
$f'c$	= Kuat tekan maksimum beton
flt	= Kuat lentur beton
fct	= Kuat tarik belah beton
g	= Gram
Kg	= Kilogram
m^3	= Meter kubik
MPa	= Megapascal
Mm	= Milimeter
N	= Newton
Kg	= Kilogram
%	= Persen
w/c	= <i>Water Cement Ratio</i>
m/s	= Meter per detik
h	= Tinggi
b	= lebar
SCC	= <i>Self Compacting Concrete</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SP	= <i>Superplasticizer</i>
P	= Gaya

ABSTRAK

Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan beton yang memiliki kemampuan untuk memadat dengan sendirinya tanpa bantuan alat pemadat. Pemadatan campuran beton sulit untuk dikerjakan pada beberapa situasi, contohnya seperti pada pekerjaan fondasi *bore pile*. Pekerjaan pemadatan ini sulit dikerjakan karena kedalaman fondasi *bore pile* yang dalam, sehingga alat pemadat tidak dapat menjangkau daerah tersebut. Penggunaan beton *self compacting concrete* (SCC) menjadi solusi karena kemampuan beton SCC yang dapat memadat dengan sendirinya.

Superplasticizer (*viscocrete 3115N*) dan *sika fume* diperlukan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton SCC untuk menambah *workability* dan meningkatkan mutu beton. Kadar *sika fume* yang digunakan adalah 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen, dan *superplasticizer* (*viscocrete 3115N*) sebesar 0,8% dan 1,2% terhadap jumlah berat semen dan *sika fume*. Mutu beton SCC yang direncanakan adalah 30 MPa. Perhitungan perencanaan campuran beton SCC menggunakan SNI 03-2834-2000 dan *EFNARC 2005*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian beton SCC meliputi pengujian slump flow T50, *v-funnel*, dan *l-box*, sedangkan untuk pengujian mutu beton pada umur 28 hari meliputi pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah, dan kuat lentur.

Pengujian beton SCC pada variasi *sika fume* 0% dan 4% dengan variasi *superplasticizer* 0,8% tidak termasuk dalam kategori beton SCC, karena tidak memenuhi persyaratan pengujian *ability EFNARC 2005*. Hasil maksimum dan melewati kuat tekan rencana yang didapatkan di penelitian ini terdapat pada variasi *sika fume* 8% dengan penambahan *superplasticizer* 0,8% dengan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton maksimum secara berturut-turut yaitu 33,179 MPa, 3,580 MPa, 4,437 MPa.

Kata kunci: beton SCC, *sika fume*, *superplasticizer*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur

ABSTRACT

Self Compacting Concrete (SCC) is concrete that has the ability to compact itself without the aid of a compactor. Compaction of concrete mixtures is difficult in some situations, such as in bore pile foundation work. This compaction work is difficult to do because the depth of the bore pile foundation is deep, so the compactor cannot reach the area. The use of self compacting concrete (SCC) is a solution because of the ability of SCC to compact itself.

Superplasticizer (viscocrete 3115N) and sika fume are required as additives in the manufacture of SCC to increase workability and improve concrete quality. The levels of sika fume used were 0%, 4%, 8%, and 12% by weight of cement, and superplasticizer (viscocrete 3115N) were 0.8% and 1.2% by weight of cement and sika fume. The planned SCC quality is 30 MPa. Calculation of SCC mix planning using SNI 03-2834-2000 and EFNARC 2005. The tests carried out are SCC testing including slump flow T50, v-funnel, and l-box, while for testing the quality of concrete at the age of 28 days includes testing the compressive strength of concrete, split tensile strength, and flexural strength.

In SCC testing at 0% and 4% sika fume variations with 0.8% superplasticizer variations are not included in the SCC category, because they do not meet the EFNARC 2005 ability testing requirements. The maximum results and exceeding the plan compressive strength obtained in this study are in variation of 8% sika fume with the addition of 0.8% superplasticizer with testing compressive strength, split tensile strength, and maximum flexural strength of concrete respectively 33.179 MPa, 3.580 MPa, 4.437 MPa.

Keywords: *self compacting concrete, sika fume, superplasticizer, compressive strength of concrete, split tensile strength, flexural strength*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton biasa digunakan sebagai salah satu material konstruksi di Indonesia, karena pekerjaannya yang cukup mudah dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan suatu pekerjaan konstruksi. Beton terdiri dari campuran agregat, semen, dan air yang kemudian dicampur dalam keadaan plastis dan membuat campuran ini mudah untuk dikerjakan (SNI-2847-2019). Penggunaan beton sering menjadi pilihan karena mempunyai beberapa kelebihan, yaitu kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), keawetan yang tinggi (*durability*), bahan pengisi (*filler*) yang mudah didapatkan, dan kekuatan yang sangat diperlukan dalam membangun pekerjaan konstruksi yang berkualitas (Mc Cormac, 2004).

Pengaplikasian beton yang dapat digunakan pada banyaknya situasi dalam pekerjaan konstruksi menjadi suatu hal lebih, akan tetapi banyak hal yang harus diperhatikan dalam pengerjaannya, seperti contoh pada pekerjaan pemadatan. Pemadatan beton bertujuan untuk mengurangi udara yang terjebak di dalam campuran beton segar agar dapat menghasilkan beton yang homogen dan tidak terjadi rongga-rongga udara di dalam beton. Pekerjaan pemadatan ini sulit untuk dikerjakan pada beberapa situasi, seperti contoh pada pekerjaan fondasi dalam proyek *flyover* Purwosari. Proyek *flyover* Purwosari menggunakan fondasi jenis *bore pile* dengan mutu rencana 30 MPa. Fondasi *bore pile* biasa menggunakan beton dengan mutu sedang dengan kuat tekan silinder sekitar 21-40 MPa (SNI 03-6468-2000). Pekerjaan pemadatan ini sulit dikerjakan karena kedalaman fondasi *bore pile* yang dalam sehingga alat pemadat tidak dapat menjangkau daerah tersebut, sehingga proyek *flyover* Purwosari menggunakan teknologi beton *self compacting concrete* (SCC) dalam pengaplikasiannya karena kemampuan beton SCC yang dapat memadat dengan sendirinya.

Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan sebuah hasil inovasi dari teknologi beton saat ini. Beton SCC ini memiliki kemampuan untuk dapat mengalir

dengan baik pada bagian-bagian yang memiliki jarak tulangan yang sempit dengan homogenitas yang tetap terjaga tanpa terjadinya segregasi dan dapat memadat dengan menggunakan berat sendiri untuk dapat memenuhi bekisting tanpa memerlukan proses pemadatan dengan getaran (EFNARC 2002). Beton bisa dikategorikan sebagai beton SCC apabila memiliki nilai *slump flow* yang tinggi yaitu sekitar antara 640-800 mm (EFNARC 2005). Beton SCC ini tidak dapat mengalir dengan sendirinya tanpa bantuan bahan tambah *admixtures*. Maka diperlukan bahan tambah *admixtures* yang memiliki kemampuan untuk menurunkan kekentalan campuran beton seperti *Superplasticizer viscocrete 3115N*.

Superplasticizer viscocrete 3115N memiliki sifat kemudahan mengalir. *Viscocrete 3115N* ini memiliki keunggulan yaitu *high range water reducer* yang mampu mencapai 30% dan kemampuan mengalir yang tinggi (PT. Sika Indonesia, 2022). Selain itu, kemampuan alir dari beton SCC juga bisa dipengaruhi oleh proporsi agregat halus dan kasar yang ada pada campuran beton. Akan tetapi, semakin banyaknya agregat halus yang terdapat pada campuran beton maka akan menyebabkan kuat tekan beton mengalami penurunan (Widodo, 2004), sehingga untuk menghasilkan beton SCC yang memiliki kemampuan alir yang baik dan kuat tekan yang tinggi maka dibutuhkan bahan tambah yang dapat menambah kekuatan pada beton. Bahan tambah yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton adalah *silica fume*. Menurut Arya (2017), gabungan antara *superplasticizer* dan *silica fume* dapat menghasilkan beton SCC yang memiliki daya alir yang baik dan memiliki kuat tekan yang tinggi.

Silica fume merupakan bahan campuran yang dikenal mampu untuk meningkatkan mutu beton. Menurut ASTM C 1240 (1995), *silica fume* merupakan material *pozzolan* yang sangat halus, komposisi *silica* dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy ferro silicon*. *Silica fume* memiliki butiran halus dengan ukuran material *silica fume* ini mencapai 1/100 dari diameter semen (ACI 234R-06), sehingga mampu untuk bergerak serta mengisi rongga pori yang terdapat pada struktur beton. *Silica fume* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sika fume* dari PT. Sika Indonesia. *Sika fume* adalah generasi terbaru dari bahan tambah untuk beton yang memiliki bentuk bubuk halus yang didasarkan pada teknologi

silica fume. *Sika fume* dapat digunakan untuk meningkatkan kepadatan daya tahan dan kuat tekan beton (PT. Sika Indonesia, 2018).

PT. Sika Indonesia merekomendasikan kadar penggunaan *sika fume* adalah sebesar 5-15% dari berat semen dan kadar dari *superplasticizer viscocrete 3115N* yang disarankan yaitu 0,8% - 2% terhadap berat semen. Pembuatan campuran beton dengan kadar *sika fume* 5% pada penelitian sebelumnya ternyata campuran tersebut tidak memenuhi syarat dari beton SCC menurut *EFNARC 2002* (*slump flow* dan T50), sehingga kadar yang digunakan sebesar 0-5% dari berat semen dan didapatkan kadar optimum sebesar 3% dari berat semen dan kadar *superplasticizer viscocrete 3115N* sebesar 0,9% dari berat semen (Arya, 2017).

Pada penelitian ini, penulis ingin mengetahui penggunaan variasi *sika fume* dengan kadar 0%, 4%, 8% dan 12% dari berat semen masih termasuk dalam kategori beton SCC yang disyaratkan oleh *EFNARC 2005* atau tidak. Pengambilan *range* tersebut untuk mewakili kadar di bawah dan di atas 5%, untuk mengetahui kadar yang tepat dan sesuai dengan persyaratan *EFNARC 2005*. Penambahan variasi *superplasticizer viscocrete 3115N*, penulis menentukan kadar 0,8% dan 1,2% dari berat semen sesuai dengan *range* yang disarankan oleh PT. Sika Indonesia. Selain itu, untuk *mix design* menggunakan metode *mix design SNI 03-2834-2000* dan *EFNARC 2005* untuk menentukan proporsi agregat. Proporsi agregat yang digunakan adalah sebesar 51% dan 49% untuk agregat halus dan kasar yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya (Ikbal, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapatkan dari uraian latar belakang di atas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2% dan penambahan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% terhadap beton *self compacting concrete* dan keterpenuhannya dalam persyaratan menurut *EFNARC 2005*?
2. Bagaimanakah hasil kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dengan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12%

dari berat semen dan penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2%?

3. Bagaimanakah hasil nilai kuat tekan maksimum dengan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% pada beton *self compacting concrete* dengan penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2%?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang didapatkan dari rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2% dan penambahan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% terhadap beton *self compacting concrete* dan keterpenuhannya dalam persyaratan menurut *EFNARC 2005*.
2. Mengetahui hasil kuat tekan , kuat lentur, dan kuat tarik beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dengan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% dari berat semen dan penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2%.
3. Mengetahui nilai kuat tekan maksimum dengan variasi *sika fume* sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% pada beton *self compacting concrete* dengan penggunaan variasi *superplasticizer (viscocrete 3115N)* sebesar 0,8% dan 1,2%.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi apakah dengan penggunaan *sika fume* dan *superplasticizer (viscocrete 3115N)* dapat menghasilkan beton *self compacting concrete* sesuai dengan persyaratan *EFNARC 2005*.
2. Menjadikan penelitian ini sebagai referensi penerapan beton *self compacting concrete* dengan penambahan *sika fume* dan *superplasticizer (viscocrete 3115N)* untuk penelitian selanjutnya.

3. Menjadikan penelitian ini sebagai acuan untuk pembuatan beton *self compacting concrete* dengan kondisi material dari Yogyakarta.
4. Menghasilkan pembuatan beton *self compacting concrete* yang nantinya dapat terus dikembangkan agar dapat menghasilkan beton *self compacting concrete* yang lebih baik.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini membutuhkan adanya batasan masalah agar penelitian ini tidak menyimpang dan terfokus pada tujuan dari penelitian ini. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton rencana adalah 30 MPa
2. Variasi penambahan *sika fume* yang digunakan adalah 0%, 4%, 8% dan 12% terhadap berat semen
3. Jenis *superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete 3115N*.
4. Kadar *viscocrete 3115N* yang digunakan adalah sebesar 0,8% dan 1,2% terhadap berat semen dan *sika fume*.
5. Waktu perawatan 28 hari.
6. Semen yang digunakan adalah semen tiga roda tipe PCC.
7. Ukuran agregat kasar maksimal 20 mm.
8. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng
9. Agregat halus yang digunakan berasal dari pasir Progo.
10. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
11. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Pengujian *workability* menggunakan uji *slumpT50*, *L-box* dan *V-funnel*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dengan penelitian beton *self compacting concrete* dengan menggunakan bahan tambah telah banyak dikerjakan oleh peneliti sebelumnya, dan dapat digunakan sebagai tinjauan pustaka. Penelitian yang dilaksanakan dengan pengujian beton *self compacting concrete* di laboratorium.

Rahady (2017), melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan *silica fume* dan *superplasticizer* pada *self compacting concrete* (SCC) untuk dapat menentukan komposisi dari penambahan *silica fume* dan *superplasticizer* pada *self compacting concrete* (SCC), dapat menentukan hasil dari *slump* pada beton dengan mutu tinggi dan juga *slump flow* pada SCC, dan dapat menentukan hasil pengujian dari kuat tekan dan kuat tarik belah terhadap beton dengan mutu tinggi dan SCC pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan sampel beton dengan penambahan *silica fume* sebesar 10% dan menggunakan variasi *superplasticizer* dengan menggunakan variasi campuran antara 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6%. *Superplasticizer* ini memiliki fungsi untuk dapat memberikan kelecekan pada beton dengan mengurangi kebutuhan air yang dipakai sampai 30%. Hasil dari penelitian yang telah dikerjakan maka didapatkan hasil kuat tekan dan tarik atau belah optimum dari variasi tipe benda uji SCC-3 dengan nilai sebesar 43,063 MPa dan 11,172 MPa.

Arya (2017), melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan *sika fume* terhadap kuat tekan *self compacting concrete* yang menggunakan *superplasticizer viscocrete* 3115N untuk mengetahui pengaruh dari *sika fume* pada rentang 0% sampai 5% dan pengaruh dari penambahan *superplasticizer viscocrete* 3115N terhadap karakteristik dan kuat tekan dari beton SCC. Penelitian ini dilaksanakan dengan cara membuat sampel beton dengan variasi penambahan *silica fume* dengan persentase 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat semen. Kemudian melakukan penambahan *superplasticizer viscocrete* 3115N sebesar 0,9% dari berat

semen untuk membantu dalam pelaksanaan pembuatan sampel beton. Perawatan beton dilakukan selama 28 hari dan kuat desak yang telah direncanakan adalah sebesar 43 MPa. Hasil dari penelitian yang telah dikerjakan maka didapatkan hasil kadar optimum penambahan *sika fume* pada penambahan 3% dengan kuat desak yang didapatkan sebesar 50,54 MPa dan modulus elastisitas sebesar 32992,4 MPa.

Amal (2021), melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan persentase *sika fume* dan *superplasticizer (viscocrete 3115N)* pada beton SCC agar memenuhi syarat mutu k-500 terhadap untuk mengetahui pengaruh dari *sika fume* pada rentang 5% sampai dengan 10% dan pengaruh dari penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* terhadap karakteristik, kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dari beton SCC. Penelitian ini dilaksanakan dengan cara membuat sampel beton dengan variasi penambahan *silica fume* dengan persentase 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10% dari berat semen, kemudian melakukan penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* sebesar 0,9% dari berat semen untuk membantu dalam pelaksanaan pembuatan sampel beton. Perawatan beton dilakukan selama 28 hari dan kuat tekan yang telah direncanakan adalah sebesar 41,5 MPa (K-500). Hasil dari penelitian yang telah dikerjakan maka didapatkan hasil yang melewati kuat tekan rencana pada penambahan *sika fume* 8% dengan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur yang didapatkan secara berturut-turut sebesar 44,72 MPa, 4,32 MPa dan 5,27 MPa.

Saputro dkk (2021), melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan *sika viscocrete 3115N* pada pembuatan beton mutu tinggi dengan penambahan *silica fume*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan *sika viscocrete 3115N* pada pembuatan beton mutu tinggi. Penelitian dilaksanakan dengan cara pembuatan sampel beton dengan variasi persentase kadar *viscocrete* sebesar 0,3%, 0,5 % dan 0,8% dengan penambahan *silica fume* sebesar 15%. Pengujian menggunakan sampel beton dengan bentuk silinder berdimensi 15 cm x 30 cm dan 10 cm x 20 cm. Hasil dari penelitian yang telah dikerjakan maka didapatkan hasil kuat tekan beton rata-rata dengan penambahan persentase kadar *viscocrete* sebesar 0,3%, 0,5 % dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 54,730 MPa, 61,618 MPa, dan 62,184 MPa. Nilai kuat tarik belah beton dengan penambahan

persentase kadar *viscocrete* sebesar 0,3%, 0,5% dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 4,317 MPa, 4,718 MPa, dan 5,379 MPa. Nilai modulus elastisitas beton dengan penambahan persentase kadar *viscocrete* sebesar 0,3%, 0,5% dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 4849,033 MPa, 5006,533 MPa dan 5397,833 MPa.

Muwafaq dkk (2022), melakukan penelitian mengenai perbandingan penggunaan dua merek *silica fume* dan *admixtures* sebagai bahan campuran pada beton mutu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran beton dengan penggunaan *silica fume* dengan merek yang berbeda, yaitu merek *sika fume* dan *consol fume*. Penelitian dilaksanakan dengan cara pembuatan sampel beton dengan kadar *silica fume* 7% dan 8% dengan merek *sika fume* dan *consol fume*. Penambahan bahan tambah seperti *superplasticizer* juga digunakan pada penelitian ini untuk membantu *workability*. Pengujian dikerjakan dengan berbagai variasi umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian menggunakan sampel beton dengan bentuk silinder berdimensi 15 cm x 30 cm. Hasil dari penelitian yang dikerjakan maka didapatkan kuat tekan beton optimum pada umur beton 28 hari sebesar 592 Kg/cm² dengan variasi penambahan *sika fume* sebesar 8%.

2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai pembuatan beton *self compacting concrete* dengan penggunaan bahan tambah *silica fume* dan bahan tambah lainnya telah banyak dilakukan. Perbandingan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada perbedaan mutu yang digunakan, variasi *sika fume*, variasi *superplasticizer*, dan pengujian karakteristik beton yang dilakukan, sehingga penelitian ini merupakan karya yang asli dan bukan merupakan plagiasi. Perbandingan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Rahady, A.	Arya, B.	Amal, I.	Saputro dkk	Muwafaq dkk	Penulis
Tahun	2017	2017	2021	2021	2022	2023
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan <i>Silica Fume</i> dan <i>Superplasticizer</i> Pada <i>Self compacting Concrete</i> (SCC)	Pengaruh Penambahan <i>Sika Fume</i> Terhadap Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> Yang Menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete</i> 3115N	Pengaruh Penambahan Persentase <i>Sika fume</i> dan <i>Superplasticizer</i> (<i>Viscocrete</i> 3115N) Pada Beton SCC Agar Memenuhi Syarat Mutu K-500	Pengaruh Variasi Penggunaan <i>Sika Viscocrete</i> 3115N Pada Pembuatan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan <i>Silica Fume</i>	Perbandingan Penggunaan Dua Merek <i>Silica Fume</i> Dan <i>Admixtures</i> Sebagai Bahan Campuran Pada Beton Mutu Tinggi	Pengaruh Variasi Penambahan <i>Sika Fume</i> Terhadap Beton <i>Self Compacting Concrete</i> Dengan Variasi Penggunaan <i>Superplasticizer</i> (<i>Viscocrete</i> 3115N)
Tujuan Penelitian	Untuk dapat menentukan komposisi dari penambahan <i>silica fume</i> dan	Untuk dapat mengetahui pengaruh dari <i>sika fume</i> pada rentang 0% sampai	Untuk dapat mengetahui pengaruh dari <i>sika fume</i> pada rentang 5%	Untuk dapat mengetahui pengaruh dari penggunaan <i>sika viscocrete</i>	Untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran beton	Untuk dapat mengetahui pengaruh variasi penambahan <i>sika fume</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Rahady, A.	Arya, B.	Amal, I.	Saputro dkk	Muwafaq dkk	Penulis
Tahun	2017	2017	2021	2021	2022	2023
Tujuan Penelitian	<i>superplasticizer</i> pada <i>self compacting concrete</i> (SCC), dapat menentukan hasil dari <i>slump</i> pada beton dengan mutu tinggi dan juga <i>slump flow</i> pada SCC, dan dapat menentukan hasil pengujian dari kuat tekan dan kuat tarik	dengan 5% dan pengaruh dari penambahan <i>superplasticizer viscocrete</i> 3115N terhadap karakteristik dan kuat tekan dari beton SCC.	sampai dengan 10% dan pengaruh dari penambahan <i>superplasticizer viscocrete</i> 3115N terhadap karakteristik, kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dari beton SCC.	3115N pada pembuatan beton mutu tinggi.	dengan penggunaan <i>silica fume</i> dengan merek yang berbeda, yaitu merek <i>Sika Fume</i> dan <i>Consol Fume</i> dengan variasi 7% dan 8%.	sebesar 0%, 4%, 8% dan 12 % dan <i>superplasticizer viscocrete</i> 3115N sebesar 0,8% dan 1,2% terhadap karakteristik, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dari beton SCC, dengan kuat tekan rencana sebesar 30 MPa.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Rahady, A.	Arya, B.	Amal, I.	Saputro dkk	Muwafaq dkk	Penulis
Tahun	2017	2017	2021	2021	2022	2023
Tujuan Penelitian	atau belah terhadap beton dengan mutu tinggi dan SCC pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.					
Parameter yang diuji	Hasil dari pengujian kuat tekan yang telah direncanakan dan kuat tarik atau belah beton dengan penambahan <i>superplasticizer</i> <i>viscocrete</i>	Hasil dari pengujian kuat tekan beton yang didapatkan dari kuat beton yang telah direncanakan dengan penambahan <i>superplasticizer</i>	Hasil dari pengujian kuat tekan, lentur, dan tarik belah beton dengan penambahan <i>superplasticizer</i> <i>viscocrete</i> 3115N dan variasi <i>sika fume</i>	Hasil dari pengujian kuat tekan beton yang telah direncanakan serta kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas beton dengan	Hasil pengujian kuat tekan beton yang didapatkan dari kuat beton yang telah direncanakan dengan penambahan <i>superplasticizer</i> dan	Hasil dari pengujian kuat tekan, lentur, dan tarik belah beton dengan variasi penambahan <i>sika fume</i> dan variasi penggunaan <i>superplasticizer</i> <i>viscocrete</i> 3115N

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Rahady, A.	Arya, B.	Amal, I.	Saputro dkk	Muwafaq dkk	Penulis
Tahun	2017	2017	2021	2021	2022	2023
Parameter yang diuji	3115N dan variasi <i>silica fume</i>	dan variasi <i>silica fume</i>		penambahan <i>silica fume</i> dan variasi <i>superplasticizer viscocrete</i>	variasi <i>silica fume</i> .	
Metode Penelitian	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik atau belah beton	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah beton	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Analisis perhitungan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton
Hasil Penelitian	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil kadar	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil optimum	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil kuat tekan dengan <i>viscocrete</i>	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan	Dari penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan hasil kadar

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Rahady, A.	Arya, B.	Amal, M.	Saputro dkk	Muwafaq dkk	Penulis
Tahun	2017	2017	2021	2021	2022	2023
Hasil Penelitian	optimum dari variasi tipe benda uji SCC-3 dengan variasi <i>superplasticizer</i> 1,2% dan <i>silica fume</i> 10%. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik yang didapatkan sebesar 43,063 MPa dan 11,172 MPa.	kadar optimum <i>sika fume</i> sebesar 3% dengan <i>viscocrete</i> 0,9%. Hasil pengujian Kuat tekan yang didapatkan sebesar 50,54 MPa.	pada penambahan <i>sika fume</i> 8% dengan kuat tekan, tarik belah, dan lentur yang didapatkan secara berturut-turut sebesar 44,72 MPa, 4.32 MPa dan 5,27 MPa.	sebesar 0,3%, 0,5 % dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 54,730 MPa, 61,618 MPa, dan 62,184 MPa. Nilai kuat tarik belah beton secara berturut-turut sebesar 4,317 MPa, 4,718 MPa, dan 5,379 MPa. Nilai modulus elastisitas beton secara berturut-turut sebesar 4849,033 MPa, 5006,533 MPa dan 5397,833 MPa.	hasil kadar optimum pada umur beton 28 hari sebesar 592 Kg/cm ² dengan variasi penambahan <i>sika fume</i> sebesar 8%.	maksimum variasi penambahan <i>sika fume</i> 8% dengan <i>superplasticizer</i> 0,8%. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton secara berturut-turut yaitu 33,179 MPa, 3,580 MPa, 4,437 MPa.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan suatu campuran yang berisikan antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lainnya, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan bahan tambah ataupun tanpa memakai bahan tambah yang massanya padat (SNI 03-2834-2000). Beton itu sendiri terdiri dari campuran agregat, air, dan semen yang kemudian dicampur pada keadaan yang plastis serta membuat campuran ini mudah pada saat pengerjaan. Pencampuran semen dan air pada beton dapat menghasilkan pasta yang memiliki fungsi untuk bahan perekat sedangkan untuk agregat halus dan agregat kasar berfungsi sebagai bahan ikat. Pembuatan suatu beton dibutuhkan adanya proporsi yang pas dalam menentukan jumlah material yang akan digunakan. Jumlah agregat yang dipakai pada pembuatan beton berkisar pada 60-70% dari volume berat total beton sedangkan untuk jumlah pasta yang akan dipakai berkisar pada 30-40% dari volume berat total beton.

Mutu beton pada umumnya didapatkan dari kuat tekan beton rencana. Untuk menghasilkan mutu beton yang sesuai dengan rencana maka harus melakukan *mix design* untuk mengetahui proporsi yang pas pada masing-masing material yang dibutuhkan. Pemilihan material juga tidak dilakukan secara sembarang tetapi harus sesuai dengan beberapa kriteria yang telah diisyaratkan untuk mendapatkan mutu beton yang direncanakan.

3.2 Karakteristik dan Sifat Beton

Karakteristik dan sifat beton adalah sebagai berikut.

1. Beton memiliki kuat desak yang tinggi sedangkan kuat tarik yang dimiliki pada beton itu rendah hanya sekitar 9% sampai 15% dari kuat desaknya.
2. Gaya tarik pada beton sangat lemah, sehingga akan terjadi retak yang semakin lama akan semakin besar.

3. Kuat tekan optimum pada beton akan tercapai pada umur 28 hari
4. Pada proses pengikatan semen dan air terjadi proses kimia yang menghasilkan panas, proses ini dikenal dengan proses hidrasi.

3.2.1 Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Kuat tekan beton diartikan sebagai besarnya beban per satuan luas yang membuat benda uji beton akan hancur apabila diberikan beban gaya tekan tertentu yang diperoleh dari mesin tekan (SNI-03-1974-1990). Kuat tekan beton ($f'c$) diartikan sebagai kuat tekan yang telah ditetapkan oleh perencanaan struktur (Didasarkan oleh benda uji dengan bentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) dan kuat tekan beton yang ditargetkan (fcr) merupakan kuat tekan rerata yang ditargetkan mencapai lebih besar dari $f'c$ (SNI-03-2834-2000).

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 sebagai berikut.

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

dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton

P = Beban maksimum

A = Luas penampang benda uji

3.2.2 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur merupakan kemampuan dari suatu balok beton yang diletakkan pada dua perletakkan untuk dapat menahan gaya dengan arah tegak lurus dari sumbu benda yang diuji yang diberikan pada benda uji tersebut hingga benda uji menjadi patah (SNI 4431:2011). Dalam pengujian tersebut benda uji yang dipakai berupa balok atau bentuk bujur sangkar dengan dimensi panjang sebesar 40 cm, tinggi 10 cm, dan lebar 10 cm. Perhitungan yang digunakan untuk menghitung kuat lentur beton dapat menggunakan persamaan 3.7 untuk benda uji patah yang tepat di bawah beban (di tengah benda uji) atau persamaan 3.8 untuk benda uji patah yang tidak tepat di bawah beban di bagian tarik beton.

$$f_{lt} = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \quad (3.7)$$

$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (3.8)$$

dengan:

f_{lt} = Kuat lentur benda uji

P = Beban maksimum

L = Jarak (bentang antara dua perletakan)

b = Lebar tampang lintang patah

h = Tinggi tampang lintang patah

c = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada empat tempat pada sisi titik dari bentang

3.2.3 Kuat Tarik Belah Beton

Menurut SNI 03-2491-2002, kuat tarik belah dengan bentuk silinder yang dapat diartikan sebagai nilai pembebanan benda uji yang ditempatkan mendatar secara sejajar dengan permukaan meja penekanan mesin uji ditekan. Pengujian kuat tarik belah beton ini dipakai untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur berupa beton yang menggunakan agregat ringan. Dalam pengujian ini benda uji yang akan dipakai adalah benda uji dengan diameter (15 cm) dan tinggi (30 cm). Kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.6.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.6)$$

dengan:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

3.3 *Self Compacting Concrete* (SCC)

3.3.1 Pengertian *Self Compacting Concrete*

Self Compacting Concrete adalah beton yang memiliki kemampuan untuk dapat mengalir dan memadat menggunakan beratnya itu sendiri tanpa membutuhkan proses pemadatan dengan getaran dan tahan terhadap segregasi. Beton SCC mampu mengalir atas beratnya sendiri dan mampu mengisi semua ruang yang berisi rintangan-rintangan seperti tulangan dan lainnya (SNI 8348-2017).

Pada umumnya *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat diartikan sebagai variasi dalam pembuatan beton yang memiliki tingkat derajat pengerjaan (*workability*) yang tinggi dan kuat rencana yang besar, sehingga dibutuhkan nilai fas yang rendah. Dalam penggunaannya beton SCC memiliki beberapa keuntungan seperti dapat meningkatkan mutu beton, menekan waktu pengerjaannya, menekan biaya yang dikeluarkan, mengurangi tenaga kerja, meningkatkan keamanan pekerja dan sebagainya. Menurut As'ad (2009) keunggulan yang dimiliki beton SCC dibandingkan dengan beton normal adalah sebagai berikut.

1. Dalam keadaan segar, beton SCC mempunyai kemampuan untuk mengalir serta memadat dengan sendirinya.
2. Dalam pencetakan beton SCC tidak membutuhkan alat penggetar beton (vibrator), sehingga dapat mengurangi kebisingan dalam pengerjaan pemadatan di proyek.
3. Beton SCC dapat dicetak menggunakan ukuran yang tipis.

Selain keunggulan beton SCC di atas, tingkat *workability* beton SCC dapat ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut.

1. *Filing ability*, merupakan kemampuan dari beton SCC untuk mengisi cetakan beton tanpa memerlukan pemadatan yang dilakukan pada beton
2. *Passing ability*, merupakan kemampuan dari beton SCC untuk dapat melewati bagian-bagian dengan jarak yang sempit seperti pada bagian tulangan *beam column joint*.

3. *Segregation resistance*, merupakan kemampuan beton SCC dalam memiliki ketahanan terhadap segregasi tanpa mengurangi kemampuan alir pada beton SCC.

Beton *self compacting concrete* dapat diproduksi apabila menggunakan *superplasticizer* yang dibutuhkan untuk menyebarkan partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel yang halus. Komposisi agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan harus diperhatikan dalam proses memproduksi beton SCC, karena semakin besar proporsi agregat halus yang digunakan maka beton segar dapat meningkat dan apabila proporsi agregat kasar yang digunakan semakin besar maka akan mengakibatkan tingkat segregasi yang semakin besar. Penggunaan bahan pengisi (*filler*) digunakan untuk meningkatkan viskositas beton yang berguna untuk menghindari terjadinya *segregasi* dan *bleeding*, bahan-bahan yang dapat digunakan yaitu seperti serbuk batu kapur, *fly ash*, *silica fume*, atau yang lainnya (Persson, 2000).

3.3.2 Syarat-syarat Beton *Self Compacting Concrete*

Ada beberapa syarat yang dibutuhkan beton untuk dapat dikategorikan sebagai *self compacting concrete*. syarat-syarat tersebut adalah sebagai berikut.

- 1 Agregat kasar < 50% dari berat total agregat.
- 2 Ukuran agregat kasar maksimal 20 mm.
- 3 Jumlah air maksimal 200 liter/m³.
- 4 $T_{50\text{cm}}$ *slump flow* 2 detik – 5 detik
- 5 Total penggunaan material ukuran partikel sebagai filter < 0,125 mm (*powder*) seperti *fly ash* dan *silica fume* sebagai *mineral admixture* berkisar 400 kg sampai 600 kg per 1 m³.
- 6 Diameter *slump flow* 650 mm sampai 800 mm.

3.4 Bahan Penyusun Beton

Beton terdiri dari beberapa bahan penyusun dalam campurannya. Komponen utama yang digunakan untuk bahan penyusun pada beton adalah agregat kasar, agregat halus, air, semen dan bahan tambah *admixture* bila diperlukan.

3.4.1 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan dari butir batu pecah, pasir, kerikil, atau mineral lainnya, baik berupa berasal dari hasil alam maupun hasil buatan, agregat tersebut digunakan sebagai media pengikat untuk membentuk suatu beton adukan atau hidraulik.

Agregat digunakan untuk bahan pengisi pada campuran beton atau mortar. Karena volume agregat yang terdapat pada beton mencapai $\pm 70\%$ dari volume beton, agregat sangat berpengaruh pada sifat-sifat beton seperti memberikan kekuatan beton, sehingga kualitas agregat yang digunakan sangat mempengaruhi mutu beton yang dapat dihasilkan. Dalam teknologi bahan konstruksi, agregat yang terdapat dalam campuran beton terbagi menjadi dua bagian susunan antara lain.

1. Agregat Kasar.

Agregat kasar merupakan kerikil yang berasal dari hasil disintegrasi alami dari batu alam atau batu pecah yang didapatkan dari industri pemecah batu, agregat ini memiliki ukuran butir antara 5,00 mm sampai dengan 40 mm (SNI 03-2834-2000). Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memiliki persyaratan seperti sebagai berikut.

- a. Agregat tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat membuat beton menjadi rusak.
- b. Tidak mengandung zat-zat yang dapat reaktif oleh alkali
- c. Agregat kasar yang akan digunakan memiliki sifat yang keras dan tidak berpori. Indeks kekerasan $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga).
- d. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering)
- e. Memiliki sifat kekal, tidak mudah hancur atau pecah karena faktor cuaca seperti hujan dan terik matahari. Bila diuji dengan larutan garam sulfat seperti Natrium Sulfat maka bagian yang akan hancur maksimum sebesar 12%, Jika diuji dengan garam Magnesium Sulfat maka bagian yang hancur maksimum sebesar 18%.
- f. Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan wadah uji dari Rudeloff dengan beban uji 20 ton dan harus memenuhi persyaratan Sebagai berikut.

- 1) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 mm hingga 19 mm melebihi 24% Berat.
- 2) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 mm hingga 30 mm melebihi 22% Berat.

Ukuran maksimum agregat kasar dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu dapat diketahui melalui uji gradasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.1 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
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 bisa berupa seperti pasir olahan, pasir alam, atau kombinasi dari dua pasir tersebut. Agregat halus ini dapat diartikan sebagai agregat dengan ukuran butir maksimum 5,00 mm (SNI 03-2847-2002). Persyaratan untuk campuran beton agregat halus adalah sebagai berikut.

- a. Kadar maksimum pada gumpalan tanah liat dan partikel-partikel yang mudah direpihkan adalah 0,5%
- b. Jika agregat halus digunakan untuk memproduksi beton basah secara terus menerus, tidak boleh mengandung bahan reaktif yang berdampak pada alkali.
- c. Sifat kekal, diuji dengan larutan sulfat.
- d. Tidak mengandung zat organik yang dapat merusak beton

- e. Kadar lumpur atau bagan butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200) dalam % berat maksimu.
 - 1) 3% untuk beton yang mengalami abrasi.
 - 2) 5% untuk beton jenis lainnya.
- f. Kandungan arang dan lignit.
- g. Modulus butir halus berkisar antara 1,5 hingga 3,8 dan terdapat variasi butir seusai standar gradasi pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan	Persen 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 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 - 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 - 15

Sumber : Tjokrodinuljo (2007)

3.4.2 Semen

Semen *portland* dapat diartikan sebagai semen hidrolisis yang diperoleh dari pengolahan *klinker portland* terutama terdiri dari senyawa kalsium silikat yang memiliki sifat hidrolisis dan digiling secara bersama-sama dengan bahan tambahan senyawa kalsium dan dapat dicampur dengan bahan tambah lainnya (SNI 15-2049-2004). Semen hidrolis yang mengandung tambahan udara dengan jumlah tertentu yang mengakibatkan udara terkandung di dalam mortar pada batasan yang

dispesifikasikan ketika diukur menggunakan suatu metode merupakan kandungan udara semen hidrolis. Jika campuran semen ditambah menggunakan air secara dikeraskan atau tidak dikeraskan, maka akan memperoleh pasta semen, kemudian pasta semen tersebut dicampur dengan agregat halus pada keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan akan memperoleh mortar, dan jika ditambah agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang bila mengeras akan menjadi beton keras. Berikut ini merupakan jenis-jenis semen *portland* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Jenis-jenis Semen *Portland*

Jenis Semen	Karakteristik Umum
Jenis I	Semen <i>portland</i> yang digunakan untuk tujuan umum
Jenis II	Semen <i>portland</i> yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
Jenis III	Semen <i>portland</i> yang penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
Jenis IV	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah
Jenis V	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya menuntut ketahanan yang kuat terhadap sulfat

Sumber: Tjokrodinuljo (2007)

3.4.3 Air

Air merupakan komponen penyusun beton yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan juga berperan sebagai pelumas antar partikel agregat, sehingga dapat diolah dan dipadatkan.

Jumlah air yang diperlukan untuk dapat bereaksi dengan semen adalah sebesar 25% dari berat semen, tetapi pada kenyataannya nilai faktor air semen yang digunakan kurang dari 0,35. Air tidak hanya dibutuhkan untuk reaktor semen dan

pelumas antar partikel agregat, air juga dapat digunakan untuk perawatan beton. Persyaratan air yang dapat digunakan dalam campuran beton sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F dijelaskan dalam Tjokrodimuljo (2007) sebagai berikut.

1. Air yang dipakai harus bersih, bebas dari lumpur, minyak dan benda terapung lainnya secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam yang bisa larut dan merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
4. Kandungan klorida (CI) < 0,5 gram/liter dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Penurunan air yang terjadi pada saat diperiksa tidak lebih dari 10%

3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan yang dipakai pada produksi beton selain elemen dasar seperti semen, agregat, dan air. Bahan tambah ini ditambahkan ke campuran beton baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton berlangsung. Tujuan penggunaan bahan tambah pada campuran beton adalah untuk dapat meningkatkan kinerja (*performance*), keawetan (*durability*), mutu (*quality*), dan kemudahan dalam pekerjaan (*workability*). Bahan tambah dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis.

3.5.1 Bahan Tambah Kimia

Bahan tambah kimia merupakan bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengontrol waktu pengerasan seperti mempercepat atau memperlambat, mempermudah pengerjaan beton, mengurangi kebutuhan air, meningkatkan *slump* dan sebagainya. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah kimia sesuai dengan ASTM C 494-81 “Standard Specification for Chemical Admixture-for Concrete”. Jenis dan tipe bahan tambahan kimia dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Tipe A “*Water-Reducing Admixtures*”

Water-Reducing Admixtures merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi untuk mengurangi jumlah air pada pembuatan beton agar menghasilkan beton

Pdengan konsistensinya tertentu. Bahan tambah ini tidak mengurangi nilai slump dan kadar semen untuk dapat menghasilkan beton dengan nilai perbandingan ratio faktor air semen (fas) yang rendah

2. Tipe B “*Retarding Admixture*”

Retarding Admixture merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi untuk menghambat pengikatan beton. Digunakan untuk dapat menunda waktu atau memperlambat pengikatan beton pengerasan untuk memudahkan pekerjaan pengecoran.

3. Tipe C “*Accelerating Admixture*”

Accelerating Admixture merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan tambah ini digunakan untuk mengurangi waktu pengurangan (hidrasi) dan digunakan untuk mempercepat pencapaian kekuatan awal beton.

4. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”

Water Reducing and Retarding Admixtures merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi ganda untuk mengurangi jumlah air dalam campuran dan menghambat pengikatan pada beton. Bahan ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan pada beton dan dapat digunakan untuk mengurangi kadar semen secara proporsional dengan penurunan kadar air tanpa mengubah proporsi awal. Bahan ini biasanya berbentuk cair.

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

Water Reducing and Accelerating Admixtures merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pada pencampuran dan meningkatkan kecepatan pengikatan beton.

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

Water Reducing, High Range Admixtures merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebesar 12%

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

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures merupakan bahan tambah yang memiliki fungsi untuk mengurangi jumlah air campuran yang dibutuhkan

untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebesar 12% atau lebih dan menghambat pengikatan beton.

3.5.2 Bahan Tambah Mineral

Bahan tambah mineral adalah bahan padat yang ditambahkan pada campuran beton yang memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat beton agar memudahkan pekerjaan dan meningkatkan kekuatan serta keawetan beton. Salah satu bahan tambah mineral adalah *silica fume*.

1. *Silica Fume*

Menurut ASTM C 1240 (1995), *silica fume* merupakan material *pozzolan* yang sangat halus, komposisi *silica* dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy ferro silicon*. *Silica fume* dapat membantu meningkatkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari. Penggunaan *silica fume* bisa mencapai 30% dengan faktor air semen 0,34 – 0,28 dengan atau tanpa *superplasticizer*. *Silica fume* merupakan bahan yang mengandung SiO₂, berbentuk butiran halus dengan ukuran material 1/100 dari diameter semen (ACI 234R-06, 2006), sehingga mampu untuk bergerak serta mengisi rongga pori yang terdapat pada struktur beton. Menurut ACI 234R-06 (2006), penggunaan *silica fume* pada beton memiliki beberapa keunggulan seperti berikut ini.

- a. Mengurangi terjadi *bleeding* pada beton,
- b. Meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur,
- c. Memiliki ketahanan terhadap keausan tinggi,
- d. Memiliki permeabilitas lebih kecil,
- e. Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat.

3.5.3 *Superplasticizer Viscocrete-3115N*

Superplasticizer Viscocrete-3115N adalah bahan tambah kimia tipe F (*high range water reducer*) yang dapat mereduksi sejumlah besar air hingga 30% dan memberikan kemudahan aliran campuran beton, tanpa segregasi dan tidak mengurangi kekuatan yang terjadi pada beton. *Superplasticizer viscocrete 3115N* merupakan salah satu produk yang digunakan dalam campuran beton dan mortar yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. Sika *viscocrete 3115-N* digunakan untuk memproduksi jenis beton berikut.

1. Beton yang dihasilkan memiliki fluiditas yang tinggi.
2. Beton yang memadatkan sendiri (Self Compacting Concrete/SCC).
3. Beton tidak mengandung klorin yang dihasilkan dapat mengalami reduksi air yang sangat tinggi hingga 30%
4. Beton mutu tinggi.
5. Beton tahan terhadap air.
6. Beton pracetak.

Sika *viscocrete* 3115-N tidak mengandung klorin atau bahan yang dapat menyebabkan oksidasi/korosi pada batang baja. Oleh karena itu, aman digunakan pada struktur bangunan beton bertulang.

3.5.4 Sika Fume

Sika Fume merupakan bahan tambah mineral berupa serbuk *silica fume* dengan ukuran partikel 1/100 dari ukuran partikel semen. *Sika fume* merupakan salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia dan digunakan untuk campuran beton dan mortar. Dalam data teknis PT. Sika Indonesia, *sika fume* mempunyai keunggulan sebagai berikut.

1. Dapat meningkatkan kuat tekan beton tinggi.
2. Pori-pori yang terdapat pada beton diisi dengan partikel *sika fume* yang sangat kecil, sehingga mengurangi permeabilitas.
3. Permeabilitas yang rendah membuat air tidak dapat masuk ke dalam beton, sehingga ketahanan korosi akan meningkat.

Sehingga *sika fume* cocok untuk dipakai dalam pembuatan beton SCC karena dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan tinggi dan meningkatkan fluiditas beton.

3.6 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk mendapatkan perbandingan campuran beton sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan, maka perlu dilakukan *mix design* untuk memahami proporsi masing-masing material yang digunakan. Dalam pembuatan beton SCC belum ada *mix design* yang sesuai, karena masih bisa dikatakan hal yang baru dalam teknologi. Penelitian ini menggunakan metode *mix*

design SNI 03-2834-2000 dan *EFNARC 2005* untuk menentukan persyaratan parameter campuran beton SCC. SNI 03-2834-2000 digunakan sebagai pedoman tata cara perancangan rasio campuran, sedangkan *EFNARC 2005* digunakan untuk mendapatkan proporsi beton SCC yang tepat, karena *EFNARC 2005* menetapkan batasan proporsi beton SCC yang akan dihasilkan. Berikut ini adalah langkah-langkah *mix design* yang dilakukan.

1. Menentukan kuat tekan beton yang direncanakan (f^c)

Dalam penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana adalah sebesar 30 MPa. Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari.

2. Menentukan nilai tambah (M)

Berdasarkan pada SNI 03-2834-2000, dapat dilihat pada persamaan 3.9

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

Dengan:

M = Nilai Tambah

1,64 = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar 5%

Sr = Deviasi standar rencana

3. Menghitung Kuat tekan yang ditargetkan (f^{cr})

Menghitung kuat tekan yang ditargetkan dapat menggunakan persamaan 3.10

$$f^{cr} = f^c + M \quad (3.10)$$

Dengan:

f^{cr} = Kuat tekan yang ditargetkan (MPa)

f^c = Kuat tekan beton rencana (MPa)

M = Nilai tambah (MPa)

4. Menetapkan tipe semen

Jenis semen harus ditentukan untuk menentukan nilai faktor air semen. Dalam penelitian ini menggunakan semen tipe I yaitu semen *portland* dengan

menggunakan merek tiga roda. Semen *portland* pada penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis lainnya.

5. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar

Seusai dengan SNI 03-2834-2000, agregat halus memiliki 4 gradasi untuk mendapatkan kekasaran pasir yaitu, pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Sedangkan untuk agregat kasar dibagi menjadi dua yaitu, kerikil batu pecah dan kerikil alami.

6. Menentukan nilai faktor air semen (fas)

Faktor air semen merupakan perbandingan dari berat air dengan berat semen yang digunakan pada campuran beton. Semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah nilai fas yang diperoleh. Untuk memperoleh nilai faktor air semen dapat diperoleh dengan cara menggunakan Tabel 3.4 dan Gambar 3.1.

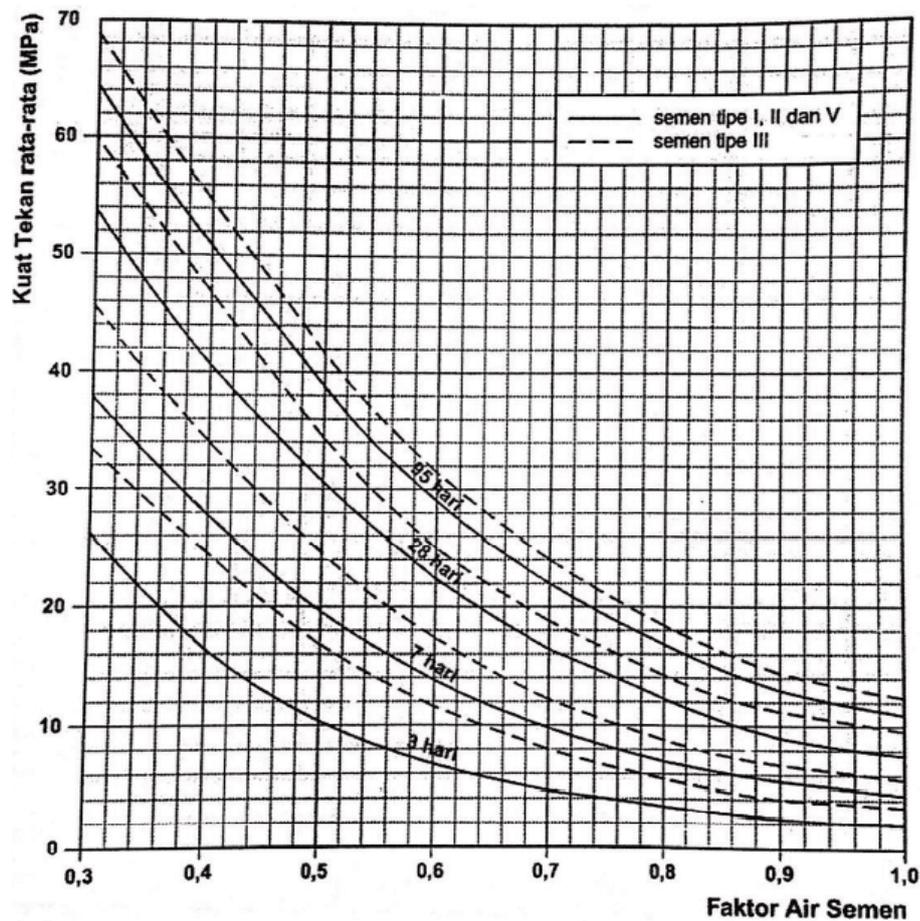
Tabel 3.4 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Fas 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen <i>Portland</i> Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> 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 ditentukan jenis semen, jenis agregat kasar, umur rencana, dan bentuk benda uji yang dapat digunakan untuk pembuatan beton, sehingga dapat menentukan nilai kuat tekan maksimum yang diperoleh dengan nilai fas 0,5. Kemudian dapat mencari nilai faktor air semen dengan menggunakan

Gambar 3.1 dengan membuat koordinat antara nilai fas 0,5 dari kuat tekan beton yang diperoleh pada Tabel 3.4. Setelah itu dapat membuat garis parabola mengikuti garis yang dekat dengan koordinat yang diperoleh. Setelah mendapatkan garis parabola terhadap Tabel 3.4, tarik garis horizontal sesuai kuat tekan beton yang direncanakan hingga menyentuh garis parabola yang telah dibuat dan tegak garis vertikal untuk mendapatkan nilai fas yang diperlukan.



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 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

7. Menentukan nilai *slump*

Nilai *slump* dapat ditentukan berdasarkan kebutuhan penggunaan beton sesuai dengan Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Penetapan Nilai *Slump* (mm) Adukan Beton

No.	Pemakaian Beton	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
		Maksimum	Minimum
1.	Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	125	50
2.	fondasi telapak tidak bertulang, dan struktur di bawah tanah	90	25
3.	Pelat, balok, kolom, dinding	150	75
4.	Perkerasan jalan	75	50
5.	Pembetonan massal (beton massa)	75	25

(Sumber: Tjokrodinuljo 1992)

8. Menentukan ukuran butir agregat

Dalam EFNARC 2005, ukuran maksimum yang digunakan pada agregat kasar ditetapkan sebesar 20 mm.

9. Menentukan kadar air bebas

Kadar air bebas merupakan kebutuhan air per m³. Nilai kadar air bebas ditentukan dari tabel 3.7 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 3.11.

Tabel 3.6 Perkiraan Kebutuhan Air per M³ Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	<i>Slump</i> (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)

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

Dengan:

W = Jumlah air yang dibutuhkan (kg/m^3).

Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

10. Menentukan kebutuhan semen

Untuk menghitung jumlah semen yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan 3.12.

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

11. Menentukan kadar semen minimum

Untuk dapat menentukan kadar semen minimum dapat dilihat pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Fas Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum per m^3 Beton (kg)	Nilai fas
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

Lanjutan Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Fas Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Beton masuk ke dalam tanah	325	0,55
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

12. Menentukan susunan butir agregat halus

Untuk mengetahui susunan butir pada agregat halus terlebih dahulu dilakukan uji analisis pengayakan untuk menentukan gradasi yang digunakan pada agregat halus.

13. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus

Untuk menentukan berat jenis agregat halus dan kasar, terlebih dahulu dilakukan uji berat jenis untuk mendapatkan nilai berat jenis agregat dan menggunakan berat jenis SSD.

14. Menentukan persentase jumlah agregat halus.

Proporsi agregat halus pada beton SCC harus lebih besar dari 50% dari total agregat, agar beton segar yang dihasilkan dapat mengalir dengan mudah. Menurut *EFNARC 2005* juga menetapkan bahwa persentase agregat halus harus lebih tinggi dari persentase agregat kasar.

15. Menghitung berat jenis relatif gabungan

Berat jenis relatif gabungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.13.

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

Dengan:

%AH = Persentase agregat halus

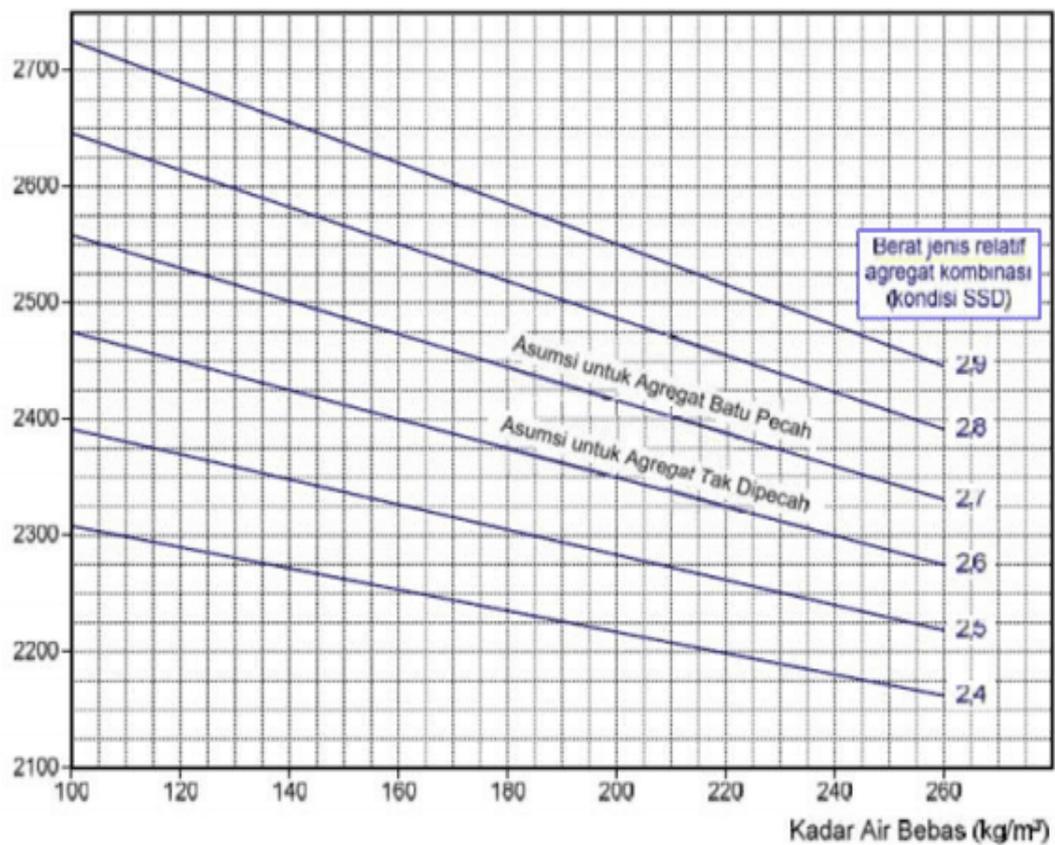
%AK = Persentase agregat kasar

BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

16. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton adalah hasil pencampuran agregat halus, agregat kasar, semen dan air yang dicampur dalam proporsi tertentu dan telah dipadatkan. Untuk menentukan berat isi beton bisa menggunakan Gambar 3.2 dengan menggunakan berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang diketahui dari perhitungan sebelumnya.



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Gambar 3.2 Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan

17. Menentukan berat agregat campuran

Berat agregat campuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.14

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

18. Menentukan berat agregat kasar dan agregat halus yang diperlukan

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15 dan persamaan 3.16

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

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

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian yang akan dilakukan terdiri dari empat tahap yaitu pengujian agregat, perencanaan campuran/*mix design*, pembuatan benda uji, dan pengujian sampel beton. Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini berupa bahan tambah mineral *silica fume* dengan proporsi sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% dari PT. Sika Indonesia yaitu *sika fume*. Kemudian bahan tambah kimia yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *superplasticizer viscocrete 3115-N* dengan proporsi sebesar 0,8% dan 1,2% dari berat semen sesuai dengan yang disarankan oleh PT. Sika. Benda uji yang diteliti menggunakan bentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm dan balok dengan panjang 400 mm, tinggi 100 mm, dan lebar 100 mm. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji akan dibuat sesuai dengan variasi penambahan sika fume 0%, 4%, 8% dan 12% dan variasi penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* sebesar 0,8% dan 1,2 %. Benda uji yang akan digunakan berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan setiap variasi dan kategori mutu beton sebanyak 9 buah. Benda uji lain yang digunakan adalah balok dengan ukuran 40 cm × 10 cm × 10 cm sebanyak 3 buah. Perawatan yang dilakukan pada benda uji adalah dengan cara perendaman dalam air, perawatan pada benda uji dilakukan selama umur beton yang akan diuji yaitu 28 hari. Berikut ini benda uji yang dibutuhkan oleh setiap variasi.

Tabel 4.1 Benda Uji Setiap Variasi

Mutu Beton	Variasi <i>Superplasticizer Viscocrete 3115-N</i>	Variasi <i>Sika Fume</i>	Silinder (30 cm x 15 cm)	Balok (40 cm x 10 cm x 10 cm)
30 MPa	0,8 %	0 %	9	3
		4 %	9	3
		8 %	9	3
		12 %	9	3
	1,2 %	0 %	9	3
		4 %	9	3
		8 %	9	3
		12 %	9	3

4.3 Bahan Baku dan Peralatan

4.3.1 Bahan Baku

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

1. Agregat kasar

Sesuai dengan ketentuan yang ada pada *EFNARC 2005*, ukuran maksimal agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Progo, yang memerlukan adanya analisis saringan dan lolos saringan No. 200 untuk mengetahui zona pasir dan kandungan lumpur dari agregat tersebut.

3. Semen *portland*

Semen *portland* memiliki fungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi pada campuran beton. Dalam penelitian ini, semen yang digunakan adalah semen tiga roda dalam kemasan 40 kg.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan tampak jernih dan tidak berwarna secara visual serta tidak berbau.

5. Bahan tambah

Bahan tambah mineral yang digunakan adalah *silica fume* dari PT. Sika Indonesia yaitu *sika fume* serta bahan tambah kimia yang digunakan adalah *superplasticizer* dari PT. Sika Indonesia yaitu *sika viscocrete 3115-N*.

4.3.2 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah peralatan yang ada di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia berupa ayakan, timbangan, piknometer, tumbukan, ember, oven, cetakan silinder, cetakan balok, mesin aduk beton, sendok semen, dan *slump*.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

4.4.1 Persiapan

1. Melakukan pengujian agregat kasar (kerikil)

Pengujian agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, analisis saringan agregat kasar, berat isi padat dan berat isi gembur agregat kasar.

2. Melakukan pengujian agregat halus (pasir)

Pengujian agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, analisis agregat halus, lolos saringan no. 200, berat isi padat dan berat isi gembur agregat halus.

3. Perencanaan campuran adukan beton

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini menggunakan standar SNI 03-2834-2000 dan EFNARC 2005

4.4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus dilakukan dengan pengujian pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus, uji analisis saringan agregat halus, pengujian lolos saringan no. 200, pengujian berat isi padat dan gembur agregat halus.

1. Pemeriksaan penyerapan agregat halus dan berat jenis.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dari agregat halus bertujuan untuk memperoleh angka berat jenis semu, berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan angka penyerapan air dalam agregat dalam agregat halus (pasir). Dari pengujian yang telah dilakukan, maka berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis jenuh permukaan, dan penyerapan air pada agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1 hingga persamaan 4.4.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (4.1)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (4.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (4.3)$$

$$\text{Penyerapan air agregat halus} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.4)$$

Dengan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2. Pengujian analisis saringan agregat halus

Pengujian analisis saringan agregat halus memiliki tujuan untuk mengklasifikasikan agregat halus sesuai dengan ukuran butirannya. Dari pengujian ini diperoleh gradasi dan modulus halus butir pada agregat halus. Ukuran saringan yang digunakan pada pengujian ini berukuran 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, dan pan. Dari hasil timbangan yang telah dicatat lalu hasil tersebut digunakan untuk menentukan gradasi dan menghitung modulus halus butir (MHB). Untuk menghitung MHB dapat menggunakan persamaan 4.5

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \text{Berat tetinggal kumulatif}}{100} \quad (4.5)$$

3. Pengujian berat isi padat dan gembur agregat halus

Pengujian ini memiliki tujuan untuk dapat mengetahui berat volume padat dan gembur agregat halus serta bisa digunakan dalam perhitungan persentase penyusutan pada *mix design*.

4. Pengujian lolos saringan no. 200 (kandungan lumpur)

Pengujian lolos saringan no. 200 memiliki tujuan untuk menentukan jumlah kandungan lumpur dalam pasir yang dipakai untuk membuat beton. Jika tingkat kandungan lumpur pada agregat melebihi nilai maksimum, maka agregat dapat dibersihkan atau dicuci untuk memungkinkan lumpur yang ada pada agregat halus ikut mengalir. Kandungan lumpur yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas kekuatan beton yang dihasilkan. Untuk persentase kadar lumpur dalam agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.6.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.6)$$

Dengan:

W1 = Berat agregat kering oven (gram)

W2 = Berat agregat kering oven setelah dicuci (gram)

4.4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar dilakukan dengan pengujian pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar, uji analisis saringan agregat kasar, pengujian berat isi padat dan gembur agregat kasar. Berikut ini adalah penjelasan pengujiannya.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar memiliki tujuan untuk memperoleh angka berat jenis semu, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan angka penyerapan pada agregat kasar/kerikil. Dari hasil pengujian diperoleh berat jenis. Setelah melakukan pengujian hasilnya dapat digunakan untuk menghitung berat jenis semu, berat jenis curah, berat

jenis jenuh kering permukaan (SSD), dan penyerapan air dengan menggunakan persamaan 4.7 hingga persamaan 4.10.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (4.7)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (4.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (4.9)$$

$$\text{Penyerapan air agregat kasar} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.10)$$

Dengan:

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bj = berat benda uji jenuh kering permukaan (gram)

Ba = berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gram)

2. Pengujian analisis saringan agregat kasar

Pengujian analisis saringan agregat kasar memiliki tujuan untuk mengklasifikasikan agregat kasar sesuai dengan ukuran butirannya. Dari pengujian ini diperoleh gradasi dan modulus halus butir pada agregat kasar. Ukuran saringan yang digunakan pada pengujian ini berukuran 75 mm, 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, dan pan. Dari hasil timbangan yang telah dicatat lalu hasil tersebut digunakan untuk menentukan gradasi dan menghitung modulus halus butir (MHB). Untuk menghitung MHB dapat menggunakan persamaan 4.11

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \text{Berat tetinggal kumulatif}}{100} \quad (4.11)$$

3. Pengujian berat isi padat dan berat isi gembur agregat kasar

Pengujian ini memiliki tujuan untuk dapat mengetahui berat volume padat dan gembur agregat kasar serta bisa digunakan dalam perhitungan persentase penyusutan pada *mix design*.

4.4.4 *Mix Design*

Pada pembuatan beton SCC, *mix design* masih terbilang sebagai inovasi terbaru, karena pada penelitian sebelumnya untuk pembuatan beton SCC biasanya menggunakan metode *trial mix*. *Mix design* beton SCC pada penelitian ini akan dilakukan dengan mutu rencana 30 MPa yang dalam pembuatannya mengacu pada peraturan yang ada pada EFNARC 2005 *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* dan SNI 03-2834-2000. Penggunaan EFNARC 2005 memiliki tujuan untuk mengetahui proporsi semen, jumlah air, dan jumlah agregat yang dibutuhkan serta mengetahui persen agregat kasar dan halus yang tepat untuk pembuatan beton SCC ini. Sedangkan penggunaan SNI 03-2834-2000 digunakan untuk mengetahui tahapan pada *mix design* dan untuk mendapatkan perkiraan dari berat isi beton.

4.4.5 **Pelaksanaan Pengujian**

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian seperti uji desak beton, uji tarik belah beton, uji kuat lentur beton, uji *slump flow*, uji *V-funnel*, *L-shaped box* (*Portable Unit Non Destructive Indikator Tester*). Berikut ini adalah cara pengujian-pengujian tersebut.

1. Uji desak beton

Uji desak beton dilaksanakan dengan menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Benda uji perlu ditimbang dan diukur terlebih dahulu dimensinya sebelum menempatkannya di mesin uji. Kemudian masukkan benda uji ke dalam mesin uji dengan keadaan benda uji sentris. Setelah itu dilakukan pembacaan beban dan mencatatnya di form.



Gambar 4.1 *Compressing Test Machine*

2. Uji kuat tarik belah beton

Pada beton, uji kuat tarik belah dilaksanakan dengan menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Benda uji perlu ditimbang dan diukur terlebih dahulu dimensinya sebelum menempatkannya di mesin uji. Kemudian masukkan benda uji ke dalam mesin uji dengan keadaan benda uji tertidur. Setelah itu dilakukan pembacaan beban dan mencatatnya di form.



Gambar 4.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

3. Uji kuat lentur beton

Uji kuat lentur beton dilaksanakan dengan menggunakan alat mesin tekan dengan meletakkan benda uji tepat dengan perletakkan tumpuan dengan benda uji yang sudah ditimbang beratnya dan diukur dimensinya, setelah itu sesuaikan bagian uji yang akan diletakkan pembebanan satu titik atau dua titik, setelah itu pengujian dilakukan serta dicatat hasilnya ke dalam form.



Gambar 4.3 *Universal Testing Machine (UTM)*

4. Uji *slump flow*

Uji *slump flow* dilaksanakan dengan menggunakan alat bantu seperti *abrams cone*, *stopwatch*, dan meteran. Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan beton segar ke *abrams cone* yang dibalik hingga terisi penuh. Kemudian secara bersamaan angkat *abrams cone* dengan perlahan dan hidupkan stopwatch. Setelah itu, catat waktu yang dibutuhkan oleh beton segar untuk mencapai 50 cm ($T_{50\text{cm}}$) dan ukur diameter rerata dari berbagai sisi.



Gambar 4.4 Abrams Cone

5. Uji *V-Funnel Test*

Uji *V-Funnel Test* dilaksanakan dengan menggunakan alat seperti *V-Funnel Test* dan *stopwatch*. Pengujian *V-Funnel* dilakukan untuk mengevaluasi segregasi dan mengukur viskositas pada beton SCC. Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan beton segar yang telah dicampur ke dalam alat *V-Funnel* hingga terisi penuh kemudian buka penutup pada bagian bawah agar beton segar dapat mengalir serta secara bersamaan hidupkan *stopwatch* dan catat waktu yang dibutuhkan hingga *V-Funnel* kosong.



Gambar 4.5 Alat V-Funnel Test

6. Uji *L-Shapped Box*

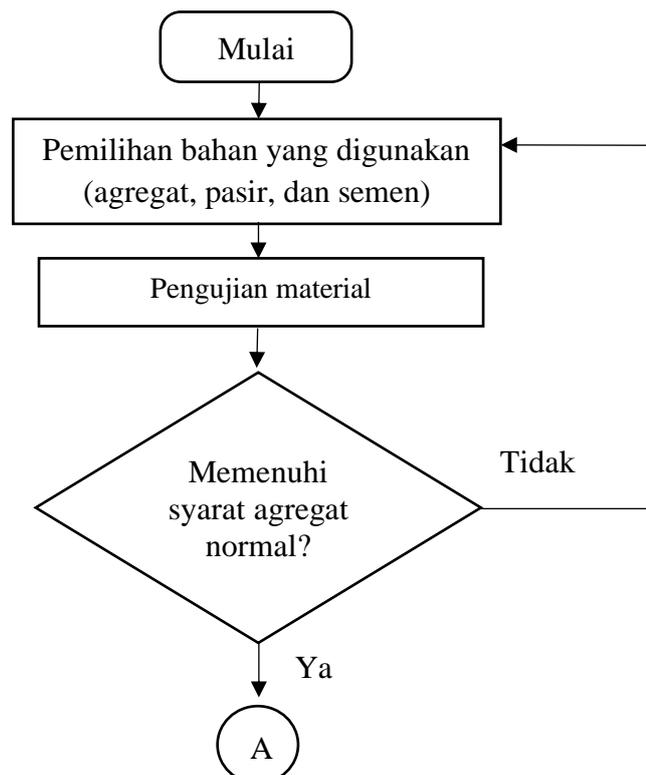
Uji *L-Shapped Box* dilaksanakan dengan menggunakan alat khusus yang terbuat dari besi berbentuk huruf L. Uji *L-Shapped Box* ini memiliki fungsi sebagai *passing ability* dari beton SCC. Alat ini, di antara arah vertikal dan horizontal dibatasi dengan sekat penutup dari besi yang dapat terbuka dan apabila ditarik ke atas. Bagian depan sekat penutup terdapat halangan seperti tulangan baja yang memiliki fungsi untuk menguji kemampuan dari campuran beton dalam melewati tulangan sesuai dengan kondisi di lapangan. Cara pengoperasian alat ini adalah skat penutup ditutup, lalu campuran beton dimasukkan pada arah vertikal hingga penuh dan sekat penutup ditarik ke atas hingga terbuka. Sehingga dengan begitu, campuran beton dapat mengalir ke arah horizontal.



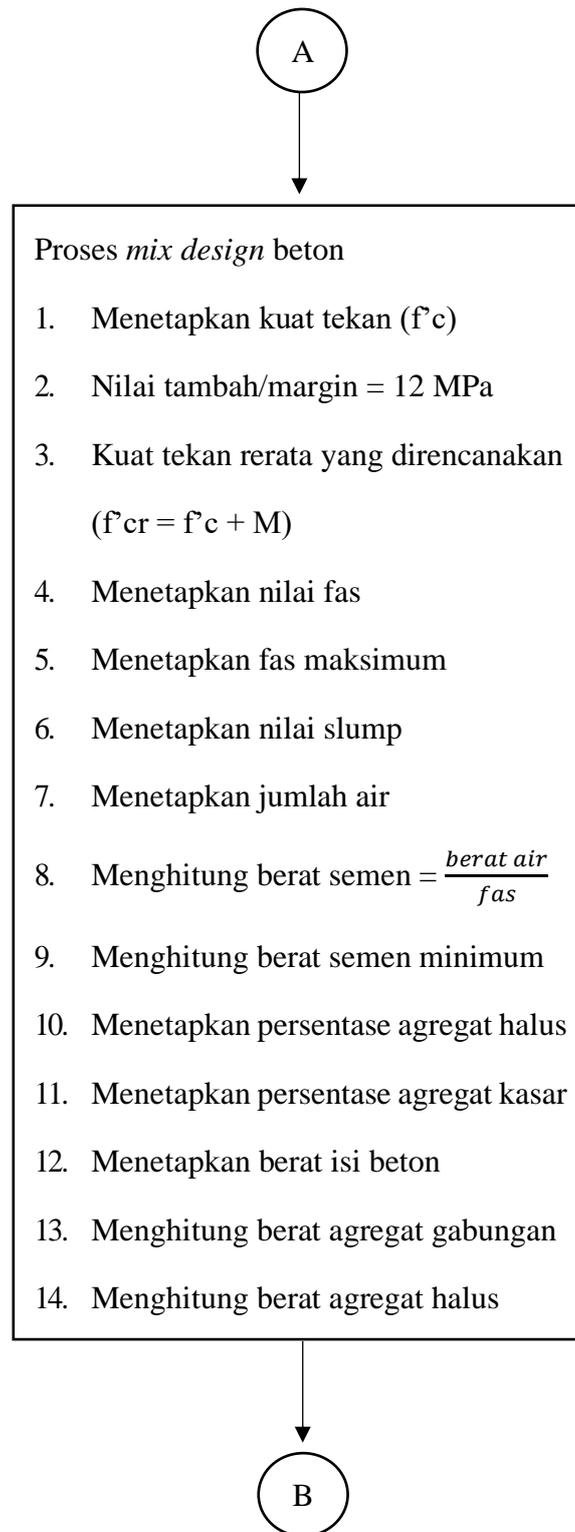
Gambar 4.6 Alat *L-Shapped Box*

45 Diagram Alir Penelitian

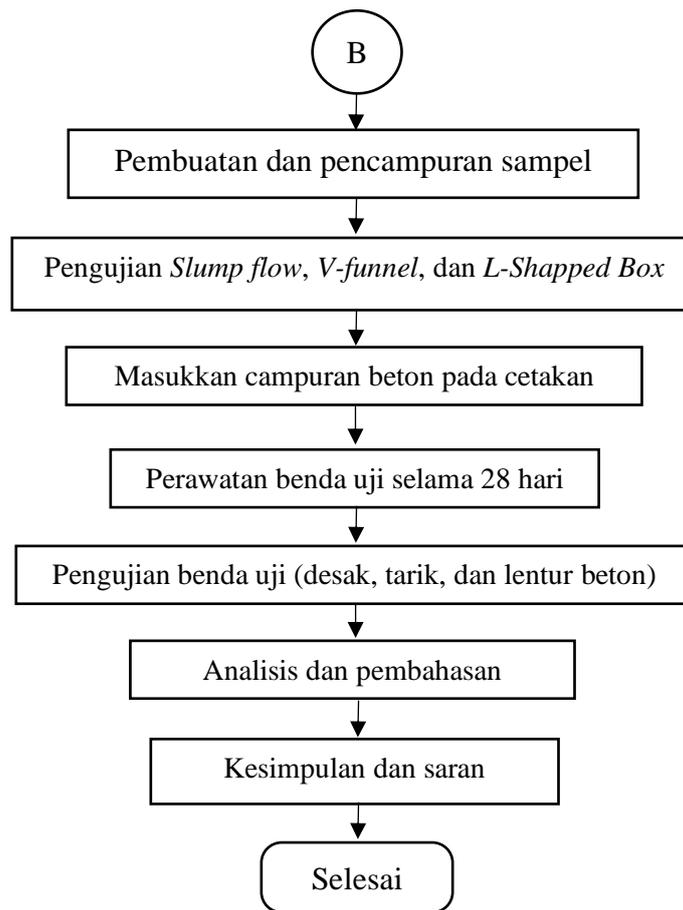
Proses pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 4.7 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.7 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.7 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Bab ini akan menjelaskan hasil penelitian yang telah dilakukan selama tugas akhir yang meliputi pengujian *properties* agregat halus dan agregat kasar, *mix design*, komposisi campuran beton SCC, pengujian *slump flow* T50, pengujian *v-funnel*, pengujian *l-box*, pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton, dan pengujian kuat lentur beton.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Pengujian *properties* agregat halus ini memiliki tujuan untuk dapat mengetahui sifat-sifat atau karakteristik pada agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan material penyusun beton. Agregat halus memegang peranan yang sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan beton, agar beton dapat menghasilkan kekuatan beton yang sesuai dengan yang direncanakan, maka perlu adanya pengujian *properties* material agregat halus. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian berat isi volume gembur dan padat, pengujian modulus halus butir, dan pengujian kadar lumpur (lolos saringan No. 200)

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus didapatkan dengan menggunakan perhitungan pada Persamaan 4.1 sampai dengan Persamaan 4.4. Hasil dari perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	484	486	485

Lanjutan Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1045	1045	1045
Berat piknometer berisi air, gram (B)	735	735	735
Berat jenis curah ($Bk/(B+500-Bt)$)	2,547	2,5579	2,553
Berat jenis kering muka ($500/B+500-Bt$)	2,632	2,632	2,632
Berat jenis semu ($Bk/B+Bk-Bt$)	2,782	2,761	2,771
Penyerapan air ($(500-Bk)/Bk \times 100\%$)	3,31%	2,88%	3,09%

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan berat jenis kering muka atau kondisi SSD sebesar 2,632. Dari hasil yang didapat, menunjukkan agregat termasuk dalam kategori agregat normal, karena syarat dari agregat normal yang memenuhi syarat ada diantar 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodinuljo,2007).

5.2.2 Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Halus

Data pengujian berat isi volume gembur agregat halus dan hasil perhitungan berat isi volume gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), gram	10200
Berat tabung + agregat (W2), gram	18900
Berat agregat (W3), gram	8700
Volume tabung (V), cm ³	5350,403
Berat volume gembur = ($W3 / V$), gram/cm ³	1,626

Dari pengujian yang telah dilaksanakan berat isi gembur agregat halus yang didapatkan adalah 1,626 gram/cm³.

5.2.3 Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Halus

Data pengujian dari berat isi volume padat agregat halus dan hasil dari perhitungan berat isi volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), gram	10200
Berat tabung + agregat (W2), gram	19600
Berat agregat (W3), gram	9400
Volume tabung (V), cm ³	5350,403
Berat volume padat = (W3 / V), gram/cm ³	1,757

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa berat isi padat agregat halus yang diperoleh adalah 1,757 gram/cm³.

5.2.4 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Data pengujian dari modulus halus butir agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,00	0,00	100,00
20	0	0,00	0,00	100,00
10	0	0,00	0,00	100,00
4,8	4	0,2	0,2	99,80
2,4	75	3,75	3,95	96,05
1,2	140	7,00	10,95	89,05
0,6	546	27,3	38,25	61,75

Lanjutan Tabel 5.4 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

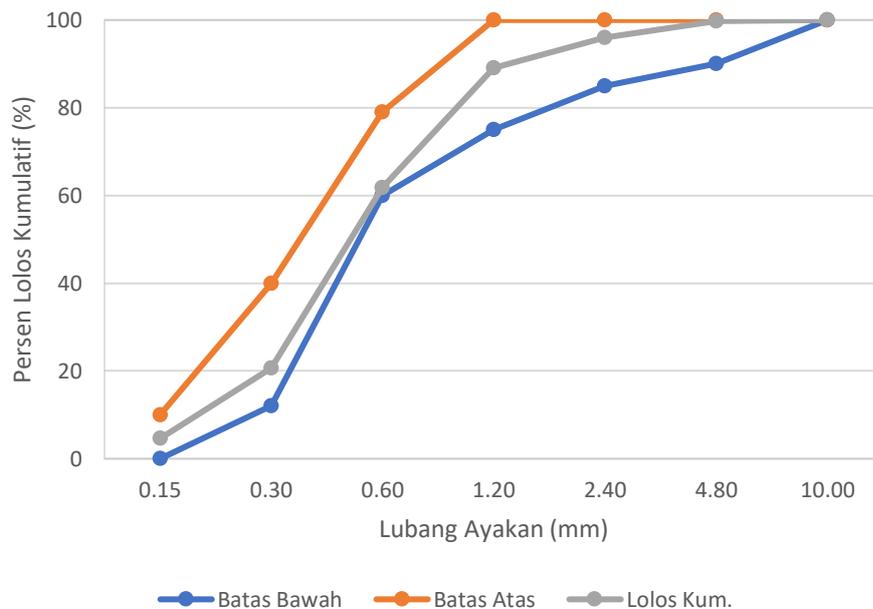
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
0,3	822	41,10	79,35	20,65
0,15	321	16,05	95,40	4,60
Sisa	92	4,60	100	0,00
Jumlah	2000	100,00	228,1	-

Dari Tabel 5.4, maka nilai modulus halus butir atau biasa disebut dengan MHB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.5 sebagai berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir pengujian} = \frac{228,1}{100} = 2,281$$

Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada dasarnya agregat halus memiliki modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Sehingga pada pengujian ini pasir yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dan dapat digunakan

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus halus butir digunakan untuk dapat menentukan golongan dari daerah gradasi pada suatu agregat halus. Golongan gradasi agregat halus dapat ditentukan berdasarkan pada persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. Gradasi yang telah diperoleh dari pengujian modulus halus butir agregat halus berada pada batas yang disyaratkan dalam gradasi daerah III yaitu gradasi dengan kondisi jenis pasir agak halus dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Analisis Saringan Agregat Halus

5.2.5 Pengujian Kadar Lumpur (Lolos Saringan No.200) Agregat Halus

Data pengujian lolos saringan No.200 atau kadar kandungan lumpur yang ada dalam agregat halus dihitung dengan persamaan 4.6. Hasil yang didapatkan dari perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Pengujian Lolos Saringan No.200 Pada Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
	Sampel
Berat Agregat Kering Oven, gram (W1)	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci, gram (W2)	498
Kadar Lumpur, $[(W1-W2)/W1] \times 100\%$	0,4%

Dari hasil Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa kandungan kadar lumpur yang terdapat pada pasir sebesar 0,4%. Pasir yang dapat dipakai dalam pembuatan bahan bangunan apabila suatu kandungan lumpur tidak lebih dari 5% (PBI 1971). Sehingga, pasir yang digunakan pada pembuatan beton dapat langsung digunakan tanpa harus melalui proses cuci terlebih dahulu.

5.3 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu material dalam penyusun campuran beton. Sifat karakteristik dari agregat kasar juga sangat penting untuk dicari karena dapat mempengaruhi kekuatan beton. Pengujian agregat kasar yang dikerjakan sama dengan pengerjaan pengujian agregat halus hanya saja tidak dikerjakan pengujian kadar lumpur karena dalam pelaksanaan, agregat kasar telah dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian *properties* agregat kasar meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian berat volume agregat kasar, dan pengujian analisis saringan agregat kasar.

5.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar didapatkan dengan menggunakan perhitungan pada Persamaan 4.7 sampai dengan Persamaan 4.10. Hasil dari perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4909	4901	4905
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3121	3121	3121
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,613	2,608	2,610
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj+Ba))	2,661	2,661	2,661
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2,746	2,753	2,749
Penyerapan air (Bj-Bk)/ Bk x 100%)	1,85%	2,02%	1.94%

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan berat jenis kering muka atau kondisi SSD sebesar 2,661. Dari hasil yang didapat, menunjukkan agregat termasuk dalam kategori agregat normal, karena syarat dari agregat normal yang memenuhi syarat ada di antara 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodinuljo,2007).

5.3.2 Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Kasar

Data pengujian berat isi volume gembur agregat kasar dan hasil perhitungan berat isi volume gembur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), gram	10600
Berat tabung + agregat (W2), gram	17500
Berat agregat (W3), gram	6900
Volume tabung (V), cm ³	5371.84
Berat volume gembur = (W3 / V), gram/cm ³	1,284

Dari pengujian yang telah dilakukan berat isi gembur agregat kasar yang dihasilkan adalah 1,284 gram/cm³.

5.3.3 Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Kasar

Data pengujian berat isi volume padat agregat kasar dan hasil perhitungan berat isi volume gembur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), gram	10600
Berat tabung + agregat (W2), gram	18400
Berat agregat (W3), gram	7800
Volume tabung (V), cm ³	5371,840
Berat volume gembur = (W3 / V), gram/cm ³	1,452

Dari pengujian yang telah dilakukan berat isi padat agregat kasar yang dihasilkan adalah 1,452 gram/cm³.

5.3.4 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Data pengujian modulus halus butir agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

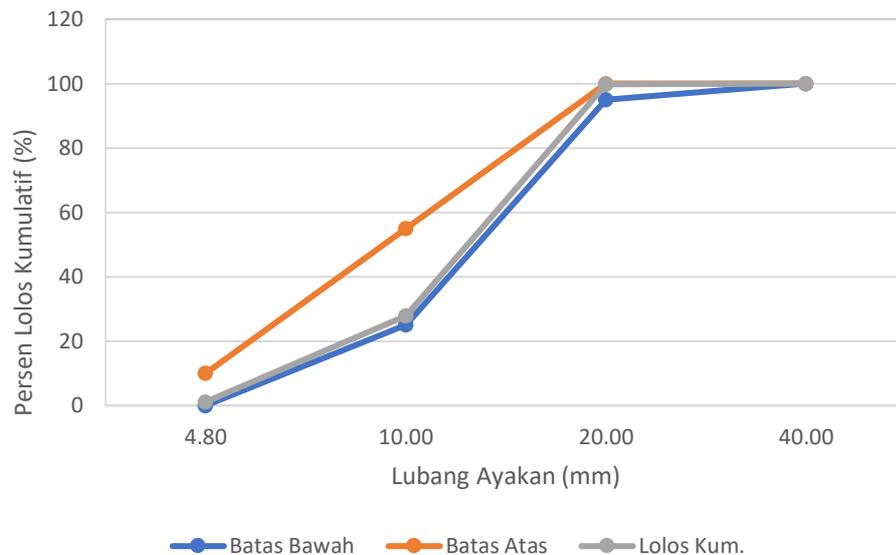
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	10	0,20	0,20	99,80
10	3597	71,94	72,14	27,86
4,8	1337	26,74	98,88	1,12
2,4	98	0,76	99,64	0,36
1,2	1	0,02	99,66	0,34
0,6	0	0	99,66	0,34
0,3	0	0	99,66	0,34
0,15	0	0	99,66	0,34
Sisa	17	0,34	100	0
Jumlah	5000	100,00	669,50	-

Dari Tabel 5.9, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir atau biasa disebut dengan MHB menggunakan persamaan 4.11 sebagai berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir pengujian} = \frac{669,5}{100} = 6,695$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada dasarnya agregat kasar memiliki modulus halus butir antara 5 sampai 8. Sehingga pada pengujian agregat kasar ini, agregat dapat digunakan karena sudah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Hasil yang didapat pada pengujian modulus halus butir digunakan untuk dapat menentukan ukuran maksimum pada agregat kasar. Penentuan ukuran maksimum agregat kasar ini berdasarkan dengan persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.2. Ukuran maksimum yang didapat lebih mengarah pada ukuran maksimal 20 mm dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

5.4 Perencanaan Campuran Beton SCC (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) memiliki tujuan untuk dapat mengetahui proporsi campuran beton agar dapat sesuai dengan kuat tekan beton SCC yang sudah direncanakan. *Mix design* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *mix design* SNI 03-2834-2000 dan parameter dalam penentuan campuran beton SCC memakai persyaratan dari EFNARC 2005. Pembuatan beton SCC di Indonesia pada dasarnya belum ada acuan dan persyaratan untuk dapat menentukan campuran beton SCC. Sehingga, EFNARC 2005 ini digunakan dalam penentuan campuran beton SCC karena di dalamnya terdapat syarat-syarat proporsi yang sesuai untuk beton SCC. Perencanaan Mutu Beton SCC yang direncanakan yaitu 30 MPa. Dalam pembuatan beton SCC ini menggunakan bahan tambah berupa *silica fume* dan *superplastilizer (viscocrete 3115-N)* dan dalam setiap variasi campuran beton terdiri dari 9 silinder untuk uji kuat tekan, uji tarik belah silinder, dan kecepatan rambat gelombang serta 3 balok untuk uji tarik beton. Beton yang akan diuji memakai umur rencana 28 hari. Untuk campuran *mix design* yang detail dapat dilihat pada 4.4.4 *Mix Design*. Perencanaan campuran hasil *mix design* dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Perencanaan *Mix Design* 30 MPa

<i>Mix Design</i>				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat tekan rencana ($f'c$)	30	MPa	
2	<i>Deviiasi standart</i>	-		Diabaikan
3	Nilai tambah	12		
4	Kuat tekan beton ditargetkan (fcr)	42	MPa	
5	Jenis semen	Tipe I		Tiga Roda PCC
6	Jenis agregat kasar	Batu pecah		Clereng
7	Jenis agregat halus	pasir		Progo
8	Faktor air semen (fas)	0,455		Grafik 1 SNI
9	<i>Slump</i>	30-60	Mm	
10	Ukuran agregat maksimum	20	Mm	“EFNARC size max 20 mm “
11	Wh (batu tidak dipecahkan)	180		Tabel 3 SNI
12	Wk (batu dipecahkan)	210		Tabel 3 SNI
13	Kadar air bebas	190	Kg	“EFNARC (<i>not exceed</i> 200 kg/m ³)
14	Jumlah Semen	417,582	Kg	
15	Kadar semen minimum	325	Kg	Tabel 4 SNI
16	Kadar semen maksimum	-		
17	Bj agregat halus	2,632		Pasir Progo
18	Bj agregat kasar	2,661		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>)

Lanjutan Tabel 5.10 Hasil Perencanaan *Mix Design* 30 MPa

<i>Mix Design</i>				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
21	Bj <i>relative</i> agregat gabungan (SSD)	2,65		
22	Berat isi beton	2400	Kg/m ³	Grafik 6 SNI
23	Kadar agregat gabungan	1792,42	Kg/m ³	
24	Kadar agregat halus	914,113	Kg/m ³	
25	Kadar agregat kasar	878,285	Kg/m ³	
26	Kadar semen digunakan	417,582	Kg/m ³	
27	Kadar air digunakan	190	Kg/m ³	
28	Kadar <i>viscocrete</i> digunakan		Kg/m ³	0,8% dan 1,2 % terhadap berat semen dan <i>silica fume</i>
29	Kadar <i>silica fume</i> digunakan		Kg/m ³	Variasi 0%, 4%, 8%, 12% terhadap berat semen

5.5 Komposisi Campuran Beton SCC

Komposisi campuran beton SCC dibutuhkan untuk dapat mengetahui jumlah dari setiap material yang digunakan dalam penelitian. Komposisi campuran beton SCC ditentukan dengan menggunakan hasil kebutuhan material pada *mix design*, kebutuhan material yang diketahui yaitu pasir, kerikil, semen, dan air. Kebutuhan zat tambah diketahui dengan cara mengalikan persentase zat tambah dengan berat semen yang diketahui.

Jumlah benda uji yang digunakan pada penelitian berjumlah 9 buah silinder dan 3 buah balok pada setiap variasi penambahan *sika fume* dan *superplasticizer*, sehingga total benda uji adalah 96 buah. Komposisi campuran beton SCC yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.11 Komposisi Campuran Beton SCC Dengan SP 0,8%

Variasi (%)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Sika Fume (kg)	Superplasticizer (kg)
0	68,232	65,556	31,169	14,182	0,000	0,249
4	68,232	65,556	31,169	14,749	1,247	0,259
8	68,232	65,556	31,169	15,316	2,494	0,269
12	68,232	65,556	31,169	15,884	3,740	0,279
Total	272,928	262,225	124,675	60,131	7,481	1,057

Tabel 5.12 Komposisi Campuran Beton SCC Dengan SP 1,2%

Variasi (%)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Sika Fume (kg)	Superplasticizer (kg)
0	68,232	65,556	31,169	14,182	0,000	0,374
4	68,232	65,556	31,169	14,749	1,247	0,389
8	68,232	65,556	31,169	15,316	2,494	0,404
12	68,232	65,556	31,169	15,884	3,740	0,419
Total	272,928	262,225	124,675	60,131	7,481	1,586

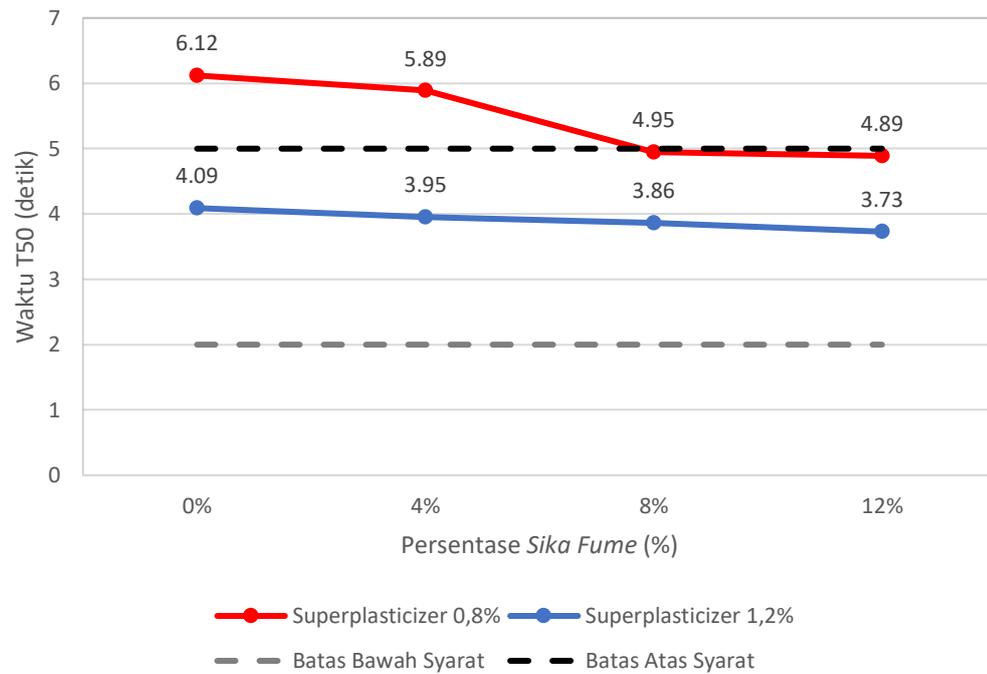
5.6 Hasil Pengujian Nilai *Slump Flow*

Pada pengujian nilai *slump flow* terbagi menjadi dua macam yaitu mencari nilai waktu ketika benda uji mencapai diameter 50 cm atau T50 dan mencari nilai diameter *slump flow* beton SCC. Berdasarkan ketentuan yang ditetapkan oleh *EFNARC 2005* waktu yang dibutuhkan untuk mencapai diameter 500 mm adalah 2-5 detik dan *slump flow* harus memenuhi diameter 640 – 800 mm sesuai yang diisyaratkan untuk pembuatan beton SCC. Alat yang digunakan pada pengujian *slump flow* ini berupa kerucut *abrams* dengan diameter kerucut 200 mm pada bagian bawah. Cara pengujian *slump flow* dengan menggunakan kerucut *abrams* ini adalah kerucut diisi oleh campuran beton segar SCC lalu diangkat ke atas. Kemudian beton segar tersebut akan turun mengalir membentuk lingkaran. Catat waktu yang didapatkan ketika aliran mencapai diameter 500 mm (T50) dan saat campuran beton berhenti mengalir ukur diameter akhir yang diperoleh. Berikut adalah data hasil pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Tabel 5.13

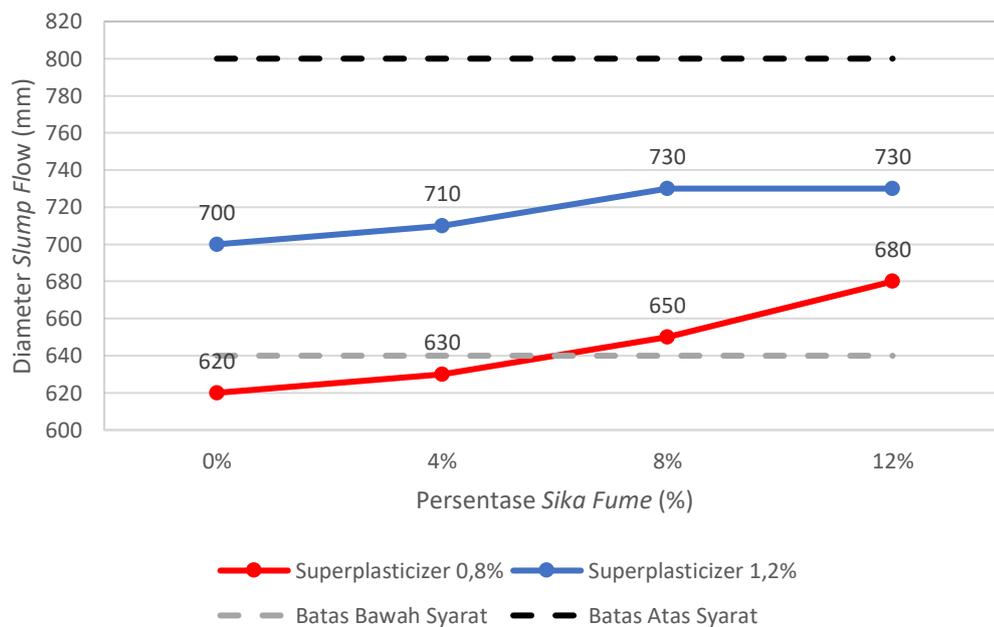
Tabel 5.13 Pengujian *Slump Flow* dan T50

Variasi Penambahan (%)		T50 (detik)	Keterangan	<i>Slump Flow</i> (mm)	Keterangan
SP	Sika				
0,8%	0%	6,12	Tidak memenuhi	620	Tidak memenuhi
	4%	5,89	Tidak memenuhi	630	Tidak memenuhi
	8%	4,95	Memenuhi	650	Memenuhi
	12%	4,89	Memenuhi	680	Memenuhi
1,2%	0%	4,09	Memenuhi	700	Memenuhi
	4%	3,95	Memenuhi	710	Memenuhi
	8%	3,86	Memenuhi	730	Memenuhi
	12%	3,73	Memenuhi	730	Memenuhi

Dari Tabel 5.13 di atas dapat dilihat bahwa nilai pengujian *slump flow* dan T50 pada mutu beton 30 MPa dengan penambahan *sika fume* 0%, 4%, 8% dan 12% pada tiap penambahan variasi *superplasticizer* menunjukkan pada penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *EFNARC 2005*, hal ini kemungkinan terjadi karena rendahnya kadar *superplasticizer* pada campuran beton yang mengakibatkan kemampuan daya alir pada campuran menjadi kurang baik, sedangkan pada penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya telah memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan pada *EFNARC 2005*. Berikut grafik penambahan *sikafume* dan *superplasticizer* terhadap pengujian *slump flow* dan T50.



Gambar 5.3 Hasil Pengujian T50 Slump Flow



Gambar 5.4 Hasil Pengujian T50 Diameter Slump Flow

Pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 di atas menunjukkan bahwa penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi ketentuan ditetapkan oleh *EFNARC 2005* dan setelah penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya grafik *slump* T50 menunjukkan penurunan sehingga memenuhi ketentuan kembali. Begitu juga pada grafik *slump flow* pada penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% masih di bawah ketentuan yang telah ditetapkan dan setelah melewati penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya menunjukkan kenaikan dan sesuai dengan yang ditetapkan oleh *EFNARC 2005* yang kemudian pada penambahan *sika fume* 8% pada variasi *superplasticizer* 1,2% mengalami titik maksimum.

Secara umum pada setiap penambahan *superplasticizer* pada campuran beton akan mempercepat campuran beton tersebut sampai diameter dengan 500 mm (T50) dan *slump flow* akan mengalami kenaikan karena campuran beton semakin baik dalam mengisi ruangan (*Filling Ability*). Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak penambahan *superplasticizer* pada campuran beton akan memudahkan *workabilty* dan campuran beton akan cepat dalam mengisi ruangan (*Filling Ability*). Pengujian ini mendapatkan hasil yang baik pada pengujian *slump flow* dan *slump* T50, sehingga pada penambahan *sikafume* 8% dan 12% pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan pada penambahan *sika fume* 0%, 4%, 8% dan 12% pada variasi *superplasticizer* 1,2% telah memenuhi persyaratan dalam pembuatan beton *self compacting concrete*.

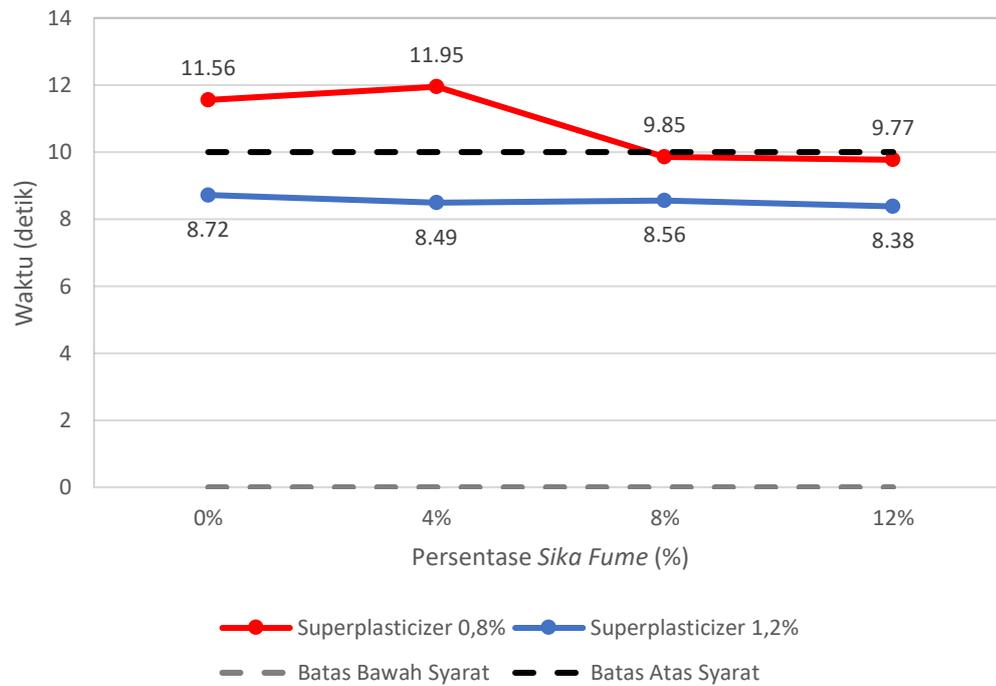
5.7 Hasil Pengujian Nilai V-Funnel

Pada pengujian *v-funnel*, pengujian yang dilakukan adalah dengan cara memasukkan campuran beton segar SCC ke dalam sebuah alat bernama *v-funnel* lalu dihitung berapa waktu yang dibutuhkan agar campuran beton SCC di dalam *v-funnel* dapat habis. Ketentuan yang ditetapkan oleh *EFNARC 2005* untuk pengujian *v-funnel* adalah 0 - 10 detik. Berikut adalah data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Pengujian *V-Funnel*

Variasi Penambahan (%)		<i>V-Funnel</i> (detik)	Keterangan
SP	Sika		
0,8%	0%	11,56	Tidak memenuhi
	4%	11,95	Tidak memenuhi
	8%	9,85	Memenuhi
	12%	9,77	Memenuhi
1,2%	0%	8,72	Memenuhi
	4%	8,49	Memenuhi
	8%	8,56	Memenuhi
	12%	8,38	Memenuhi

Dari Tabel 5.14 di atas dapat dilihat bahwa nilai pengujian *v-funnel* pada mutu beton 30 MPa dengan penambahan *sika fume* 0%, 4%, 8% dan 12% pada tiap penambahan variasi *superplasticizer* menunjukkan pada penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *EFNARC 2005*, hal ini kemungkinan terjadi karena rendahnya kadar *superplasticizer* pada campuran beton yang mengakibatkan kemampuan daya alir pada campuran menjadi kurang baik, sedangkan pada penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *EFNARC 2005*. Berikut grafik penambahan *sikafume* dan *superplasticizer* terhadap pengujian *v-funnel*.



Gambar 5.5 Hasil Pengujian V-Funnel

Pada Gambar 5.5 di atas menunjukkan bahwa penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh *EFNARC 2005* dan setelah penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya grafik *v-funnel* menunjukkan penurunan sehingga memenuhi ketentuan kembali. Dari hasil pengujian Silviati dan Warisman (2015), bahwa lamanya pengadukan campuran beton yang dilakukan dapat mengakibatkan suhu pada suatu campuran beton semakin meningkat juga yang dapat mengakibatkan campuran beton menjadi semakin homogen akan tetapi sulit untuk dikerjakan (*workability*). Menurut Ganira dan Didin (2019), *superplasticizer viscocrete 3115N* memiliki sifat yang salah satunya adalah mempercepat waktu pengerasan. Pengujian ini memperoleh hasil naik turun/ tidak konstan pada pengujian *v-funnel*, hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari tingkat homogen dan waktu pencampuran terhadap *superplasticizer*. Dari beberapa penjelasan, maka waktu untuk mendapatkan tingkat suatu homogen campuran dan lama penggunaan *superplasticizer* dalam campuran beton segar harus diseragamkan untuk dapat memperoleh hasil yang lebih baik. Sehingga pada penambahan *sikafume* 8% dan

12% pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan pada penambahan sika fume 0%, 4%, 8% dan 12% pada variasi *superplasticizer* 1,2% telah memenuhi persyaratan dalam pembuatan beton *self compacting concrete*.

5.8 Hasil Pengujian Nilai *L-Box*

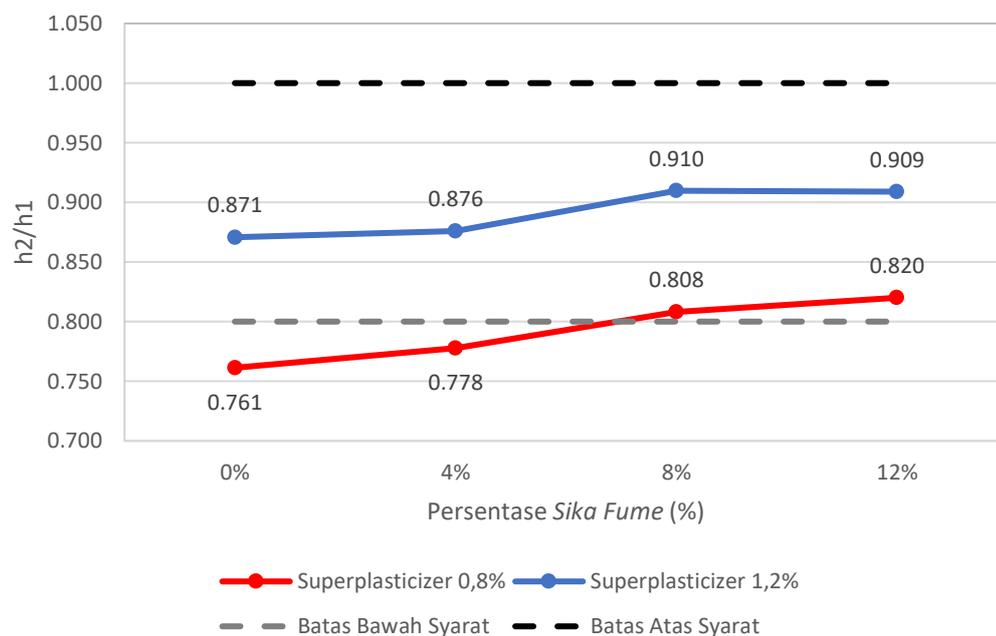
Pada pengujian *l-box*, pengujian yang dilakukan adalah dengan cara memasukkan campuran beton segar SCC ke dalam sebuah alat bernama *l-box* yang memiliki bentuk seperti huruf L. Kemudian dihitung tinggi antara sisi yang panjang dan sisi yang pendek. Kemudian diperoleh nilai *passing ability ratio* yaitu nilai yang dihitung dari perbandingan beda tinggi antara (h_2/h_1). Ketentuan yang ditetapkan oleh *EFNARC 2005* untuk pengujian *l-box* adalah 0,8 – 1. Berikut adalah data hasil pengujian *l-box* dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Pengujian *L-box*

Variasi penambahan (%)		H1 (mm)	H2 (mm)	Passing Ability (H2/H1)	Keterangan
SP	SIKA				
0,8 %	0%	155	118	0,761	Tidak Memenuhi
	4%	153	119	0,778	Tidak Memenuhi
	8%	151	122	0,808	Memenuhi
	12%	150	123	0,82	Memenuhi
1,2 %	0%	147	128	0,871	Memenuhi
	4%	145	127	0,876	Memenuhi
	8%	144	131	0,91	Memenuhi
	12%	143	130	0,909	Memenuhi

Dari Tabel 5.15 di atas dapat dilihat bahwa nilai pengujian *l-box* pada mutu beton 30 MPa dengan penambahan sika fume 0%, 4%, 8% dan 12% pada tiap penambahan variasi *superplasticizer* menunjukkan pada penambahan sika fume 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *EFNARC 2005*, hal ini kemungkinan terjadi karena rendahnya

kadar *superplasticizer* pada campuran beton yang mengakibatkan kemampuan daya alir pada campuran menjadi kurang baik, sedangkan pada penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada *EFNARC 2005*. Berikut grafik penambahan *sikafume* dan *superplasticizer* terhadap pengujian *l-box*.



Gambar 5.6 Hasil Pengujian *L-box*

Pada Gambar 5.6 di atas menunjukkan bahwa penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% tidak memenuhi ketentuan ditetapkan oleh *EFNARC 2005* dan setelah penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya grafik *l-box* menunjukkan kenaikan sehingga memenuhi ketentuan kembali. Dapat diketahui bahwa grafik yang dihasilkan dari penambahan *sika fume* dengan *superplasticizer* 0,8% mengalami kenaikan setiap persentase, tetapi terjadi penurunan pada penambahan *sika fume* 12% dan *superplasticizer* 1,2% sehingga dapat dikatakan dengan penambahan *sika fume* pada *superplasticizer* 1,2% mengalami titik maksimum penambahan *sika fume* pada persentase penambahan *sika fume* 8%. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin banyak penambahan persentase *sika fume* maka campuran akan semakin kental dan lebih susah melewati

celah yang ada pada alat pengujian tetapi dengan campuran *superplasticizer* yang lebih banyak juga dapat menyebabkan penambahan *sika fume* menjadi kurang efektif karena lebih banyak *superplasticizer* yang ditambahkan maka akan membuat campuran beton memiliki kekentalan yang rendah. Beton yang memiliki kekentalan yang rendah akan lebih mudah mengalir dari prisma vertikal menuju prisma horizontal melalui tulangan dengan baik sehingga mencapai stabilitas permukaan, begitu pula sebaliknya. Kadar *sika fume* yang tinggi akan meningkatkan kekentalan pada campuran beton sehingga energi yang digunakan untuk melawan gesekan/friksi berkurang dan berakibat pada waktu pengaliran beton yang semakin meningkat (Pramudhita dkk, 2017). Penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 0,8% belum memenuhi batas syarat yang telah ditetapkan dan penambahan *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh *EFNARC 2005*.

5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton *Self Compacting Concrete*

Pengujian untuk kuat tekan beton *self compacting concrete* dikerjakan pada saat beton telah mencapai umur 28 hari. Pengujian dikerjakan dengan menggunakan sampel silinder dengan diameter silinder 150 mm dan tinggi silinder 300 mm. Sampel silinder untuk tiap variasi penambahan persentase *sikafume* berjumlah 6 silinder dengan tiap penambahan persentase *superplasticizer* berjumlah 24 silinder. Total dari keseluruhan silinder yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton *self compacting concrete* berjumlah 48 silinder. Setiap pengujian, benda uji diperlukan adanya proses kaping pada bagian atas silinder dengan menggunakan belerang. Proses kaping ini berfungsi agar permukaan dari bagian atas silinder yang akan ditekan oleh mesin tekan menjadi rata. Pengujian kuat tekan ini dilakukan hingga sampel benda uji silinder tidak dapat menahan beban yang diberikan oleh mesin tekan, sehingga menghasilkan kekuatan maksimum pada beton *self compacting concrete* yang diperoleh.

Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan beton *self compacting concrete* dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan 5.17

Tabel 5.16 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 0,8%

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	S1	151,83	304,83	18106,067	12,167	383000	21,153
	S2	151,03	301,90	17915,771	12,478	440000	24,559
	S3	141,87	301,20	15807,042	12,658	460000	29,101
	S4	150,43	299,60	17773,708	12,615	580000	32,632
	S5	150,93	303,90	17892,054	12,633	500000	27,945
	S6	151,00	306,33	17907,864	12,773	380000	21,220
4%	S1	150,93	301,07	17892,054	12,167	480000	26,828
	S2	149,57	303,00	17569,504	12,478	520000	29,597
	S3	150,67	301,40	17828,887	12,658	470000	26,362
	S4	150,30	303,13	17742,215	12,615	500000	28,181
	S5	150,30	299,30	17742,215	12,633	470000	26,490
	S6	150,40	304,10	17765,832	12,773	510000	28,707
8%	S1	151,43	302,07	18010,793	12,336	550000	30,537
	S2	150,67	304,07	17828,887	12,352	570000	31,971
	S3	150,17	304,07	17710,750	12,405	590000	33,313
	S4	150,03	303,30	17679,314	12,570	614000	34,730
	S5	150,63	303,33	17820,999	12,426	570000	31,985
	S6	148,77	303,00	17382,056	12,018	635000	36,532
12%	S1	149,80	302,13	17624,366	12,318	525000	29,788
	S2	150,20	302,97	17718,614	12,297	575000	32,452
	S3	149,80	302,50	17624,366	12,306	490000	27,802
	S4	152,93	304,70	18369,367	12,369	600000	32,663
	S5	150,30	304,20	17742,215	12,512	580000	32,690
	S6	150,07	303,33	17687,170	12,243	510000	28,834

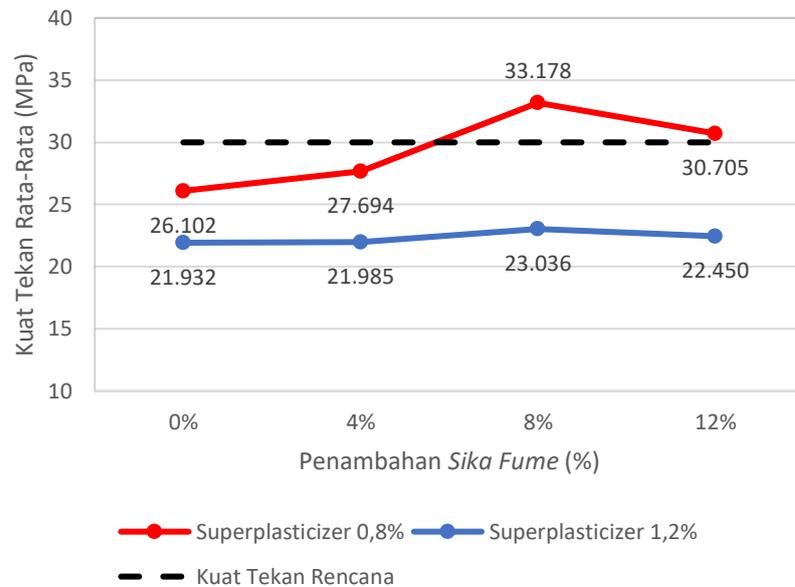
Tabel 5.17 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 1,2%

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	S1	150,67	303,37	17828,887	12,589	362000	20,304
	S2	150,90	302,27	17884,152	12,640	355000	19,850
	S3	153,07	302,20	18401,411	12,541	393000	21,357

**Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Dengan
SP 1,2%**

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	S4	150,83	303	17868,354	12,519	384000	21,932
	S5	152,00	305,67	18145,839	12,811	455000	
	S6	150,80	305,40	17860,457	12,677	420000	
4%	S1	151,03	305,03	17915,771	12,197	386000	21,986
	S2	152,03	304,60	18153,799	12,497	362000	
	S3	151,30	299,37	17979,091	12,257	401000	
	S4	151,17	302,37	17947,417	12,127	409000	
	S5	151,73	301,80	18082,225	12,433	432000	
	S6	152,17	304,90	18185,654	12,362	390000	
8%	S1	150,67	305,43	17828,887	11,930	395000	23,036
	S2	150,33	308,07	17750,086	12,012	374000	
	S3	150,30	304,90	17742,215	12,042	450000	
	S4	150,90	306,47	17884,152	12,206	362000	
	S5	152,17	305,07	18185,654	12,127	395000	
	S6	150,17	307,17	17710,750	12,116	490000	
12%	S1	148,67	302,63	17358,696	11,720	448000	22,450
	S2	152,73	305,17	18321,353	12,271	370000	
	S3	154,07	304,17	18642,633	12,086	435000	
	S4	151,00	305,33	17907,864	12,267	380000	
	S5	151,93	302,67	18129,925	12,216	413000	
	S6	150,50	304,17	17789,465	12,120	380000	

Berdasarkan Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata pada penambahan persentase *sika fume* 0%, 4%, 8%, dan 12% dengan variasi superplasticizer 0,8% secara berturut-turut adalah 26,102 MPa; 27,694 MPa; 33,178 MPa; 30,705 MPa dan untuk variasi *superplasticizer* 1,2% secara berturut-turut adalah 21,932 MPa; 21,986 MPa; 23,036 MPa; 22,450 MPa. Berikut grafik hasil pengujian kuat tekan rata-rata.



Gambar 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 5.7 diperoleh kuat tekan rata-rata pada beton SCC dengan penambahan *sika fume* 8% adalah kuat tekan beton maksimum yang dihasilkan dari masing-masing variasi penambahan *superplasticizer*. Namun setelah melewati penambahan *sika fume* 8% grafik menunjukkan penurunan walaupun persentase penambahan *sika fume* meningkat. Hal ini disebabkan karena pada penambahan *sika fume* 0% - 8%, air yang terdapat pada campuran beton masih bisa untuk mengalami proses hidrasi. *Sika fume* tidak hanya berperan menjadi pengisi pori beton, tetapi dapat bereaksi dengan hasil dari hidrasi air dan semen yang bisa menjadi daya lekat antar partikel yang lebih, namun ketika persentase *sika fume* melewati 8%, *sika fume* menyebabkan beton menjadi kekurangan air untuk melakukan proses hidrasi. Adanya penurunan kuat tekan beton yang dihasilkan pada saat penambahan suatu kadar tertentu disebabkan karena *sika fume* memiliki sifat yang dapat menyerap air sehingga kandungan air yang terdapat dalam campuran beton menjadi berkurang (Pramudhita dkk, 2017).

Hasil pada variasi *sika fume* 0% dan 4% dengan *superplasticizer* 1,2% kuat tekan beton di bawah rencana (< 30 MPa). Hal tersebut terjadi karena rendahnya kadar *sika fume* yang ditambahkan. Penambahan *sika fume* bertujuan untuk meningkatkan mutu pada beton, akan tetapi apabila takaran atau kadar persentase

sika fume yang ditambahkan rendah maka penambahan *sika fume* akan menjadi kurang efektif.

Hasil dari semua pengujian kuat tekan beton dengan penambahan variasi *superplasticizer* 1,2% pada umur 28 hari kurang dari kuat tekan beton rencana (< 30 MPa). Rendahnya kuat tekan beton yang dihasilkan disebabkan oleh pengaruh dari penambahan *superplasticizer* yang berlebih, semakin banyak kadar penambahan *superplasticizer* pada campuran beton akan mengakibatkan beton menjadi terlalu encer dan dapat menyebabkan beton mengalami *bleeding* dan segregasi, hal tersebut membuat kuat tekan beton menjadi tidak maksimal dan tidak sesuai dengan kuat tekan beton yang telah direncanakan. Penambahan kadar *viscocrete* yang besar memang membuat *workability* beton menjadi mudah tetapi membuat kuat tekan beton menjadi menurun (Asraar dkk, 2016). Menurut Kwan dan Fung (2013), penggunaan dosis *superplasticizer* yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya inkonsistensi campuran beton dan akhirnya mengarah ke segregasi.

Pengujian kuat tekan beton yang melewati kuat tekan rencana 30 MPa pada umur 28 hari terdapat pada *sika fume* 8% dan 12% dengan variasi *superplasticizer* 0,8% yaitu 33,179 MPa dan 30,705 MPa. Kuat tekan beton maksimum terdapat pada variasi *sika fume* 8% dengan variasi *superplasticizer* 0,8% yaitu 33,179 MPa.

5.10 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton *Self Compacting Concrete*

Pengujian untuk kuat tarik belah beton *self compacting concrete* dikerjakan pada saat beton telah mencapai umur 28 hari. Pengujian dikerjakan dengan menggunakan sampel silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Sampel untuk tiap variasi penambahan persentase *sikafume* berjumlah 3 silinder dengan tiap penambahan persentase *superplasticizer* berjumlah 12 silinder. Total dari keseluruhan silinder yang digunakan untuk pengujian kuat tarik belah beton *self compacting concrete* berjumlah 24 silinder. Pengujian kuat tarik belah beton ini dilakukan dengan menggunakan mesin desak tetapi dengan kondisi sampel silinder dalam keadaan direbahkan. Sampel diuji hingga menghasilkan kekuatan tarik

maksimum atau silinder menjadi terbelah. Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tarik belah beton *self compacting concrete* dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan 5.19

Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Dengan SP 0,8%

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Selimut (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)	
0%	S7	150,93	302,33	143357,714	12,574	199000	2,776	3,007
	S8	150,43	299,23	141417,750	12,413	226000	3,196	
	S9	150,77	304,63	144288,802	12,716	220000	3,049	
4%	S7	150,93	299,97	142235,510	12,071	200000	2,812	3,148
	S8	150,03	306,07	144262,570	12,452	252000	3,494	
	S9	149,47	300,03	140884,667	12,108	221000	3,137	
8%	S7	149,33	302,70	142010,041	12,251	269000	3,788	3,580
	S8	151,03	303,47	143990,445	12,563	253000	3,514	
	S9	149,77	303,07	142594,643	12,456	245000	3,436	
12%	S7	148,80	303,17	141721,015	12,340	272000	3,839	3,418
	S8	149,57	304,30	142983,736	12,421	229000	3,203	
	S9	150,53	302,90	143245,776	12,555	230000	3,211	

Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Dengan SP 1,2%

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Selimut (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)	
0%	S7	150,70	304,43	144130,312	12,170	164000	2,276	2,326
	S8	151,40	305,47	145291,288	12,760	170000	2,340	
	S9	151,07	301,57	143120,503	12,401	169000	2,362	
4%	S7	150,63	304,97	144318,941	12,285	170000	2,356	2,404
	S8	150,43	305,13	144206,091	12,663	172000	2,385	
	S9	151,83	305,47	145707,137	12,396	180000	2,471	
8%	S7	153,93	303,10	146577,896	11,883	198000	2,702	2,714
	S8	150,73	306,53	145156,632	11,710	201000	2,769	
	S9	151,07	304,67	144591,732	12,297	193000	2,670	
12%	S7	151,47	304,83	145053,895	11,965	196000	2,702	2,660
	S8	151,17	303,60	144180,882	11,952	189000	2,622	
	S9	151,00	306,53	145413,433	12,229	193000	2,655	

Berdasarkan Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 didapatkan nilai kuat tarik belah beton *self compacting concrete* rata-rata paling tinggi pada variasi penambahan *sika fume* dengan persentase 8% pada masing-masing variasi *superplasticizer* didapatkan hasil sebesar 3,580 MPa pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan 2,714 MPa pada variasi *superplasticizer* 1,2%. Nilai kuat tarik beton terendah didapatkan pada variasi penambahan *sika fume* dengan persentase 0% pada masing-masing variasi *superplasticizer* didapatkan hasil sebesar 3,007 MPa pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan 2,326 MPa pada variasi *superplasticizer* 1,2%. Berikut adalah perbandingan dan korelasi dari kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Tabel 5.21

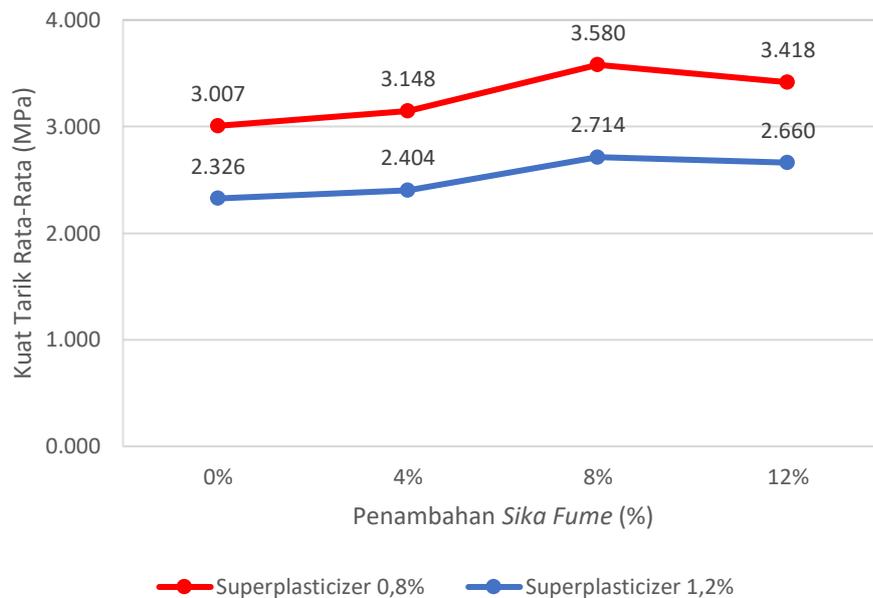
Tabel 5.20 Perbandingan Dan Korelasi Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 0,8%

Variasi	Kuat Tarik Rata-rata (f_{ct}) MPa	Kuat Tekan Rata-rata ($f'c$) MPa	$\sqrt{f'c}$	$f_{ct}/\sqrt{f'c}$	Korelasi Ke Kuat Tarik Belah
0%	3,007	26,102	5,109	0,589	$f_{ct} = 0,589\sqrt{f'c}$
4%	3,148	27,694	5,263	0,598	$f_{ct} = 0,598\sqrt{f'c}$
8%	3,580	33,178	5,760	0,621	$f_{ct} = 0,621\sqrt{f'c}$
12%	3,418	30,705	5,541	0,617	$f_{ct} = 0,617\sqrt{f'c}$

Tabel 5.21 Perbandingan Dan Korelasi Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Tekan Beton SCC Dengan SP 1,2%

Variasi	Kuat Tarik Rata-rata (f_{ct}) MPa	Kuat Tekan Rata-rata ($f'c$) MPa	$\sqrt{f'c}$	$f_{ct}/\sqrt{f'c}$	Korelasi Ke Kuat Tarik Belah
0%	2,326	21,932	4,683	0,497	$f_{ct} = 0,497\sqrt{f'c}$
4%	2,404	21,986	4,689	0,513	$f_{ct} = 0,513\sqrt{f'c}$
8%	2,714	23,036	4,800	0,565	$f_{ct} = 0,565\sqrt{f'c}$
12%	2,660	22,450	4,738	0,561	$f_{ct} = 0,561\sqrt{f'c}$

Dari Tabel 5.20 dan Tabel 5.21 didapatkan hasil korelasi kuat tarik belah dengan kuat tekan pada penambahan *sika fume* 0%, 4%, 8%, dan 12% pada variasi *superplasticizer* 0,8% secara berurutan adalah $0,589\sqrt{f_c}$; $0,598\sqrt{f_c}$; $0,621\sqrt{f_c}$; $0,617\sqrt{f_c}$ dan pada variasi *superplasticizer* 1,2% secara berurutan adalah $0,497\sqrt{f_c}$; $0,513\sqrt{f_c}$; $0,565\sqrt{f_c}$; $0,56\sqrt{f_c}$. Menurut SNI 2847-2019 untuk korelasi kuat tarik belah dengan kuat tekan diperkirakan sebesar 0,56 dari $\sqrt{f_c}$. Penambahan *sika fume* 0% dan 4% pada variasi *superplasticizer* 1,2% didapatkan hasil di bawah dari yang telah ditetapkan oleh SNI- 2847-2019. Beberapa faktor yang menyebabkan hal ini dapat terjadi antara lain adalah besarnya kadar penambahan *superplasticizer* dan rendahnya kadar penambahan *sika fume*. Penambahan *superplasticizer* yang berlebih mengakibatkan campuran beton menjadi encer dan mengakibatkan campuran semen tidak dapat menyatu dengan baik, hal tersebut menyebabkan kekuatan beton menjadi berkurang dalam menahan beban. Menurut Kwan dan Fung (2013), penggunaan dosis *superplasticizer* yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya inkonsistensi campuran beton dan akhirnya mengarah ke segregasi. Penambahan *sika fume* yang sedikit juga berpengaruh, karena *sika fume* ini berperan sebagai *filler* dan perekat pada campuran beton *self compacting concrete* ini sehingga mampu menahan kuat tarik belah yang lebih baik, dengan rendahnya kadar *sika fume* pada beton mengakibatkan beton tidak dapat menahan beban dengan maksimal. Berikut adalah grafik pengujian kuat tarik belah beton.



Gambar 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Umur 28 Hari

Dari Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya persentase *sika fume* tidak serta membuat kuat tarik belah menjadi meningkat, pada persentase *sika fume* 12% terjadi penurunan pada kuat tarik belah. Persentase penambahan *sika fume* sebesar 8% kuat tarik belah mencapai titik maksimum pada pengujian kuat tarik belah pada beton *self compacting concrete* ini. Hasil pengujian kuat tarik belah secara keseluruhan didapatkan hasil yang baik dikarenakan antar material tidak ada yang saling terlepas sehingga lekatan sangat baik.

5.11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton *Self Compacting Concrete*

Pengujian untuk kuat lentur beton *self compacting concrete* dikerjakan pada saat beton telah mencapai umur 28 hari. Pengujian dikerjakan dengan menggunakan sampel balok dengan tinggi 100 mm, lebar 100 mm dan panjang 400 mm. Sampel balok untuk tiap variasi penambahan persentase *sikafume* berjumlah 3 silinder dengan tiap penambahan persentase *superplasticizer* berjumlah 12 silinder. Total dari keseluruhan balok yang digunakan untuk pengujian kuat lentur beton *self compacting concrete* berjumlah 24 silinder.

Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tarik belah beton *self compacting concrete* dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan 5.23.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton SCC Dengan SP 0,8%

Variasi Sampel		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bentang (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	B1	103	102	300	9,111	13047,30	3,653	3,725
	B2	100	102	300	8,999	12949,20	3,734	
	B3	103	106	300	9,479	14616,90	3,789	
4%	B1	102	103	300	9,250	14724,81	4,082	3,888
	B2	104	105	300	9,141	14420,70	3,773	
	B3	106	107	300	9,636	15401,70	3,807	
8%	B1	101	100	300	8,512	16284,60	4,837	4,437
	B2	105	101	300	9,218	15499,80	4,341	
	B3	102	103	300	9,130	14911,20	4,134	
12%	B1	100	101	300	8,570	14616,90	4,299	4,160
	B2	102	103	300	9,192	14224,50	3,944	
	B3	100	100	300	9,331	14126,40	4,238	

Tabel 5.23 Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton SCC Dengan SP 1,2%

Variasi Sampel		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bentang (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	B1	101	105	300	8,772	10741,95	2,894	2,925
	B2	105	102	300	9,270	10496,70	2,883	
	B3	102	101	300	8,757	10398,60	2,998	
4%	B1	101	103	300	9,033	10741,95	3,008	2,987
	B2	105	103	300	9,484	11232,45	3,025	
	B3	103	101	300	9,078	10251,45	2,927	
8%	B1	100	102	300	8,914	10643,85	3,069	3,253
	B2	102	100	300	8,320	11722,95	3,448	
	B3	101	103	300	8,163	11575,80	3,241	

**Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton SCC
Dengan SP 1,2%**

Variasi Sampel		Lebar Patah (mm)	Tinggi Patah (mm)	Jarak Bentang (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata (MPa)
12%	B1	100	102	300	8,336	11281,50	3,253	3,059
	B2	103	105	300	8960	10987,20	2,903	
	B3	100	100	300	9,331	14126,40	4,238	

Berdasarkan Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 didapatkan nilai kuat lentur beton *self compacting concrete* rata-rata paling tinggi pada variasi penambahan *sika fume* dengan persentase 8% pada masing-masing variasi *superplasticizer* didapatkan hasil sebesar 4,437 MPa pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan 3,253 MPa pada variasi *superplasticizer* 1,2%. Nilai kuat lentur beton terendah didapatkan pada variasi penambahan *sika fume* dengan persentase 0% pada masing-masing variasi *superplasticizer* didapatkan hasil sebesar 3,725 MPa pada variasi *superplasticizer* 0,8% dan 2,925 MPa pada variasi *superplasticizer* 1,2%. Berikut adalah perbandingan dan korelasi dari kuat lentur terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25

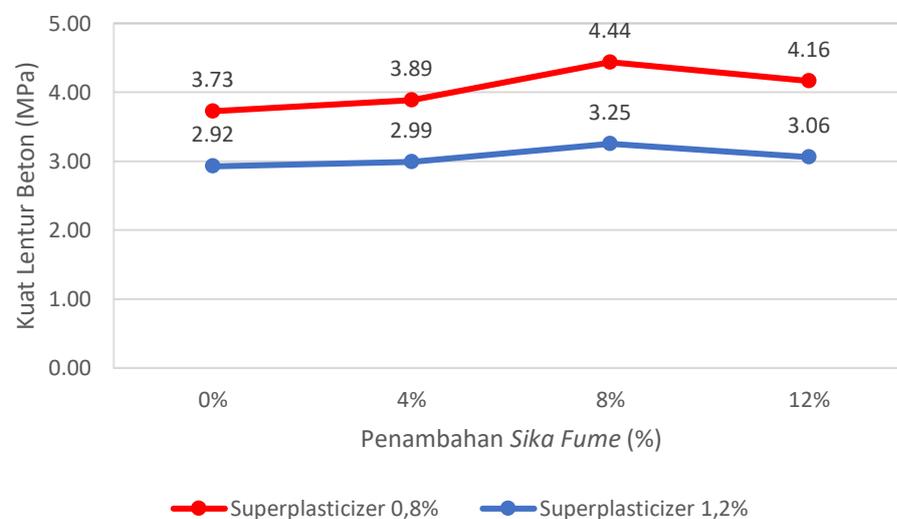
**Tabel 5.24 Perbandingan Dan Korelasi Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan
Beton SCC Dengan SP 0,8%**

Variasi	Kuat Lentur Rata-rata (f_u) MPa	Kuat Tekan Rata-rata (f'_c) MPa	$\sqrt{f'_c}$	$F_u/\sqrt{f'_c}$	Korelasi Ke Kuat Lentur
0%	3,725	26,102	5,109	0,729	$0,729\sqrt{f'_c}$
4%	3,888	27,694	5,263	0,739	$0,739\sqrt{f'_c}$
8%	4,437	33,178	5,760	0,770	$0,770\sqrt{f'_c}$
12%	4,160	30,705	5,541	0,751	$0,751\sqrt{f'_c}$

**Tabel 5.25 Perbandingan Dan Korelasi Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan
Beton SCC Dengan SP 1,2%**

Variasi	Kuat Lentur Rata-rata (f_u) MPa	Kuat Tekan Rata-rata (f'_c) Mpa	$\sqrt{f'_c}$	$F_u/\sqrt{f'_c}$	Korelasi Ke Kuat Lentur
0%	2,925	21,932	4,683	0,625	$0,625\sqrt{f'_c}$
4%	2,987	21,986	4,689	0,637	$0,637\sqrt{f'_c}$
8%	3,253	23,036	4,800	0,678	$0,678\sqrt{f'_c}$
12%	3,059	22,450	4,738	0,646	$0,646\sqrt{f'_c}$

Dari Tabel 5.24 dan Tabel 5.25 didapatkan hasil korelasi kuat lentur dengan kuat tekan pada penambahan *sika fume* 0%, 4%, 8%, dan 12% pada variasi *superplasticizer* 0,8% secara berurutan adalah $0,729\sqrt{f'_c}$; $0,739\sqrt{f'_c}$; $0,770\sqrt{f'_c}$; $0,751\sqrt{f'_c}$ dan pada variasi *superplasticizer* 1,2% secara berurutan adalah $0,625\sqrt{f'_c}$; $0,637\sqrt{f'_c}$; $0,678\sqrt{f'_c}$; $0,646\sqrt{f'_c}$. Menurut SNI 2847-2019 untuk korelasi kuat lentur dengan kuat tekan diperkirakan sebesar 0,62 dari $\sqrt{f'_c}$, penambahan pada *sika fume* 0%, 4%, 8%, dan 12% dengan penambahan tiap variasi *superplasticizer* telah sesuai dengan yang telah ditetapkan SNI 2847-2019. Berikut adalah grafik pengujian kuat lentur beton.



Gambar 5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton SCC Umur 28 Hari

Dari Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya persentase *sika fume* tidak serta membuat kuat lentur menjadi meningkat, pada persentase *sika fume* 12% terjadi penurunan pada kuat lentur. Persentase penambahan *sika fume* sebesar 8% lentur mencapai titik maksimum pada pengujian kuat lentur pada beton *self compacting concrete* ini. Hasil pengujian kuat lentur secara keseluruhan didapatkan hasil yang baik.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dan analisis data serta pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan *superperplasticizer* pada campuran beton dapat mempermudah *workability*, terlihat pada pengujian *slump flow T50* dan *v-funnel* bahwa pada setiap penambahan *superplasticizer* waktu yang dibutuhkan pada pengujian menjadi lebih cepat. Penambahan *sika fume* pada campuran beton akan meningkatkan mutu pada beton, terlihat pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur bahwa pada setiap penambahan *sika fume* kekuatan beton cenderung naik dan nilai maksimum terdapat pada persentase *sika fume* 8%. Pengujian *slump flow T50*, *V-funnel* dan *L-box* pada beton SCC untuk semua variasi *superplasticizer* 1,2% dan variasi *superplasticizer* 0,8% dengan variasi *sika fume* 8% dan 4% telah memenuhi persyaratan *EFNARC 2005*, sedangkan variasi *superplasticizer* 0,8% dengan *sika fume* 0% dan 4% belum memenuhi ketiga persyaratan.
2. Kuat tekan beton SCC rencana adalah 30 MPa, diperoleh hasil kuat tekan beton tertinggi terdapat pada *superplasticizer* 0,8% dengan *sika fume* 8% yaitu sebesar 33,179 MPa, sedangkan yang terendah terdapat pada *superplasticizer* 1,2% dengan *sika fume* 0% yaitu sebesar 21,932 MPa. Kuat tekan yang melewati kuat tekan rencana terdapat pada *sika fume* 8% dan 12% dengan *superplasticizer* 0,8% yaitu sebesar 33,179 MPa dan 30,705 MPa, sedangkan variasi *sika fume* dan *superplasticizer* pada variasi lainnya tidak mencapai kuat tekan rencana. Pengujian kuat tarik belah beton SCC, memperoleh hasil kuat tarik belah beton tertinggi terdapat pada *superplasticizer* 0,8% dengan *sika fume* 8% yaitu sebesar 3,580 MPa, sedangkan yang terendah terdapat pada *superplasticizer* 1,2% dengan *sika fume* 0% yaitu sebesar 2,326 MPa. Variasi *sika fume* 0% dan 4%

dengan variasi *superplasticizer* 1,2% didapatkan hasil di bawah dari yang telah ditetapkan oleh SNI- 2847-2019 yaitu dengan korelasi kuat tarik belah dan kuat tekan beton sebesar $0,497\sqrt{f_c}$ dan $0,513\sqrt{f_c}$. Pengujian kuat lentur beton SCC, memperoleh hasil kuat lentur beton tertinggi pada *superplasticizer* 0,8% dengan *sika fume* 8% yaitu sebesar 4,437 MPa, sedangkan yang terendah terdapat pada *superplasticizer* 1,2% dengan *sika fume* 0% yaitu sebesar 2,926 MPa. Semua pengujian kuat lentur yang dilakukan telah sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2019.

3. Dari hasil penelitian, diperoleh kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur maksimum pada beton SCC pada variasi *sika fume* 8% dengan *superplasticizer* 0,8% dengan hasil secara berturut-turut yaitu 33,179 MPa, 3,580 MPa, 4,437 MPa. Penelitian sebelumnya Rahady (2017), komposisi *superplasticizer* dan *sika fume* yang mendekati penelitian ini yaitu dengan persentase penambahan *sika fume* sebesar 10% dengan *superplasticizer* sebesar 0,8% juga melewati kuat tekan yang telah direncanakan. Meskipun komposisi tersebut tidak menghasilkan kuat tekan beton maksimum, tetapi komposisi tersebut merupakan kuat tekan beton yang lebih besar dibandingkan rata-rata komposisi penambahan persentase *sika fume* dan *superplasticizer* lainnya.

6.2 Saran

Berdasarkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk menyempurnakan hasil penelitian yang telah dikerjakan dan mengembangkan penelitian lebih lanjut, maka penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. *Mix design* dan penimbangan material harus teliti, karena dapat mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan.
2. Mencoba penelitian dengan variasi persentase *silica fume* dan *superplasticizer* lainnya.
3. Dalam penambahan *superplasticizer* pada saat pengadukan harus lebih teliti, karena dapat mempengaruhi hasil yang didapatkan.

4. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan campuran zat tambah yang berbeda tetapi memiliki fungsi yang sama dengan zat tambah yang ada pada penelitian ini.
5. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis semen yang berbeda, karena setiap jenis semen menghasilkan kekuatan yang berbeda-beda.
6. Dalam proses pengadukan campuran beton segar harus diperhatikan bahwa tingkat homogen pada campuran beton sangat baik agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan rencana.
7. Dalam proses pengujian, peneliti harus lebih memperhatikan setiap pelaksanaan pengujian agar nilai yang dihasilkan sesuai dengan yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 234R-06. 2006. *Guide For The Use Of Silica Fume In Concrete*. ACI Committee 234. United States.
- Amal, I. 2021. *Pengaruh Penambahan Persentase Sika Fume dan Superplasticizer (viscocrete 3115N) Pada Beton SCC Agar Memenuhi Syarat Mutu K-500*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Arya, B. 2017. *Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Self Compacting Concrete yang Menggunakan Superplasticizer Viscocrete 3115N*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- As'ad, S., dan Gunawan, P. 2009. *Pengembangan Kanal Fleksibel Berbahan Beton Memadat Mandiri Berserat Limbah Kaleng dan Limbah Plastik*. Usulan Penelitian Hibah Bersaing. Surakarta
- Asraar, I., Djaja, C., dan Imansyah, S. 2016. *Studi Perancangan Beton Hemat Energi (Self Compacting Concrete) untuk Beton Normal, $f_c' = 25$ MPa dengan Metode Aci Modifikasi*. Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang. Universitas Tanjung Pura. Pontianak.
- ASTM C 1240-95. 1995. *Specification For Silica Fume For Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar*. United States.
- ASTM C 494-81. 1981. *Standard Specification for Chemical Admixture-for Concrete*. United States.
- EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete (EFNARC -2002)*. Association. 99 West Street Farnham. U.K.
- EFNARC. 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*. UK (www.efnarc.org).
- Ganira, R., dan Didin, K. 2019. *Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Sika Viscocrete 3115N dan Penggantian sebagian Semen dengan Fly Ash dalam*

- Variasi 15%, 20%, dan 25% Terhadap Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi*. Prosiding SoBAT (Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik). Universitas Sangga Buana YPKP. Bandung.
- Ikkal, M. 2016. *Pengaruh Penambahan Superplasticizer viscocrete 3115N Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton Self Compacting Concrete*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Jurusan Teknik Sipil. 2017. *Pedoman Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kwan, K., & Fung, W. 2013. *Effects of SP on flowability and cohesiveness of cement-sand mortar*. *Construction and Building Materials*.
- Mc Cormac, J. 2004. *Desain Beton Bertulang Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Muwafaq, A., Halim, A., Aditya, C., dan Cakrawala, M. 2022. *Perbandingan Penggunaan Dua Merek Silica Fume Dan Admixtures Sebagai Bahan Campuran Pada Beton Mutu Tinggi*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan*. Fakultas Teknik. Universitas Widyagama. Malang.
- Persson, B. 2000. *A Comparison Between Mechanical Properties of Self Compacting Concrete and the Corresponding Properties of Normal Concrete*. *Cement and Concrete Research*. Vol.31. Pergamon.
- Pramudhita, S., Safitri, E., dan Wibowo. 2017. *Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Silica Fume Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Dengan kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*.
- PT. Sika Indonesia. 2018. *Product Data Sheet Sika Fume*. Bogor.
- PT. Sika Indonesia, 2022. *Product Data Sheet Sika Viscocrete-3115 N*. Bogor.
- Rahady, A. 2017. *Pengaruh Penambahan Silica Fume dan Superplasticizer Pada Self Compacting Concrete (SCC)*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Saputro, F., Sutandar, E., dan Supriyadi, A. 2021. *Pengaruh Variasi Penggunaan Sika Viscocrete 3115N Pada Pembuatan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume*. *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil dan Tambang*. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura. Pontianak.

- Silviati, S., dan Warisman. 2015. *Pengaruh Lama Waktu Pencampuran / Pengadukan Terhadap Mutu Beton*. Jurnal KaLIBRASI. Fakultas Teknik. Universitas Borobudur. Jakarta Timur.
- SK SNI S-04-1989-F. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam)*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2491-2002. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2834-2000. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-6468-2000. 2000. *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abuterbang*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847-2019. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 4431:2011. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 8348-2017. 2017. *Metode Uji Passing Ability Beton Memadat Sendiri Dengan L-Box*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Tim Laboratorium Teknik Sipil. 2016. *Buku Panduan Praktikum : Teknologi Bahan Konstruksi, Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 2016-2017*. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Tjokrodinuljo, K. 1992. *Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit KMTS. Yogyakarta.
- Widodo, S. 2004. *Optimalisasi Kuat Tekan Self-Compacting Concrete dengan cara Trial-Mix Komposisi Agregat dan Filler pada Campuran Adukan Beton*. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Pemakaian Lab

Nomor : 102/Ka. Prodi/20/PSTS/X/2021
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:

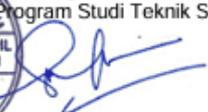
Nama	: Anandya Dwinuardi Ramadhan
NIM	: 17511184
Program Studi	: Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA	: Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Variasi Penambahan <i>Silica Fume</i> Terhadap Beton <i>Self Compacting Concrete</i> Pada Mutu K-400, K-500, dan K-600 Dengan Menggunakan <i>Superplasticizer (Viscocrete 3115N)</i>

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.

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti, M.T.



Yogyakarta, 27 Oktober 2021
Pemohon



Anandya Dwinuardi Ramadhan
NIM:17511184

Menyetujui
Koordinator Laboratorium



Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Menyetujui Kepala Laboratorium
Bahan Konstruksi Teknik



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Catatan:

Kepala laboratorium bahan konstruksi teknik menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada tanggal **1 – 30 November 2021 (Pembuatan Sampel)** dan tanggal **1 – 30 Januari 2022 (Pengujian Sampel)**

Nomor : 103/Ka. Prodi/20/PSTS/X/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 : Anandya Dwinuardi Ramadhan
NIM : 17511184
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Penambahan *Silica Fume*
Terhadap Beton *Self Compacting Concrete* Pada
Mutu K-400, K-500, dan K-600 Dengan
Menggunakan *Superplasticizer (Viscocrete 3115N)*

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.

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Yogyakarta, 27 Oktober 2021
Pemohon



Anandya Dwinuardi Ramadhan
NIM:17511184



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil



r. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

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

Bismillahirrahmaanirrahiim

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Nurhadi
 Alamat : Jalan Baiti Jannati 1 L2/3, Islamic Village, Tangerang.
 Nomor Kontak : _____

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

Nama : Anandya Dwinuardi Ramadhan
 NIM : 17 511 184
 Alamat Kos : Jl. Wijaya Kusuma No.63, Nglempong 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

Tangerang, 27 Oktober 2021

Orang Tua/Wali Mahasiswa



Andi Nurhadi

Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Gambar L-2.1 Proses Memasukkan Material Ke Dalam *Mixer*



Gambar L-2.2 Proses Mencampur Bahan Tambah *Superplasticizer* Ke Dalam *Mixer*



Gambar L-2.3 Proses Memasukkan Campuran Beton Ke Dalam Cetakan Silinder



Gambar L-2.4 Perendaman Benda Uji



Gambar L-2.5 Kaping Benda Uji



Gambar L-2.6 Pengujian Kuat Tekan



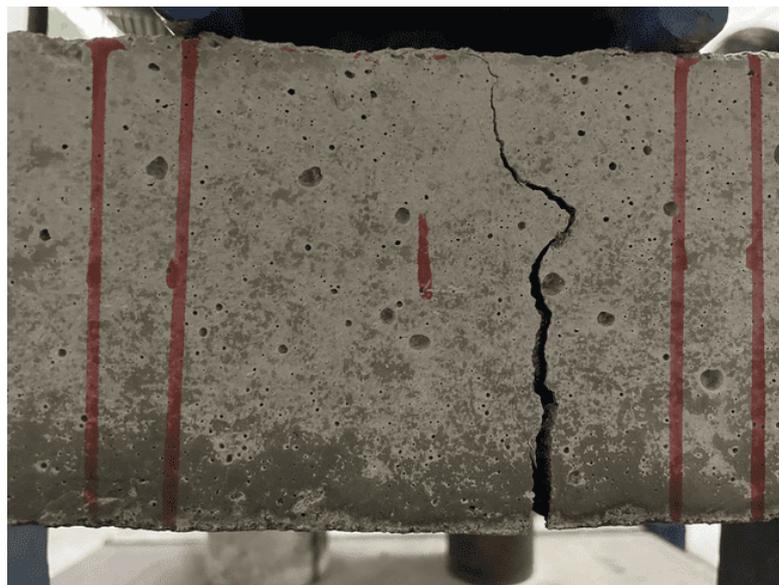
Gambar L-2.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-2.8 Pengujian Kuat Tarik Belah



Gambar L-2.9 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah



Gambar L-2.10 Pengujian Kuat Lentur