

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK SIFAT-SIFAT MEKANIS BETON PADAT SENDIRI (*SELF COMPACTING CONCRETE*) MENGGUNAKAN LIMBAH KARET BAN VULKANISIR SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (STUDI PENELITIAN)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

Takasi Deo Kandi
1607210093



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

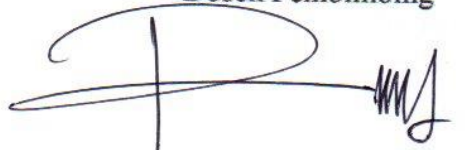
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Takasi Deo Kandi
Npm : 1607210093
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Karakteristik Sifat-Sifat Mekanis Beton Padat Sendiri
(*Self Compacting Concrete*) Menggunakan Limbah
Karet Ban Vulkanisir Sebagai Bahan Tambahan
(Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 1 Agustus 2023

Dosen Pembimbing



Dr. Fetra Venny Riza., S. T., Msc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Takasi Deo Kandi

NPM : 1607210093

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Karakteristik Sifat-Sifat Mekanis Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan Limbah Karet Ban Vulkanisir Sebagai Bahan Tambahan (Studi Penelitian)

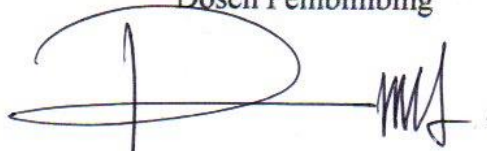
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 Agustus 2023

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fetra Venny Riza., S. T., M.Sc

Dosen Pembimbing I



Dr. Ade Faisal., S. T., M.Sc

Dosen Pembimbing I



Dr. Fahrizal Zulkarnain.,S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain.,S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Takasi Deo Kandi

Tempat /Tanggal Lahir : Petatal, 04 November 1998

NPM : 1607210093

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Karakteristik Sifat-Sifat Mekanis Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan Limbah Karet Ban Vulkanisir Sebagai Bahan Tambahan (Studi Penelitian)”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik.

Medan, 1 Agustus 2023

Saya Yang Menyatakan

 *Takasi Deo Kandi*
Takasi Deo Kandi

ABSTRAK

KARAKTERISTIK SIFAT-SIFAT MEKANIS BETON PADAT SENDIRI (*SELF COMPACTING CONCRETE*) MENGGUNAKAN LIMBAH KARET BAN VULKANISIR SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (Studi Penelitian)

Takasi Deo Kandi

1607210093

Dr. Fetra Venny Riza, S.T, M.Sc

Beton *SCC* pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990-an sebagai upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri tergolong rumit bila dilakukan pengecoran beton normal (Amiruddin dkk., 2015). Riset tentang beton memadat mandiri masih terus dilakukan hingga sekarang dengan banyak aspek kajian, misalnya ketahanan (*durability*), permeabilitas dan kuat tekan (*compressive strength*). Ketersediaan *crumb rubber* di Indonesia cukup banyak tetapi limbah tersebut selama ini masih belum ditangani secara efektif, limbah hanya ditumpuk di lokasi. Maka dari itu, dilakukan pengembangan material dengan menggunakan karet ban vulkanisir (KBV) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton *SCC* dengan menggunakan dua faktor air semen yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk kubus ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm serta memiliki tiga variasi campuran yaitu: 0%, 10%, dan 20% serta digunakan dua faktor air semen yaitu 0,35, dan 0,45 untuk mengetahui hasil yang lebih optimal. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menghasilkan kuat tekan optimum pada variasi 0% yaitu 32 MPa dengan FAS 0,35 serta dengan FAS 0,45 terjadi kuat tekan maksimum sebesar 27,1 MPa. Sehingga penurunan kuat tekan beton sebesar 15,31% dengan menggunakan bahan tambah karet ban vulkanisir dengan FAS 0,45. Maka dapat disimpulkan beton yang memiliki campuran tanpa penambahan karet ban vulkanisir menghasilkan kuat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran beton yang ditambahkan karet ban vulkanisir. Hal ini terjadi karena zat kimia yang terkandung dalam karet ban vulkanisir cukup tinggi.

Kata Kunci: Beton, *Self Compacting Concrete*, *Supperplastisizer*, Karet Ban Vulkanisir.

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE USING WASTE RUBBER TIRE VULCANIZED AS AN ADDITIVE (Research Study)

Takasi Deo Kandi

1607210093

Dr. Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc.

SCC concrete was first developed in Japan in the 1990s as an effort to overcome the problem of casting artistic building components with complex geometries when casting normal concrete (Amiruddin et al., 2015). Research on self-compacting concrete is still being carried out today on many aspects, such as durability, permeability, and compressive strength. The availability of crumb rubber in Indonesia is quite high, but so far this waste has not been handled effectively; it has only been piled up on site. Therefore, material development was carried out using vulcanized tire rubber (KBV) as an additive in the manufacture of SCC concrete using two different water-cement factors. This research was carried out using a cube-shaped mold measuring 10 cm x 10 cm x 10 cm and having three variations of the mix, namely: 0%, 10%, and 20%, and using two cement water factors, namely 0.35 and 0.45, to determine more optimal results. Testing the compressive strength of concrete in this study resulted in an optimum compressive strength at 0% variation, namely 32 MPa with a FAS of 0.35 and a maximum compressive strength of 27.1 MPa with a FAS of 0.45. So that the decrease in concrete compressive strength is 15.31% by using the added material of vulcanized tire rubber with FAS 0.45. So it can be concluded that concrete that has a mixture without the addition of vulcanized tire rubber produces a higher strength when compared to a concrete mixture that has a mixture with vulcanized tire rubber. This happens because the chemical substances contained in vulcanized tire rubber are quite high.

Keywords: Concrete, Self-Compacting Concrete, Superplasticizer, Vulcanized Tires rubber.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur ucapkan kepada Allah SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah “Karakteristik Sifat-Sifat Mekanis Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan Limbah Karet Ban Vulkanisir Sebagai Bahan Tambahan (Studi Penelitian)”.

Didalam penulisan skripsi ini telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun menyadari masih terdapat kekurangan didalamnya, untuk itu penulis dengan rasa rendah hati bersedia menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun dalam perbaikan skripsi penelitian ini kedepannya. Dalam mempersiapkan skripsi ini, banyak menerima bantuan berupa bimbingan dan petunjuk. Untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, Selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, ST., M.T, Selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan.
7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Yakub dan Ibunda tercinta Eka Kurniawati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Fadly, Wawan, Abrar, Andika dan lainnya yang tidak mungkin namanya di sebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 1 Agustus 2023

Penulis

Takasi Deo Kandi
NPM. 1607210093

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Beton Padat Sendiri (<i>Self Compacting Concrete</i>)	6
2.3 Beton Karet	8
2.4 Karet Ban Vulkanisir	9
2.5 <i>Superplastisizer</i>	10
2.6 <i>Slump Flow</i>	11
2.7 <i>V- Funnel Test</i>	12
	vii

2.8	<i>L – Box Test</i>	13
2.9	Kuat Tekan (<i>Compressive Strength Test</i>)	14
BAB 3	METODELOGI PENELITIAN	15
3.1	Diagram Alir	15
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	17
3.3	Alat dan Bahan	18
3.3.1	Alat	18
3.3.2	Bahan	19
3.4	Metode Penelitian	20
3.4.1	Variasi 0% (Normal)	20
3.4.2	Variasi KBV 10%	21
3.4.3	Variasi KBV 20%	21
3.5	Tahapan Penelitian	21
3.5.1	Tahapan Persiapan	21
3.5.2	Pengadaan dan Pemeriksaan Bahan	22
3.6	Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan	24
3.6.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	24
3.6.2	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	25
3.6.3	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	26
3.6.4	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	27
3.6.5	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	28
3.6.6	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	29
3.6.7	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	30
3.6.8	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	30
3.7	Rencana Campuran (<i>Mix Design</i>)	31
3.8	Percobaan <i>Slump Flow</i>	31
3.9	Pengujian V-Funnel Test	32
3.10	Pengujian L-Box Test	34

3.11	Percobaan Mencetak dan Merendam Beton	35
3.12	Test Kuat Tekan	36
3.13	Analisa Data	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Pemeriksaan Campuran Beton	38
4.2	<i>Mix Design</i>	38
4.3	Perhitungan <i>Mix Design</i>	39
4.4	Pengujian <i>Slump Flow Test</i>	47
4.5	Pengujian <i>V – Funnel Test</i>	48
4.6	Pengujian <i>L – Box Test</i>	49
4.7	Hasil Kuat Tekan Beton	51
4.8	Analisa Kuat Tekan Rata-Rata pada FAS 0,35	53
4.9	Analisa Kuat Tekan Rata-Rata pada FAS 0,45	54
4.10	Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Komposisi material penyusun <i>SCC</i> (Herbudiman dan Siregar, 2013).	7
Tabel 2.2	: Pengukuran nilai pengujian beton segar <i>SCC</i> (Türkel & Kandemir, 2010).	7
Tabel 2.3	: Syarat nilai pengujian beton segar <i>SCC</i> .	8
Tabel 2.4	: Tinjauan penggunaan karet ban vulkanisir.	10
Tabel 2.5	: Tinjauan nilai <i>slump flow</i> .	12
Tabel 2.6	: Tinjauan nilai <i>v-funnel test</i> .	13
Tabel 2.7	: Tinjauan nilai <i>l-box test</i> .	13
Tabel 2.8	: Tinjauan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya.	14
Tabel 3.1	: Tempat dan waktu penelitian.	17
Tabel 3.2	: Komposisi Campuran Beton.	31
Tabel 4.1	: Hasil pemeriksaan dasar.	38
Tabel 4.2	: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m ³ untuk beton normal.	39
Tabel 4.3	: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m ³ untuk beton variasi dengan FAS 0,35.	39
Tabel 4.4	: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m ³ untuk beton variasi dengan FAS 0,45.	40
Tabel 4.5	: Komposisi campuran beton normal dalam 0,008 m ³ dengan FAS 0,35.	42
Tabel 4.6	: Komposisi campuran beton normal dalam 0,008 m ³ dengan FAS 0,45.	42
Tabel 4.7	: Komposisi campuran beton variasi dalam 0,008 m ³ dengan FAS 0,35.	43
Tabel 4.8	: Komposisi campuran beton variasi dalam 0,008 m ³ dengan FAS 0,45.	44
Tabel 4.9	: Hasil pengujian <i>slump flow</i> .	47
Tabel 4.10	: Hasil pengujian <i>v-funnel test</i> .	49
Tabel 4.11	: Hasil pengujian <i>l-box test</i> .	50

Tabel 4.12	: Mutu beton dan penggunaan.	52
Tabel 4.13	: Kuat tekan beton SCC dengan FAS 0,35.	52
Tabel 4.14	: Kuat tekan beton SCC dengan FAS 0,45.	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	: Bagan alir metode penelitian.	15
Gambar 3.2	: Persiapan bahan material	21
Gambar 3.3	: Karet ban vulkanisir.	23
Gambar 3.4	: Sika viscoflow 3660 lr.	24
Gambar 3.5	: Pemeriksaan <i>slump flow</i> .	32
Gambar 3.6	: Pemeriksaan <i>v-funnel</i> .	33
Gambar 3.7	: Pemeriksaan <i>l-box</i> .	35
Gambar 3.8	: Mencetak beton SCC; (a) Merendam beton; (b)	36
Gambar 4.1	: Grafik hubungan faktor air semen terhadap <i>slump flow</i> .	48
Gambar 4.2	: Grafik hubungan faktor air semen terhadap <i>v-funnel test</i> .	49
Gambar 4.3	: Grafik hubungan faktor air semen terhadap l-box test.	51
Gambar 4.4	: Grafik perbandingan kuat tekan beton.	53
Gambar 4.5	: Grafik kuat tekan beton dengan menggunakan FAS 0,35.	54
Gambar 4.6	: Grafik kuat tekan beton dengan menggunakan FAS 0,45	54
Gambar 4.7	: Grafik hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton.	55

DAFTAR NOTASI

PL	=	Passing Ability ratio beton segar
PF	=	Faktor kerapatan
w/c	=	Faktor air semen rencana
H1	=	Tinggi rata rata beton segar pada bagian ujung boks horizontal (mm)
H2	=	Tinggi rata-rata beton segar pada bagian boks vertical (mm)
A	=	Luas penampang benda uji (mm ²)
Wg	=	Jumlah agregat kasar (kg/m ³)
Wgl	=	Berat isi agregat kasar (kg/m ³)
Ws	=	Jumlah agregat halus (kg/m ³)
Wsl	=	Berat isi agregat halus (kg/m ³)
C	=	Jumlah semen (kg/m ³)
Wwc	=	Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen (kg/m ³)
Wsp	=	Jumlah superlasticizer (kg/m ³)
n%	=	Dosis superplasticizer yang digunakan (%)
a/s	=	Perbandingan agregat kasar dan agregat halus (%)

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L.1 : Dokumentasi	39
Gambar L.2 :	39
Gambar L.3 :	40
Gambar L.4 :	40
Gambar L.5 :	41
Tabel L.1 : Data	42
Tabel L.2 :	43
Tabel L.3 :	44

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton *SCC* pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990-an sebagai upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri tergolong rumit bila dilakukan pengecoran beton normal (Amiruddin dkk., 2015). Riset tentang beton memadat mandiri masih terus dilakukan hingga sekarang dengan banyak aspek kajian, misalnya ketahanan (*durability*), permeabilitas dan kuat tekan (*compressive strength*). Kekuatan tekan beton kering 102 MPa sudah dapat dicapai karena penggunaan admixture *superplastiziser* yang memungkinkan penurunan rasio air-semen (w/c) hingga nilai $w/c = 0,3$ atau lebih kecil (Juvas, 2004).

Ketersediaan *crumb rubber* di Indonesia cukup banyak tetapi limbah tersebut selama ini masih belum ditangani secara efektif, limbah hanya ditumpuk di lokasi pabrik (Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian, 2010). Menurut Badan Pusat Statistik, pertumbuhan kendaraan di tahun 2016 sebesar 129.281.079 juta dan pada 2017 sebesar 138.656.669 juta, terjadi kenaikan dari 2016 hingga 2017 sebesar 7%, sedangkan diketahui masa penggunaan ban adalah selama 3 tahun maka dapat diperkirakan jumlah limbah ban yang dihasilkan di tahun 2019 akan lebih besar dari jumlah pertumbuhan kendaraan yang ada di tahun 2016 (Saputri, 2019).

Di Indonesia belum pernah dilaporkan secara mendetail data statistik mengenai jumlah ban bekas setiap tahun, akan tetapi di Australia hanya 5% ban yang didaur ulang, sisanya diekspor sebanyak 32%, dibuang ke tempat pembuangan sampah resmi sebanyak 16%, dan sekitar 47% tidak ditemukan atau tidak dibuang ke tempat yang tidak memiliki izin (Mills dan Skinner, 2018).

SCC merupakan suatu beton yang memiliki sifat kecairan yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan. Untuk mendapatkan beton mutu tinggi dengan memperhitungkan biaya terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan

diantaranya perlu diperhatikan komponen penyusunnya. Ada beberapa cara untuk meningkatkan mutu beton yaitu dengan menambahkan bahan tambah mineral seperti *pozzollan* kedalam campuran beton.

Dengan pemanfaatan limbah karet ban vulkanisir yang dapat diolah menjadi bahan material beton memadat sendiri yang menghasilkan beton yang lebih *eco friendly* dibandingkan dengan beton memadat sendiri tanpa substitusi limbah. Oleh karena itu peneliti mengambil judul “Karakteristik Sifat-Sifat Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan Limbah Karet Ban Vulkanisir” sebagai judul tugas akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang perlu untuk dirumuskan antara lain:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh limbah karet ban vulkanisir terhadap kuat tekan pada beton SCC.
2. Untuk mengetahui mix design SCC dengan limbah karet ban vulkanisir yg optimal.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis beton yang akan diteliti adalah Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete*) dengan ukuran sampel 10 x 10 x 10 cm berbentuk kubus dengan ASTM dan SNI.
2. Bahan tambah yang digunakan adalah limbah karet ban vulkanisir sebagai pengganti sebagian pasir. Bahan tambah kimia (*additive admixture*) yang digunakan adalah *Sika Viscoflow 3660 Ir*.
3. Variasi campuran karet ban vulkanisir pada beton *SCC* adalah sebesar 10% dan 20% dari berat agregat halus.
4. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland composite cement* (PCC) tipe 1.
5. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan diperoleh dari Kota Binjai, Sumatera Utara.

6. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan diperoleh dari Kota Binjai, Sumatera Utara.
7. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian agregat kasar, agregat halus, bahan tambah, pemeriksaan *slump flow*, dan kuat tekan beton pada umur 28 hari.
8. Tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin dan kelembapan udara tidak diperhatikan secara teliti.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton maksimal dengan bahan tambah limbah karet ban vulkanisir pada beton *SCC*.
2. Untuk mengetahui campuran *mix design* yang optimal dengan bahan tambah limbah karet ban vulkanisir pada beton *SCC*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk pemberdayaan limbah karet ban vulkanisir yang menyebabkan pencemaran lingkungan.
2. Memanfaatkan limbah karet ban vulkanisir agar menjadi suatu bahan yang dapat digunakan pada konstruksi bangunan.
3. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai rujukan untuk penelitian berikutnya dan dapat pula dikembangkan menjadi penelitian berkelanjutan dalam perkembangan bahan konstruksi terutama beton *SCC*.
4. Material konstruksi yang baru, yang ramah lingkungan dan dapat digunakan berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi material yang akan disampaikan dalam beberapa bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian

dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan teori yang berupa pengertian dan defenisi yang diambil dari kutipa buku, jurnal dan artikel yang berkaitan dengan penyusunan tugas akhir serta beberapa *literature review* yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, bahan dan peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan hasil penelitian yang telah dilakukan, permasalahan yang terjadi dan pemecahan masalah selama proses penelitian berlangsung.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan analisa dan optimalisasinya berdasarkan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Kuat tekan beton adalah salah satu sifat terpenting yang dipertimbangkan dalam industri konstruksi. Semua campuran beton baru yang diusulkan hanya dapat dipertimbangkan oleh industri konstruksi jika memenuhi persyaratan minimum kekuatan tekan yang diperlukan untuk elemen struktur. Penambahan partikel karet sebagai pengganti parsial dari agregat konvensional berdampak buruk terhadap kuat tekan beton. Kekuatan beton karet menurun dengan bertambahnya kandungan karet. Selain itu, ukuran partikel karet juga berperan penting dalam mempengaruhi sifat kekuatan. Tekan beton karet mengalami penurunan dengan bertambahnya ukuran partikel kuat. Penurunan kekuatan dengan peningkatan kandungan karet disebabkan oleh tiga alasan utama: deformabilitas partikel karet relatif terhadap struktur mikro semen di sekitarnya, menghasilkan inisiasi retakan dalam pola yang mirip dengan rongga udara di normal. Beton mengutip partikel, ikatan antarmuka yang lemah antara karet ban dan matriks semen, dan kemungkinan pengurangan dalam kerapatan matriks beton yang selanjutnya tergantung pada ukurannya, kepadatan dan kekerasan agregat. Mayoritas studi menunjukkan kecenderungan yang sama dalam penurunan kuat tekan dengan peningkatan ukuran partikel, namun salah satu studi menunjukkan hasil yang bertentangan dengan penurunan kuat tekan dengan penurunan ukuran partikel karet (Roychand dkk, 2020).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk pembangunan gedung, jembatan, dan juga jalan. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Dikarenakan beton merupakan material komposit, maka kualitas beton sangat bergantung pada kualitas masing – masing pembentuknya. Beton dapat dikatakan baik apabila memiliki kekuatan tekan tinggi, kedap terhadap air, dapat menahan aus, kembang susut yang terjadi kecil dan dapat bertahan lama (Tjokrodimulyo, 1996)

2.2 Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete*)

Beton memadat mandiri (*Self Compacting Concrete* atau *SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat di cetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak di padatkan sama sekali. Beton ini di campur memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplastisizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali di tuang kedalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip – prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Akbar, 2017).

Beton Padat Sendiri (*Self Compacting Concrete* atau *SSC*) adalah beton yang mudah dalam pengerjaan dengan nilai *slump* cukup tinggi, sehingga mampu mengalir dengan beratnya sendiri dan mengisi ruangan di dalam cetakan tanpa harus adanya pemadatan. Pada umumnya beton *SCC* memiliki kandungan yang sama dengan beton konvensional, hanya saja untuk membuat beton *SCC* diperlukan bahan tambah *superplastisizer* serta hasil penelitian lain juga menunjukkan untuk membuat beton *SCC* dapat ditambahkan bahan yang mengandung *pozzolan* (Fakhrunisa dkk., 2018).

Beton memadat sendiri merupakan jenis beton yang didesain memiliki campuran yang encer. Beton *SCC* memiliki kelebihan seperti: mampu memadat sendiri, lebih homogen, mudah mengisi celah-celah yang sempit, permukaan yang dihasilkan lebih halus, ramah lingkungan karena tidak dilakukan proses pemadatan, cepat dalam pengerjaan, dan lebih awet. Selain kelebihan yang dimilikinya, beton *SCC* memiliki kekurangan yang sama seperti beton konvensional yaitu memiliki kelemahan terhadap tarik.

Berikut adalah komposisi material penyusun dan nilai pengujian Beton *SCC*, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Komposisi material penyusun SCC (Herbudiman dan Siregar. 2013).

Concrete	Air	Air	Air	Air	
	<i>Coarse Agregate</i>	<i>Coarse Agregate</i>	<i>Coarse Agregate</i>	<i>Coarse Agregate</i>	
	<i>Mortar</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>
		<i>Paste</i>	<i>Powder</i>	<i>Cement</i>	<i>Filler</i>
				<i>Water</i>	<i>Water</i>
			<i>SP</i>	<i>SP</i>	

Beton segar dikatakan SCC jika campuran memenuhi tiga syarat, yaitu: mampu mengalir, melewati celah, dan mencegah terjadinya segregasi. Ketiga syarat tersebut dapat diketahui nilainya dengan melakukan pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan syarat nilai yang harus dicapai beton SCC dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2: Pengukuran nilai pengujian beton SCC (Türkel & Kandemir, 2010).

<i>Characteristic</i>	<i>Test method</i>	<i>Measured value</i>
<i>Flowability/ filling ability</i>	<i>Slump-flow</i>	<i>Total spread</i>
	<i>Kajima box</i>	<i>Visual filling</i>
<i>Viscosity/flowability</i>	<i>T₅₀₀</i>	<i>flow time</i>
	<i>V-funnel</i>	<i>flow time</i>
	<i>O-funnel</i>	<i>flow time</i>
	<i>Orimet</i>	<i>flow time</i>
<i>Passing ability</i>	<i>L-box</i>	<i>passing ratio</i>
	<i>U-box</i>	<i>height difference</i>
	<i>J-ring</i>	<i>step height, total flow</i>
	<i>Kajima box</i>	<i>visual passing ability</i>
<i>Segregation resistance</i>	<i>Penetration</i>	<i>Depth</i>
	<i>sieve segregation</i>	<i>percent laitance</i>
	<i>attlement column</i>	<i>segregation ratio</i>

Tabel 2.3: Syarat nilai pengujian beton segar SCC.

No.	Jenis Pengujian	Standar Nilai		Satuan	Acuan
		Min	Maks		
1	<i>Slump Flow</i> kurang dari atau sama dengan 550 mm	510	590	[mm]	(SNI 4433:2016)
2	<i>Slump Flow</i> lebih dari 550 mm	485	615	[mm]	(SNI 4433:2016)
3	T_{500}	≤ 2		[detik]	(Türkel dan Kandemir, 2010)
4	<i>V-Funnel</i> jika $T_{500} \leq 2$ detik	≥ 2		[detik]	(Türkel dan Kandemir, 2010)
5	<i>V-Funnel</i> jika $T_{500} > 2$ detik	9	25	[detik]	(Türkel dan Kandemir, 2010)
6	<i>L-Box</i>	$\geq 0,8$	-	-	(Türkel dan Kandemir, 2010)

2.3 Beton Karet

Empat jenis partikel ban bekas telah diklasifikasikan berdasarkan studi yang dilakukan oleh (Siddique et al, 2008), yang dinilai menurut ukuran partikelnya. Jenis ini terdiri dari ban celah (ban dibelah menjadi dua bagian), ban robek / terkelupas (ukuran partikelnya panjang 300–400 mm dengan lebar 100–230 mm), karet tanah (19– 0,15 mm), dan karet remah (4,75–0,075 mm). *Crumb rubber* telah dilaporkan memiliki ukuran nominal antara 4,75 mm (ayakan No. 4) dan 0,075 mm (ayakan No. 200). Partikel limbah ban yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet remah yang diperoleh dari unit uji coba industri lokal di Yordania. Ban bekas tersebut berasal dari sisa-sisa ban dari berbagai jenis kendaraan (kombinasi mobil dan truk) di Yordania. Sifat fisik *crumb rubber* yang relevan untuk penelitian ini adalah bentuk dan ukuran partikel. Menunjukkan analisis ayakan untuk partikel karet remah dan gerbang agregat halus (pasir) yang digunakan. Menunjukkan bahwa gradasi partikel karet remah dan pasir yang digunakan berada di antara batas minimum dan maksimum agregat halus yang ditentukan batas gradasi ACI. Ukuran partikel *crumb rubber* bervariasi dari 4,75 hingga 0,15 mm. *Crumb rubber* digunakan dalam campuran beton untuk menggantikan sebagian agregat halus

(pasir) dalam berbagai persen umur 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% (Batayneh dkk., 2008).

2.4 Karet Ban Vulkanisir

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil karet terbesar di dunia pada tahun 2016 Indonesia mempunyai luas areal perkebunan karet seluas 3.639.695 Ha dengan jumlah produksi karet sebesar 3.157.785 ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2015). Karet merupakan komoditas perkebunan yang sangat penting perannya untuk Indonesia, tetapi pemanfaatan karet yang ada masih kurang pemanfaatannya. Produksi karet terbesar yang ada di Indonesia terletak pada pulau Sumatera yaitu pada Provinsi Sumatera Selatan dengan luas perkebunan sebesar 662.686 Ha, sedangkan produksinya sebesar 840.000 ton (Harianto, 2017).

Karet remah umumnya menurunkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Namun, mereka juga menunjukkan bahwa *Crumbed Rubber Concrete* (CRC) memiliki indeks ketangguhan yang lebih tinggi - ketika 18% bahannya terdiri dari remah-remah karet, menjadi 11,8% lebih keras daripada beton tradisional (Juvas, 2004). Dengan menggunakan data ini, para peneliti mengembangkan beberapa rumus untuk memprediksi bagaimana hubungan tegangan-regangan dan modulus elastisitas *CRC* akan berubah dengan persentase karet yang bervariasi. Mereka juga membangun model numerik untuk memprediksi perilaku ini, yang secara konsisten setuju dengan hasil eksperimen mereka (Mills dan Skinner, 2018).

Karakteristik ikatan antara *CRC* dan lembaran profil baja. Ikatan ini sangat penting untuk aplikasi struktural pada beton bertulang, di mana kekuatan beton sangat ditingkatkan dengan jaringan baja yang tertanam di daerah tarik. Dalam tes skala kecil, para peneliti menyelidiki kekuatan ikatan baja-*CRC*, mencatat bahwa *CRC* memiliki kinerja yang mirip dengan beton konvensional saat mengikat baja. Perbedaan kekuatan ikatan antara kedua bahan kurang dari 4%. Hasil mereka menegaskan bahwa *CRC* memang bisa menjadi aplikasi yang layak untuk membuat pelat beton bertulang (Mills dan Skinner, 2018).

Berikut adalah beberapa penelitian yang menggunakan karet remah sebagai bahan substitusi beton, dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Tinjauan penggunaan karet ban vulkanisir.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis karet remah	Keterangan
(Niam dkk., 2018)	Studi kuat lentur balok beton menggunakan material daur ulang ban bekas pengganti agregat kasar	Beton normal	Karet ban limbah Crumroda kendaraan bermotor	Limbah ban bekas BCB 25%: 6,29 MPa, 50%: 6,2 MPa dan BCB 75%: 3,97 MPa
(Chandra, 2015)	Studi Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Menggunakan Limbah Ban (Tire) Sebagai Agregat	Beton normal	<i>Crumb rubber</i> dan <i>tire chips</i>	Kuat tekan rata-rata 28 hari berturut-turut 30.099 MPa; 22.655 MPa; 13.878; dan 10.585 MPa.
(Farhan dkk., 2021)	Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Beton Terhadap Daya Redam Getaran	Beton normal	Serbuk ban bekas	Pada variasi 5%; 10%; 15%, dan 20 % memiliki nilai kuat tekan 20,5 MPa 15,8 MPa, 12,9 MPa, dan 12,3 MPa.

2.5 Superplastisizer

Superplastisizer adalah suatu jenis bahan tambahan kimia yang memiliki fungsi untuk mengurangi kebutuhan air tetapi tetap mempertahankan *workability* campuran tersebut. *Workability* dalam beton SCC mencakup kriteria *filling ability*, *passing ability*, dan *segregation resistance* (Mariani, Victor, 2009).

Menurut (Amri, 2005) penambahan *superplastisizer* memberikan dampak untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan permeabilitas beton. Bahan dasar *superplastisizer* berasal dari *Sulphite Iye*, albumin, dan gula. Bahan ini mampu mempercepat waktu pengikatan. *Superplastisizer* dicampur dengan kalsium klorida untuk melawan pengaruh waktu yang disebut dengan retarder. Hal-hal yang mampu mempengaruhi fungsi *superplastisizer* yaitu:

1. Dosis dan kadar yang tidak sesuai.
2. Jenis dan gradasi agregat.
3. Tipe semen.

4. Susunan campuran.
5. Suhu pada saat pengerjaan.

Dosis yang disarankan untuk penggunaan *superplastisizer* adalah 1 sampai 2% dari berat semen. Dosis yang tidak sesuai dapat menyebabkan segregasi dan *prolonged set retardation*, serta berkurangnya kuat tekan beton (Imran, 2006).

2.6 Slump Flow

Slump flow berbeda dengan pengujian *slump* yang digunakan pada beton konvensional. Pada pengujian *slump flow* ini, alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang terletak diatas. Pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*filling ability*) dan mengetahui tingkat kelecakan beton yang mempermudah pengerjaannya (*workability*). Dalam pengujian dengan menggunakan *slump flow*, terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori dikatakan masuk dalam syarat *filling ability* yang baik. EFNARC mensyaratkan batas minimum *slump flow* pada SCC pada 65 cm dan batas maksimum pada 80 cm (Korua dkk., 2019).

Tes *Slump Flow* digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan mengalir) dan stabilitas. Peralatan yang digunakan dalam pengujian *slump flow* terdiri atas sebuah lingkaran berdiameter 500 mm -700 mm yang digambar pada sebuah permukaan datar. Alat uji kerucut (kerucut *abrams*) diisi dengan adonan beton kemudian setelah penuh, kerucut *abrams* diangkat ke atas sehingga adonan beton ringan membentuk sebuah lingkaran (Jananda dan Sofianto, 2018).

Berikut terdapat beberapa hasil penelitian beton yang pernah dilakukan, dapat dilihat beberapa nilai *slump flow* yang dirincikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Tinjauan nilai *slump flow*.

Nama & tahun	Judul	Jenis beton	Keterangan
(Safarizki, 2017)	Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata Dan Serat Fiber Pada <i>Self Compacting Concrete (SCC)</i>	Beton <i>SCC</i>	<i>Slump flow</i> beton <i>scc</i> 330mm Kuat tekan beton <i>scc</i> 5,45MPa
(Wongso dkk., n.d.)	Studi Perancangan <i>Self Compacting Concrete (SCC)</i> Untuk Beton Berkekuatan Tinggi (<i>High Performance Concrete</i>) Dengan Metode ACI	Beton <i>SCC</i>	<i>Slump flow</i> beton rata-rata sebesar 60 cm Kuat tekan beton $f_c' = 48,03\text{MPa}$
(Korua dkk., 2019)	Perilaku Mekanis <i>High Strength Self Compacting Concrete</i> Dengan Penambahan <i>Admixture</i> “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Lentur	Beton <i>SCC</i>	Nilai <i>slump</i> dengan rata-rata 75cm Kuat tekan beton terbesar 51,95 MPa

2.7 V- Funnel Test

Segregasi adalah suatu kejadian dimana agregat kasar dan agregat halus tidak menyatu secara sempurna akibat dari kurangnya kelecakan pada suatu beton, hal ini dapat diatasi dengan menggunakan *superplastisizer* dengan presentase yang sesuai. Alat ini juga berfungsi untuk mengetahui kemampuan beton segar dalam menahan segregasi (*segregation resistance*). *V-Funnel Test* di desain untuk mendeteksi banyaknya campuran agregat kasar pada beton sehingga kemampuan mengalir pada beton mengalami keterlambatan (Risdianto, 2010). Beberapa hasil penelitian beton yang pernah dilakukan, dapat dilihat beberapa nilai *v-funnel* yang dirincikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Tinjauan nilai *v-funnel test*.

Nama & tahun	Judul	Presentase Beton <i>Mix</i>	Keterangan (Detik)
(N. Su dkk., 2001)	Metode Desain Campuran Sederhana Untuk Beton Yang Memadatkan Sendiri	Faktor Pengepakan 1.12, 1.14, 1.16, 1.18	14 d, 12 d, 11 d, 7 d
(Korua dkk., 2019)	Perilaku Mekanis <i>High Strength Self Compacting Concrete</i> Dengan Penambahan <i>Admixture</i> “Beton <i>Mix</i> ” Terhadap Kuat Tarik Lentur	Variasi Beton 0 1,5 1,6 1,7	0 d 16 d 11 d 7 d

2.8 *L – Box Test*

Beton *SCC* memiliki kriteria melewati celah antar besi tulangan atau bagian-bagian sempit, yang disebut dengan *passingability* (Widianto Bagus, 2020) yang dapat diketahui melalui test *l-box*. Beberapa hasil penelitian beton yang pernah dilakukan, dapat dilihat beberapa nilai *l-box* yang dirincikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Tinjauan nilai *l-box test*.

Nama & tahun	Judul	Jenis beton	Keterangan (mm)
(N. Su dkk., 2001)	Metode Desain Campuran Sederhana Untuk Beton Yang Memadatkan Sendiri	<i>Self Compactig Concrete</i>	
		Faktor Pengepakan	74 mm
		1.12	72 mm
		1.14	68 mm
		1.16	57 mm
(Korua et al., 2019)	Perilaku Mekanis <i>High Strength Self Compacting Concrete</i> Dengan Penambahan <i>Admixture</i> “Beton <i>Mix</i> ” Terhadap Kuat Tarik Lentur	<i>Self Compactig Concrete</i>	
		Variasi Beton	-
		0	77 mm
		1,5	86 mm
		1,6	91 mm
	1,7		

2.9 Kuat Tekan (*Compressive Strength Test*)

Kekuatan tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan yang bekerja sampai terjadinya kegagalan (*failure*). Kekuatan tekan yang diukur adalah kekuatan tekan pasta, mortar dan beton terhadap beban yang diberikan. Kuat tekan dalam beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat-sifat lain. Kuat tekan biasanya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C_2S (*carbon disulfide*) yang memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C_2S memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama, C_3A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini akan semakin mengecil (Korua dkk., 2019).

Berikut terdapat beberapa hasil penelitian beton yang pernah dilakukan, dapat dilihat beberapa nilai kuat tekan yang dirincikan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Tinjauan nilai kuat tekan pada penelitian sebelumnya.

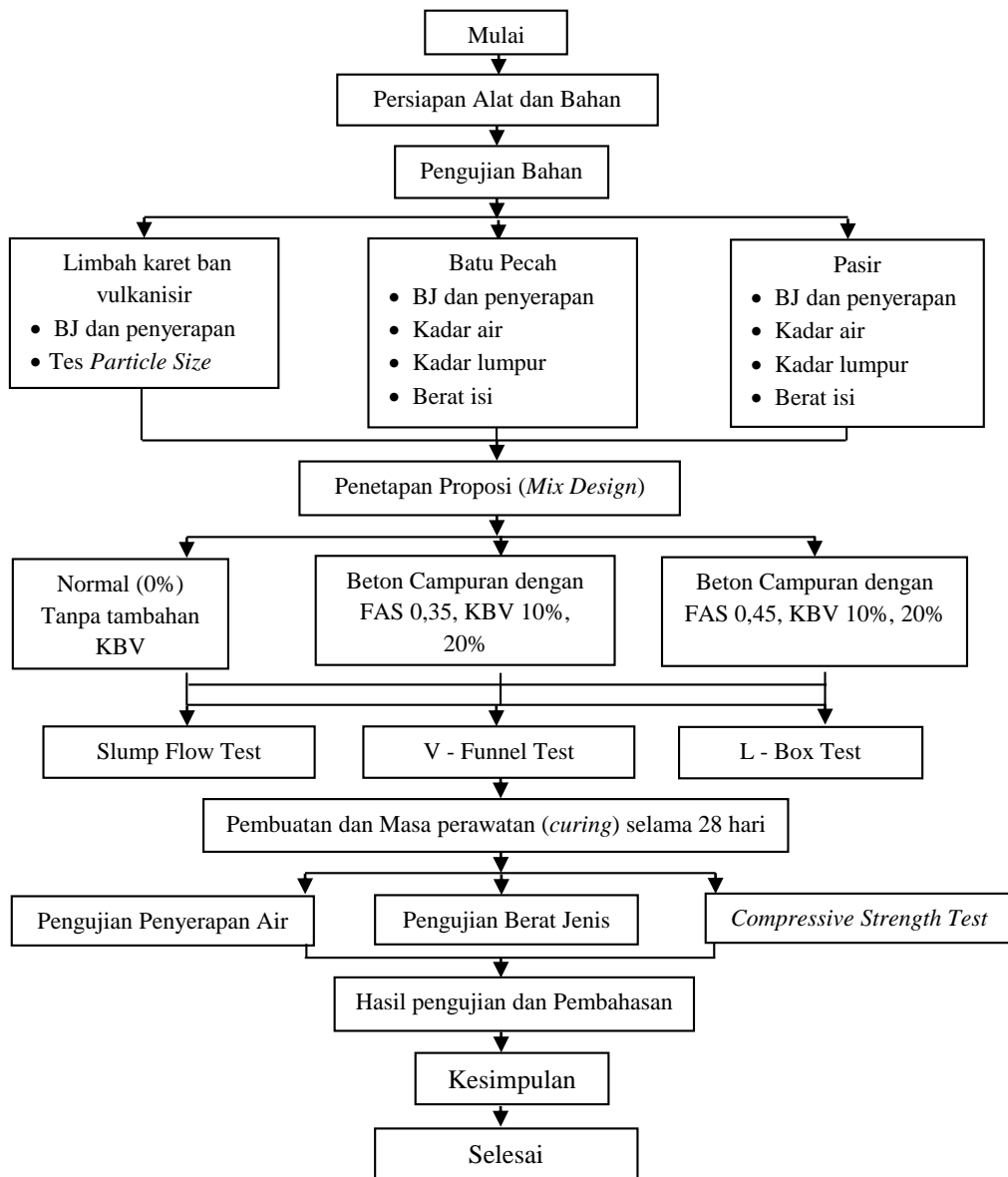
Nama & tahun	Judul	Penggantian (%)	Kekuatan relatif (Mpa)
(R. Roychan dkk., 2020)	Tinjauan Komprehensif Tentang Sifat Mekanik Beton Karet Ban Bekas	10, 15, 20, 25 5, 10, 15 25, 50, 75, 100 20, 40, 60, 80, 100 12,5, 25, 37,5, 50	43.5 MPa 55.0 MPa 31.9 MPa 9.4 MPa 30.8 MPa
(Korua dkk., 2019)	Perilaku Mekanis <i>High Strength Self Compacting Concrete</i> Dengan Penambahan <i>Admixture</i> “Beton <i>Mix</i> ” Terhadap Kuat Tarik Lentur	Beton SCC	57,62 MPa
(N. Su dkk., 2001)	Metode Desain Campuran Sederhana Untuk Beton Yang Memadatkan Sendiri	(0% beton karet)	27,5–54,9

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Langkah-langkah yang akan digunakan pada penelitian ini digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1: Bagan alir metode penelitian.

Gambar 3.1 di atas menunjukkan alur dari metode penelitian dimana pada proses awal, dilakukan:

1. Persiapan alat dan bahan

Sebelum memulai penelitian, perlu dilakukan proses persiapan dan pengecekan alat maupun persiapan bahan yang akan digunakan selama penelitian berlangsung. Hal ini dimaksudkan supaya mempermudah kinerja saat melakukan penelitian.

2. Pengujian bahan

Pengujian bahan yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur serta berat jenis agregat. Untuk bahan karet ban vulkanisir hanya dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan. Setelah pengujian dasar selesai dilakukan, lalu dapat merencanakan rancangan campuran.

3. *Mix design*.

Merencanakan rancangan campuran (*mix design*) beton scc merupakan hal yang penting sebelum melakukan pelaksanaan pengerjaan beton. Dalam *mix design* ditentukan pula semua proporsi yang akan digunakan.

4. Pencampuran bahan pengganti

Penggunaan bahan pengganti agregat halus adalah menggunakan karet ban vulkanisir (10% dan 20%).

5. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji adalah proses utama yang dilakukan dalam penelitian ini. Dilakukan pencampuran semua bahan penyusun beton yaitu pasir, semen, air, karet ban vulkanisir, *chemical admixture* yang telah ditentukan proporsinya saat *mix design*.

6. Pengujian *slump flow*

Dilakukan pengujian *slump flow* untuk mengetahui kemampuan *fillingability* yang dapat diketahui dari diameter lingkaran yang terbentuk dari beton segar.

7. Pengujian *v-funnel test*

Pengujian ini berfungsi untuk menilai kemampuan beton segar untuk menahan segregasi (*segregation resistance*) yang dilakukan dengan cara menghitung waktu penurunan beton segar dari alat tersebut, dengan ketentuan waktu yang sesuai dengan standart yang ditentukan.

8. Pengujian *L – Box Test*

Pengujian ini dilakukan untuk menilai suatu beton segar untuk melewati ruang-ruang sempit (*passingability*) seperti tulangan yang tersedia dalam alat.

9. Perawatan (*curing*)

Benda uji yang telah dicetak akan melalui proses perawatan (*curing*) dengan melakukan perendaman beton selama 28 hari.

10. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya pada benda uji tekan dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

11. Hasil pengujian

Setelah penelitian di Laboratorium telah selesai dilakukan, dilanjutkan pada pembahasan dan konsultasi analisa data pada dosen pembimbing.

12. Pembahasan dan kesimpulan

Setelah analisa telah dikerjakan secara keseluruhan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

13. Laporan tugas akhir

Tahapan selanjutnya adalah menyelesaikan laporan tugas akhir.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jenis penelitian ini adalah penelitian dengan metode eskperimen laboratorium.

Untuk waktu dan tempat penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pada tabel 3.1.

Tabel 3.1: Tempat dan waktu penelitian.

No	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Persiapan Alat Dan Bahan	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021
2	Proses Penimbangan Bahan- Bahan Sampel Yang Akan Diuji	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

3	Proses Pembuatan Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
4	Proses Perendaman Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Agustus 2021
6	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	September 2021

3.3 Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang maksimal, maka dibutuhkan peralatan dan bahan yang berkualitas guna memenuhi persyaratan yang berlaku. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Sebagian besar alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Peralatan yang tidak ada seperti *l-box test*, *v-funnel test*, sarung tangan, masker, dan lain sebagainya dtempah dan dibeli di toko-toko terdekat. Alat-alat yang digunakan antara lain sebagai berikut:

Peralatan material:

1. Saringan halus, meliputi: No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, Pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi pasir dan bahan tambah.
2. Saringan kasar, meliputi: No. 1, No. 3/4, No. 3/8, No. 1/2, No. 4, Pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi batu pecah.
3. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang berat bahan yang digunakan secara akurat.

4. Gelas ukur, digunakan untuk takaran air, dan *admixtures* yang digunakan dalam pengerjaan beton *SCC*.
5. *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu pengujian.
6. Piknometer, digunakan untuk melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dari pasir, limbah karet ban vulkanisir.
7. Oven, digunakan untuk mengeringkan sampel bahan.
8. Wadah atau ember, digunakan sebagai tempat air perendaman sampel.
9. Cetakan beton kubus dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm.
10. Plastik ukuran 10 kg, sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk *dimixer*.
11. Pan, digunakan untuk menjemur agregat halus serta untuk alas pengaduk beton.
12. Satu set alat *slump flow test*, yang terdiri: kerucut *abrams*, mistar, dan plat.
13. Satu set alat *v-funnel test*.
14. Satu set alat *l-box test*.
15. Skop tangan dan alat cetok, digunakan untuk mencampurkan mortar, menuangkan mortar ke cetakan dan meratakan permukaan mortar dalam cetakan.
16. *Vaseline* dan kuas, digunakan untuk melapisi cetakan agar beton tidak lengket dan menempel dalam cetakan.
17. Mesin pengaduk beton (*mixer*), digunakan untuk mencampur semua bahan hingga membentuk adonan mortar.
18. Bak perendam, digunakan untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
19. Mesin kuat tekan (*compression test machine*), digunakan untuk mengukur kuat tekan beton.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton *self compacting concrete* adalah sebagai berikut:

1. Limbah Karet Ban Vulkanisir

Sedangkan pengumpulan limbah karet ban vulkanisir diperoleh dari pabrik ban masak CV. Roda Mas Vulkanisir di Jl. Medan – Binjai No. Km15, Sumatera Utara.

2. Semen

Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe 1 PCC dengan merk Andalas sesuai dengan ketentuan dalam ASTM C 796.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah yang tertahan pada ayakan No.4. Pada penelitian ini, agregat kasar yang akan digunakan diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai.

4. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berupa butiran pasir yang lolos pada ayakan No.4. Pada penelitian ini, agregat halus yang akan digunakan diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai.

5. *Chemical Admixture*

Chemical Admixture yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *Sika Viscoflow 3660 Ir* yang dibeli dari *Marketplace*.

6. Air

Air yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang akan digunakan merupakan air bersih yang layak diminum, sehingga telah memenuhi syarat penggunaan air pada beton.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimental, dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa beton SCC (*self compacting concrete*) dengan nilai F.A.S sebesar 0,35 dan 0,45, serta penggunaan *sika viscoflow 3660 Ir* adalah 1,2%.

Kemudian selanjutnya untuk penggantian semen sebagian dengan ASP dan penggantian pasir sebagian dengan KBV dilakukan dengan variasi sebagai berikut

3.4.1 Variasi 0% (Normal)

Tidak ada penambahan campuran limbah karet ban vulkanisir pada variasi ini. Hal ini didasarkan bahwa variasi ini adalah variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

3.4.2 Variasi KBV 10%

Penggunaan agregat halus pada variasi ini dikurangi sebesar 10% dari berat keseluruhan agregat halus yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran karet ban vulkanisir sebesar 10% berat keseluruhan agregat halus.

3.4.3 Variasi KBV 20%

Penggunaan agregat halus pada variasi ini dikurangi sebesar 20% dari berat keseluruhan agregat halus yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran karet ban vulkanisir sebesar 20% berat keseluruhan agregat halus.

Penelitian dilakukan dengan memperlakukan sampel benda uji dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan sistematis sehingga diperoleh data yang valid.

3.5 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap penyusunan laporan penelitian. Menyusun tahapan penelitian dengan baik merupakan salah satu faktor penunjang berhasilnya suatu penelitian. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:

3.5.1 Tahapan Persiapan

Pada tahapan persiapan, aktivitas yang dilakukan berupa studi *literature*, pengumpulan alat dan bahan, serta membuat rancangan penelitian dengan metode eksperimen. karet ban vulkanisir digunakan sebagai campuran pengganti agregat halus sebagian dengan berbagai variasi yaitu, 10% dan 20%. Kemudian beton tersebut akan dibandingkan dengan variasi 0% sebagai variasi pengontrol. Dalam proses persiapan bahan material dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2: Persiapan bahan material

3.5.2 Pengadaan dan Pemeriksaan Bahan

Pengadaan dan pemeriksaan bahan dilakukan di dalam lingkungan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: semen, pasir, karet ban vulkanisir, air, dan *admixtures*.

Pemeriksaan dilakukan guna untuk memeriksa dan memastikan kualitas bahan penyusun beton *SCC*. Untuk menghasilkan beton yang memiliki kualitas tinggi, maka diperlukan pula bahan yang telah memenuhi persyaratan. Pemeriksaan dilakukan pada semua bahan yang akan digunakan.

1. Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus ditujukan untuk mengetahui kelayakan pasir sebagai bahan pencampur dan pembentuk beton. Ada beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada pasir, yaitu:

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis pasir dalam keadaan SSD serta mengetahui penyerapan yang terjadi saat keadaan SSD.
- b. Pemeriksaan berat jenis pasir, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis pasir, baik dalam keadaan lepas maupun padat.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur pasir, tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa banyak kadar lumpur yang terkandung dalam pasir.
- d. Pemeriksaan kadar air pasir, tujuannya adalah untuk mengetahui kandungan air pada pasir.

2. Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar ditujukan untuk mengetahui kelayakan batu pecah sebagai bahan pencampur dan pembentuk beton. Ada beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada batu pecah, yaitu:

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis batu pecah dalam keadaan SSD serta mengetahui penyerapan yang terjadi saat keadaan SSD.
- b. Pemeriksaan berat jenis batu pecah, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis batu pecah, baik dalam keadaan lepas maupun padat.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur batu pecah, tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa banyak kadar lumpur yang terkandung dalam batu pecah.
- d. Pemeriksaan kadar air batu pecah, tujuannya adalah untuk mengetahui kandungan air pada batu pecah.

3. Semen

Pemeriksaan semen yang dilakukan hanya melalui visual, yaitu bahwa semen tidak mengandung material lainnya serta memiliki butiran halus yang seragam dan tidak adanya gumpalan-gumpalan pada semen yang dapat mengurangi sifat ikatan yang dimiliki oleh semen.

4. Air

Pemeriksaan air yang dilakukan hanya melalui visual air yang digunakan yaitu bahwa air merupakan air bersih yang tidak mengandung minyak, lumpur ataupun zat kimia lainnya. Air yang digunakan merupakan air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah sesuai dengan persyaratan air minum.

5. Karet Ban Vulkanisir

Pemeriksaan yang dilakukan dari bahan pengganti agregat halus ini adalah pemeriksaan *particle size*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran karet ban vulkanisir yang digunakan adalah yang lolos saringan no. 4 (4,75mm).



Gambar 3.3: Karet ban vulkanisir.

6. *Chemical Admixture*

Pemeriksaan *chemical admixture* juga dilakukan hanya melalui visual, yaitu tidak terdapat kotoran yang terkandung pada *chemical admixture* yang digunakan.



Gambar 3.4: Sika viscoflow 3660 lr.

3.6 Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan

Langkah-langkah pemeriksaan material yang digunakan berfungsi untuk mengetahui beberapa pengaruh penyerapan pada material dan mengetahui berat jenis material agar dapat mempertimbangkan jumlah kadar air atau yang lainnya.

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

1. Tujuan: Untuk menentukan berat jenis pasir dalam keadaan SSD
2. Peralatan:
 - a. Piknometer.

- b. Kompor spitus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan: Pasir dalam keadaan SSD dan air
4. Prosedur:
- a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali ***D**
 - b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel pasir seberat 500 gram ***B**
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh ***D**
 - d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama 3×5 menit. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.
 - e. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
 - f. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama ± 24 jam.
 - g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel pasir yang tertinggal di piknometer.
 - h. Masukkan wadah kedalam oven dengan suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. ***E**
 - j. Perhitungan:

Berat jenis contoh kering:

$$\frac{E}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.1})$$

Berat jenis contoh SSD:

$$\frac{B}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.2})$$

Berat jenis contoh semu:

$$\frac{E}{(E+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.3})$$

Penyerapan:

$$\left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.4})$$

3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

1. Tujuan: Untuk menentukan berat jenis pasir baik dalam keadaan lepas maupun padat.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan.
 - b. Tongkat pemadat.
 - c. Wadah berbentuk silinder.
3. Bahan:
 - a. Pasir SSD.
 - b. Prosedur:
4. Prosedur:
 - ❖ Tanpa rojokan
 - a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering serta ukur tinggi dan diameternya.
 - b. Isi silinder dengan pasir dan ratakan permukaannya.
 - c. Timbang wadah silinder beserta pasir tersebut.
 - d. Hitung berat pasirnya dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder.
 - e. Hitung volume dari wadah silinder. *G
 - ❖ Dengan rojokan
 - a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering serta ukur tinggi dan diameternya.
 - b. Isi silinder dengan pasir sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian dari tinggi wadah dan rojok disetiap bagian sebanyak 25 kali. Lakukan hal serupa untuk bagian $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$.
 - c. Khusus untuk lapisan terakhir, ketinggian pasir harus melebihi tinggi wadah silinder.
 - d. Ratakan permukaan pasir dengan tinggi silinder dan timbang.

- e. Hitung berat pasirnya dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder. *F
- f. Hitung volume dari wadah silinder. *G
- g. Perhitungan:

$$\text{Berat jenis Pasir} = \frac{F}{G} \quad (\text{Pers. 3.5})$$

3.6.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

1. Tujuan: Untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam pasir
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
3. Bahan:
 - a. Pasir tertahan ayakan no.4
 - b. Ayakan no. 200
 - c. Air
4. Prosedur:
 - a. Timbang pasir sebanyak 700 gram. Letakkan pasir ke dalam wadah. *A
 - b. Ambil air dan bersihkan pasir dengan air. Kemudian pisahkan air dengan pasir menggunakan ayakan no.200. Ulangi langkah ini hingga pasir menjadi benar-benar bersih.
 - c. Keringkan pasir dengan cara memasukkan ke dalam oven bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - d. Setelah ± 24 jam, keluarkan pasir dari oven kemudian dinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - e. Timbang dan catat berat pasir setelah dioven. *H
 - f. Perhitungan:

Kadar lumpur:

$$\frac{A-H}{A} \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.6})$$

3.6.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

1. Tujuan: Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir
2. Peralatan:
 - a. Timbangan
 - b. Wadah
 - c. Oven
3. Bahan:
4. Prosedur:
 - a. Timbang pasir dalam kondisi SSD (*W1).
 - b. Masukkan pasir kedalam oven dengan bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - c. Keluarkan pasir dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - d. Timbang pasir tersebut (*W2)..
 - e. Perhitungan:
Kadar air:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.7})$$

3.6.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

1. Tujuan: Untuk menentukan berat jenis Agregat Kasar dalam keadaan SSD.
2. Peralatan:
 - a. Saringan no. 3/4.
 - b. Saringan no. 4.
 - c. Timbangan gantung.
 - d. Keranjang kawat.
 - e. Oven, dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - f. Pan.
 - g. Ember
3. Bahan:
 - a. Batu pecah yang tertahan saringan no. 4.
4. Prosedur:
 - a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
 - b. Kering benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.

- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang.
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
- e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengering harus satu per satu.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
- g. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang terserap dan menentukan beratnya dalam air (Ba).
- h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25°C).
- i. Perhitungan:

Berat jenis contoh kering:

$$\frac{E}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.8})$$

Berat jenis contoh SSD:

$$\frac{B}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.9})$$

Berat jenis contoh semu:

$$\frac{E}{(E+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.10})$$

Penyerapan:

$$\left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.11})$$

3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

1. Tujuan: Untuk menentukan berat jenis batu pecah baik dalam keadaan lepas maupun padat.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan.
 - b. Saringan no. 4.
 - c. Pan.
 - d. Wadah silinder.
3. Bahan:
 - a. Batu pecah SSD.
4. Prosedur:

- a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering.
- b. Isi silinder dengan batu pecah.
- c. Timbang wadah silinder beserta batu pecah tersebut.
- d. Hitung berat batu pecah dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder.
- e. Hitung volume dari wadah silinder.

3.6.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

1. Tujuan: Untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam batu pecah.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
3. Bahan:
 - a. Batu pecah tertahan ayakan no.4
 - b. Ayakan no. 200
 - c. Air
4. Prosedur:
 - a. Timbang batu pecah sebanyak 700 gram. Letakkan batu pecah ke dalam wadah. ***A**
 - b. Ambil air dan bersihkan batu pecah dengan air. Kemudian pisahkan air dengan batu pecah menggunakan ayakan no.200. Ulangi langkah ini hingga batu pecah menjadi benar-benar bersih.
 - c. Keringkan batu pecah dengan cara memasukkan ke dalam oven bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - d. Setelah ± 24 jam, keluarkan pasir dari oven kemudian dinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - e. Timbang dan catat berat batu pecah setelah dioven. ***H**
 - f. Perhitungan:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A-H}{A} \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.12})$$

3.6.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

1. Tujuan: Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam batu pecah.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
 - d. Sekop tangan.
3. Bahan:
 - a. Batu pecah tertahan ayakan no.4
4. Prosedur:
 - a. Timbang batu pecah dalam kondisi SSD (*W1).
 - b. Masukkan batu pecah kedalam oven dengan bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - c. Keluarkan batu pecah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - d. Timbang batu pecah tersebut (*W2)..
 - e. Perhitungan:

Kadar air:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

(Pers. 3.13)

3.7 Mix Design

Tabel 3.2: Komposisi Campuran Beton

Uraian		VARIASI (KBV/ASP)		
		Var 0/0	Var 10%	Var IIIA 20/0
FAS 0,35	Semen (Kg)	4,400	4,400	4,400
	Pasir (Kg)	7,976	6,780	6,381
	Batu Pecah (Kg)	4,736	4,736	4,736
	Air(ml)	1540,0	1540,0	1540,0
	Sika (ml)	49,280	61,000	61,000
	Filler KBV	0,000	1,196	1,595
FAS 0,45	Semen (Kg)	4,400	4,400	4,400
	Pasir (Kg)	7,976	6,780	6,381
	Batu Pecah (Kg)	4,736	4,736	4,736
	Air(ml)	1980,0	1980,0	1980,0
	Sika (ml)	49,280	61,000	61,000
	Filler KBV	0,000	1,196	1,595

3.8 Percobaan *Slump Flow*

1. Tujuan: Untuk memeriksa kelecakan (*fillingability*) pada adonan beton SCC yang telah dibuat.
2. Peralatan:
 - a. Kerucut *abrams*.
 - b. Meteran atau penggaris.
 - c. Sendok semen dan cetok.
 - d. Alas *slump flow*.
3. Bahan:
 - a. Adonan beton SCC
4. Prosedur:
 - a. Letakkan kerucut *abrams* di atas alas yang telah disediakan. Kerucut *abrams* harus diletakkan secara terbalik, dimana lubang dengan diameter terkecil berada dibawah dan menyentuh alas.
 - b. Tekan kerucut *abrams* pada alas.
 - c. Ambil adonan beton menggunakan sendok semen. Kemudian tuangkan kedalam kerucut *abrams* hingga penuh.
 - d. Setelah penuh ratakan permukaan adonan beton setinggi kerucut *abrams*.
 - e. Angkat kerucut *abrams* dan biarkan adonan beton menyebar pada alas.
 - f. Ukur diameter terbesar dan terkecil dari sebaran beton tersebut.
 - g. Perhitungan:

$$\text{Slump Flow: } \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (\text{Pers. 3.14})$$



Gambar 3.5: Pemeriksaan *slump flow*.

3.9 Pengujian V-Funnel Test

1. Tujuan: Untuk memeriksa kemampuan pengisian (*segregation resistance*) pada adonan beton *SCC* yang telah dibuat.
2. Peralatan:
 - a. Alat *V-funnel* test.
 - b. Lap atau busa.
 - c. Stopwatch.
 - d. Waterpass.
 - e. Ember
3. Bahan:
 - a. Adonan beton *SCC*.
4. Prosedur:
 - a. Mempersiapkan alat pada permukaan yang rata.
 - b. Berishkan alat dengan busa agar tidak menambah kadar air pada beton *SCC*.
 - c. Tutup katup bagian bawah *v-funnel* test.
 - d. Masukkan beton *SCC* ke dalam alat *v funnel* test sebanyak ± 12 liter.
 - e. Ratakan permukaan alat dan tunggu selama 10 ± 2 detik sebelum dilakukan pembukaan pada katup.
 - f. Letakkan wadah dibawah *v-funnel test*.
 - g. Buka katup bagian bawah *v-funnel test* sembari menghitung waktu dengan *stopwatch* sampai seluruh beton *SCC* keluar dari alat *v-funnel test*.
 - h. Apabila beton mengalir secara putus-putus, maka ulangi kembalipercobaan. Jika hal ini terjadi lebih dari 2 kali, maka beton *SCC* tersebut tidak dapat digolongkan ke dalam *self compacting concrete*.



Gambar 3.6: Pemeriksaan *v-funnel*.

3.10 Pengujian L-Box Test

1. Tujuan: Untuk memeriksa kemampuan melewati kondisi tulangan (*passingability*) pada adonan beton *SCC* yang telah dibuat.
2. Peralatan:
 - a. Alat *L-Box* test.
 - b. Lap atau busa.
 - c. Meteran.
 - d. Stopwatch.
 - e. Waterpass.
 - f. Ember.
3. Bahan:
 - a. Adonan beton *SCC*.
4. Prosedur:
 - a. Mempersiapkan alat pada permukaan yang rata.
 - b. Berishkan alat dengan busa agar tidak menambah kadar air pada beton *SCC*.
 - c. Tutup sisi vertikal pada sudut *l-box test* sebelum diisi dengan beton *SCC*.
 - d. Masukkan beton segar secara perlahan, kemudian diamkan selama 1 menit ± 10 detik, serta lakukan pengecekan secara manual untuk memantau apakah beton tersebut mengalami segregasi atau tidak.
 - e. Ratakan permukaan alat.
 - f. Buka katup geser *l-box test* hingga beton segar mengalir ke luar bagian horizontal.

- g. Secara bersamaan hitung waktu turunnya beton *SCC* dengan menggunakan *stopwatch* dan catat waktu sampai mencapai 200 mm – 400 mm dan untuk T20, T40, serta untuk ratio *l – box test* adalah H2 – H1 sampai dengan titik akhir pengaliran beton.
- h. Ukur sisi vertikal dengan menggunakan meteran lalu ambil tiga rata-rata, dan ukur kembali sisi horizontal dan diambil pula tiga rata-rata. Dimana H2 adalah horizontal dan H1 adalah vertikal.
- i. Seluruh pengujian harus dilakukan selama lima menit.



Gambar 3.7: Pemeriksaan *l-box*.

3.11 Percobaan Mencetak dan Merendam Beton

1. Tujuan: Untuk membuat benda uji kubus yang kemudian akan dievaluasi mutunya.
2. Peralatan:
 - a. Cetakan kubus 100 mm × 100 mm.
 - b. Pelumas (vaseline) dan kuas.
 - c. Sendok semen dan cetok.
 - d. Spidol atau stipo.
 - e. Bak Perendam.
3. Bahan:
 - a. Adonan beton *SCC*.

- b. Air.
4. Prosedur:
- a. Siapkan cetakan yang telah dibersihkan dari kotoran yang menempel.
 - b. Olesi cetakan menggunakan pelumas atau vaselin hingga merata, hal ini dilakukan agar mempermudah saat proses pelepasan cetakan.
 - c. Isi cetakan dengan adonan beton SCC hingga memenuhi cetakan.
 - d. Ratakan permukaan beton sesuai tinggi cetakan menggunakan cetok.
 - e. Letakkan cetakan yang telah terisi ditempat yang rata dan bebas dari getaran.
 - f. Biarkan cetakan selama 24 jam
 - g. Setelah 24 jam, lepaskan beton dari cetakan dan berilah tanda menggunakan spidol anti air atau stipo. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan proses pengidentifikasian beton SCC.
 - h. Timbang beton SCC yang telah ditandai tersebut.
 - i. Masukkan beton SCC yang telah ditimbang ke dalam bak perendam berisi air.
 - j. Biarkan beton di dalam bak perendam sesuai umur rencana beton SCC.
 - k. Setelah mencapai umur rencana yang diinginkan, keluarkan beton SCC dari bak perendam dan biarkan hingga kering sempurna sebelum di lakukan pengujian kuat tekan.



Gambar (a)

Gambar (b)

Gambar 3.8 Mencetak beton SCC; (a) Merendam beton; (b)

3.12 Test Kuat Tekan

1. Tujuan: Untuk mengetahui kekuatan tekan hancur beton *SCC* terhadap pembebanan.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Mesin kuat tekan.
3. Bahan:
 - a. Beton *SCC*.
4. Prosedur:
 - a. Timbang masing-masing beton *SCC*.
 - b. Letakkan beton *SCC* pada alat tekan. Pilih permukaan beton yang rata sebagai bidang yang akan diberi beban.
 - c. Siapkan kamera agar dapat membaca pembebanan secara akurat.
 - d. Gerakkan handle ke kanan dan tekan tombol penggerak (selama pengetesan tombol tidak boleh dilepas).
 - e. Jika beton ringan telah terlihat retak dan grafik pembebanan telah menunjukkan nilai yang menurun, maka hentikan pengetesan.
 - f. Catat nilai pembebanan yang telah tertera pada mesin kuat tekan.
 - g. Perhitungan:

$$\text{Kuat tekan } (f_c): \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 3.15})$$

Dimana:

f_c = Kekuatan tekan beton (Mpa).

P = Gaya tekan maksimum (kN).

A = Luas penampang beton (m^2).

3.13 Analisa Data

Adapun analisa dari setiap penelitian diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Berat jenis dari material pasir, batu pecah dan bahan pengganti diperoleh dari pengujian berat jenis.
2. Nilai kadar air diperoleh dari pengukuran kadar air pada pasir, batu pecah dan bahan pengganti.
3. Nilai kuat tekan beton pada penelitian ini diperoleh dari setiap sampel beton ringan *SCC* yang diuji pada umur rencana 28 hari.
4. Grafik kuat tekan beton dapat dianalisa pada umur 28 hari setelah semua sampel beton selesai diuji.
5. Persentase dari setiap campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Dalam penelitian ini penulis memperoleh data-data yang dapat digunakan pada penelitian terdahulu. Setelah melakukan pemeriksaan dasar, maka diperoleh nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 4.1 yang dapat digunakan sebagai perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan kuat tekan rencana 35 MPa dengan menggunakan metode EFNARC (*The European Guidelines fot Self-Compacting Concrete*).

Tabel 4.1: Hasil pemeriksaan dasar.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716 gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571 gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,322 gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,485 gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,752 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,730 %
13.	Nilai slump rencana	350-600 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	20 Mm

4.2 Mix Design

Dalam penelitian kali ini penulis menggunakan metode EFNARC (*The European Guidelines fot Self-Compacting Concrete*) serta jurnal-jurnal terdahulu

yang relevan sebagai acuan dalam pembuatan *mix design* beton *self compacting concrete*.

Pehitungan ini berdasarkan pada volume cetakan yang akan digunakan dalam satu kal pembuatan benda uji. Dalam campuran beton per 1 m³ menggunakan FAS sebesar 0,35 dan 0,45.

4.3 Perhitungan *Mix Design*

Dalam penelitian ini pembuatan sampel dalam masing-masing variasi adalah sebanyak tiga buah sampel yang akan dicetak dengan total keseluruhan berjumlah 18 sampel. Jumlah campuran yang dibutuhkan untuk membuat tiga sampel dalam satu kali *mix* dalam rencana adukan beton sebanyak 1 m³ adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m³ untuk beton normal.

Uraian	Jumlah	FAS
Semen (kg)	550	0,35
Pasir (kg)	997	
Kerikil (kg)	592	
Air (L)	192,50	
<i>Admixture</i> (L)	6,16	
Semen (kg)	550	0,45
Pasir (kg)	997	
Kerikil (kg)	592	
Air (L)	247,50	
<i>Admixture</i> (L)	6,16	

Tabel 4.3: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m³ untuk beton variasi dengan FAS 0,35.

Uraian	Variasi	
	KBV 10%	KBV 20%
Semen (kg)	550	550
Pasir (kg)	997	997
Kerikil (kg)	592	592
Air (L)	227,39	262,29
KBV (kg)	99,7	199,4
<i>Admixture</i> (L)	6,6	6,6

Tabel 4.4: Komposisi campuran beton scc dalam 1 m³ untuk beton variasi dengan FAS 0,45.

Uraian	Variasi	
	KBV 10%	KBV 20%
Semen (kg)	550	550
Pasir (kg)	997	997
Kerikil (kg)	592	592
Air (L)	292,36	337,23
KBV (kg)	99,7	199,4
Admixture (L)	6,6	6,6

1. Normal dan variasi

- a. Jumlah semen (C) = 550 kg/m³
- b. Jumlah pasir (ws) = pf x wsl x (60%)
= 1,12 x 1.485 x (60%)
= 997 kg/m³
- c. Jumlah batu pecah (wg) = pf x wgl x (1 – 40%)
= 1,12 x 1.322 x (1 – 40%)
= 592 kg/m³
- d. Jumlah air beton normal (ww) = FAS 0,35
= C x FAS
= 550 x 0,35
= 192,50 L
- e. Jumlah air beton normal (ww) = FAS 0,45
= C x FAS
= 550 x 0,45
= 247,50 L
- f. Jumlah air beton variasi (ww) pada FAS 0,35 dan KBV 10%
= (C + wkbv) x FAS
= (550 + 99,7) x 0,35
= 227,39 L
- g. Jumlah air beton variasi (ww) pada FAS 0,35 dan KBV 20%
= (C + wkbv) x FAS

$$= (550 + 199,4) \times 0,35$$

$$= 262,29 \text{ L}$$

h. Jumlah air beton variasi (ww) pada FAS 0,45 dan KBV 10%

$$= (C + wkbv) \times \text{FAS}$$

$$= (550 + 99,7) \times 0,45$$

$$= 292,36 \text{ L}$$

i. Jumlah air beton variasi (ww) pada FAS 0,45 dan KBV 20%

$$= (C + w \text{ asp}) \times \text{FAS}$$

$$= (550 + 199,4) \times 0,45$$

$$= 337,23 \text{ L}$$

j. Jumlah *admixture* (wsp)

$$= \frac{C \times \text{kadar penggunaan admixture}}{\text{berat jenis admixture}}$$

$$= \frac{550 \times 1,2\%}{1,07}$$

$$= 6,16 \text{ L}$$

Kebutuhan bahan tambah pada beton variasi karet ban vulkanisir (KBV) adalah sebagai berikut:

Penggunaan KBV diberikan secara konstan dengan perhitungan:

a. Jumlah KBV (wkbv) = ws x jumlah KBV

Variasi 10% = 997 x 10%

$$= 99,7 \text{ kg/m}^3$$

Variasi 20% = 997 x 20%

$$= 199,4 \text{ kg/m}^3$$

Pada saat pembuatan beton, dalam sekali pengadukan digunakan sebanyak 3 volume benda uji. Hal ini dilakukan untuk pengujian *slump flow* serta mengantisipasi adanya kekurangan beton segar akibat adanya kesalahan perhitungan.

Tinggi Kubus = 10 cm = 0,10 m

Lebar Kubus = 10 cm = 0,10 m

Maka, volume kubus yaitu :

Volume 1 benda uji = 0,10 m x 0,10 m x 0,10 m = 0,001 m³

Volume 3 benda uji = 3 x volume 1 benda uji

$$= 8 \times 0,001 \text{ m}^3 = 0,008 \text{ m}^3$$

Tabel 4.5: Komposisi campuran beton normal dalam 0,008 m³ dengan FAS 0,35.

Uraian	Jumlah
Semen (kg)	4,40
Pasir (kg)	7,97
Kerikil (kg)	4,73
Air (mL)	1.540
<i>Admixture</i> (mL)	49,28

Tabel 4.6: Komposisi campuran beton normal dalam 0,008 m³ dengan FAS 0,45.

Uraian	Jumlah
Semen (kg)	4,40
Pasir (kg)	7,97
Kerikil (kg)	4,73
Air (mL)	1.980
<i>Admixture</i> (mL)	49,28

Rincian data beton normal dengan volume beton 0,008 m³ adalah sebagai berikut:

1. FAS 0,35

Penggunaan semen = jumlah semen x volume benda uji
 $= 550 \times 0,008$
 $= 4,40 \text{ kg/m}^3$

Penggunaan pasir = jumlah pasir x volume benda uji
 $= 997 \times 0,008$
 $= 7,97 \text{ kg/m}^3$

Penggunaan batu pecah = banyak batu pecah x volume benda uji
 $= 592 \times 0,008$
 $= 4,73 \text{ kg/m}^3$

Penggunaan air = jumlah air x volume benda uji

$$\begin{aligned}
&= 192,5 \times 0,008 \\
&= 1,54 \text{ liter} \\
&= 1.540 \text{ ml} \\
\text{Penggunaan admixture} &= \text{jumlah SP} \times \text{volume benda uji} \\
&= 6,16 \times 0,008 \\
&= 0,04928 \text{ liter} \\
&= 49,28 \text{ ml}
\end{aligned}$$

2. FAS 0,45

$$\begin{aligned}
\text{Penggunaan semen} &= \text{jumlah semen} \times \text{volume benda uji} \\
&= 550 \times 0,008 \\
&= 4,4 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Penggunaan pasir} &= \text{jumlah pasir} \times \text{volume benda uji} \\
&= 997 \times 0,008 \\
&= 7,97 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Penggunaan batu pecah} &= \text{banyak batu pecah} \times \text{volume benda uji} \\
&= 592 \times 0,008 \\
&= 4,73 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Penggunaan air} &= \text{jumlah air} \times \text{volume benda uji} \\
&= 247,50 \times 0,008 \\
&= 1,98 \text{ liter} \\
&= 1.980 \text{ ml}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Penggunaan admixture} &= \text{jumlah SP} \times \text{volume benda uji} \\
&= 6,61 \times 0,008 \\
&= 0,04928 \text{ liter} \\
&= 49,28 \text{ ml}
\end{aligned}$$

Tabel 4.7: Komposisi campuran beton variasi dalam 0,008 m³ dengan FAS 0,35.

Uraian	Variasi	
	10%	20%
Semen (kg)	4,40	4,40
Pasir (kg)	7,18	6,38

Kerikil (kg)	4,73	4,73
Air (mL)	1.540	1.540
<i>Admixture</i> (mL)	49,28	49,28
KBV (kg)	0,79	1,59

Tabel 4.8: Komposisi campuran beton variasi dalam 0,008 m³ dengan FAS 0,45.

Uraian	Variasi	
	10%	20%
Semen (kg)	4,40	4,40
Pasir (kg)	7,18	6,38
Kerikil (kg)	4,73	4,73
Air (mL)	1.980	1.980
<i>Admixture</i> (mL)	49,28	49,28
KBV (kg)	0,79	1,59

Rincian data beton variasi volume beton 0,008 m³ adalah sebagai berikut:

1. Variasi 10% FAS 0,35%

Penggunaan semen = jumlah semen
= 4,40 kg

Penggunaan pasir = jumlah pasir – *filler* KBV
= 7,97 – 0,79
= 7,18 Kg

Penggunaan kerikil = jumlah batu pecah x volume benda uji
= 592 x 0,008
= 4,73 kg/m³

Penggunaan air = jumlah air x volume benda uji
= 192,50 x 0,008
= 1,54 liter
= 1.540 ml

Penggunaan *admixture* = jumlah SP x volume benda uji

	$= 6,16 \times 0,008$ $= 0,04928 \text{ liter}$ $= 49,28 \text{ ml}$
Penggunaan KBV	$= 10\% \times \text{jumlah pasir}$ $= 10\% \times 7,97$ $= 0,79 \text{ kg/m}^3$
2. Variasi 20% FAS 0,45	
Penggunaan semen	$= \text{jumlah semen}$ $= 4,40 \text{ kg}$
Penggunaan pasir	$= \text{jumlah pasir} - \text{filler KBV}$ $= 7,97 - 1,59$ $= 6,38 \text{ kg}$
Penggunaan batu pecah	$= \text{jumlah batu pecah} \times \text{volume benda uji}$ $= 592 \times 0,008$ $= 4,73 \text{ kg/m}^3$
Penggunaan air	$= \text{jumlah air} \times \text{volume benda uji}$ $= 247,50 \times 0,008$ $= 1,98 \text{ liter}$ $= 1.980 \text{ ml}$
Penggunaan <i>admixture</i>	$= \text{jumlah SP} \times \text{volume benda uji}$ $= 6,16 \times 0,008$ $= 0,04928 \text{ liter}$ $= 49,28 \text{ ml}$
Penggunaan KBV	$= 20\% \times \text{jumlah pasir}$ $= 20\% \times 7,97$ $= 1,59 \text{ kg/m}^3$
3. Variasi 10% FAS 0,35%	
Penggunaan semen	$= \text{jumlah semen}$ $= 4,40 \text{ kg}$
Penggunaan pasir	$= \text{jumlah pasir} - \text{filler KBV}$ $= 7,97 - 0,79$ $= 7,18 \text{ Kg}$

Penggunaan kerikil	= jumlah batu pecah x volume benda uji = $592 \times 0,008$ = $4,73 \text{ kg/m}^3$
Penggunaan air	= jumlah air x volume benda uji = $247,50 \times 0,008$ = 1,98 liter = 1.980 ml
Penggunaan <i>admixture</i>	= jumlah SP x volume benda uji = $6,16 \times 0,008$ = 0,04928 liter = 49,28 ml
Penggunaan KBV	= 10% x jumlah pasir = $10\% \times 7,97$ = $0,79 \text{ kg/m}^3$
4. Variasi 20% FAS 0,45	
Penggunaan semen	= jumlah semen = 4,40 kg
Penggunaan pasir	= jumlah pasir – <i>filler</i> KBV = $7,97 - 1,59$ = 6,38 kg
Penggunaan batu pecah	= jumlah batu pecah x volume benda uji = $592 \times 0,008$ = $4,73 \text{ kg/m}^3$
Penggunaan air	= jumlah air x volume benda uji = $247,50 \times 0,008$ = 1,98 liter = 1.980 ml
Penggunaan admixture	= jumlah SP x volume benda uji = $6,16 \times 0,008$ = 0,04928 liter = 49,28 ml
Penggunaan KBV	= 20% x jumlah pasir

$$= 20\% \times 7,97$$

$$= 1,59 \text{ kg/m}^3$$

4.4. Pengujian *Slump Flow Test*

Tujuan pengujian *slump flow* adalah untuk mengetahui (*workability*) pada sebuah pekerjaan konstruksi. Nilai *workability* yang tinggi dapat memberi kemudahan dalam pekerjaan konstruksi dan memiliki sifat mekanik yang baik.

Hal-hal yang mempengaruhi *workability* adalah:

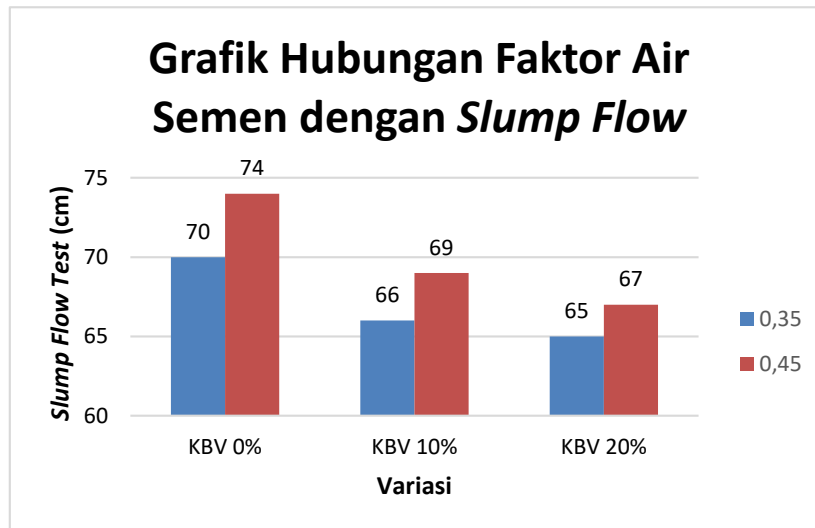
- Bahan tambah yang digunakan
- Karakteristik semen
- Volume udara
- Faktor air semen
- Gradasi agregat

Dalam pengujian ini didapatkan hasil *workability* beton dengan melihat keadaan beton segar dengan menggunakan metode *self compacting concrete* yang bergerak seperti pasta. Persyaratan *slump flow* dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Dalam penelitian ini nilai rata-rata *slump flow* sebesar 660 mm hingga 750 mm dan beton tidak perlu lagi dipadatkan (EFNARC, 2005). Berikut hasil dari pengujian *slump flow* yang terdapat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9: Hasil pengujian *slump flow*.

Variasi KBV	FAS	<i>Slump Flow Test</i> (cm)
Variasi 0%	0,35	70
Variasi 10%		66
Variasi 20%		65
Variasi 0%	0,45	74
Variasi 10%		69
Variasi 20%		67

Dalam penelitian ini, hasil perbandingan nilai *slump flow* yang didapatkan nilai *slump flow* yang semakin tinggi pada saat diberikan karet ban vulkanisir tanpa adanya bahan tambahan lainnya yang menyerap air. Artinya, semakin tinggi faktor air semen yang digunakan, maka semakin besar nilai *slump flow* yang akan diperoleh.



Gambar 4.1: Grafik hubungan faktor air semen terhadap *slump flow*.

4.4 Pengujian V – Funnel Test

Pada pengujian *v-funnel test* bertujuan untuk mengetahui (*fillingbilty*) pada pekerjaan konstruksi. Nilai *fillingability* yang tinggi berguna untuk memberikan kemudahan dalam pekerjaan struktur serta memiliki manfaat yang cukup baik.

Hal-hal yang mempengaruhi *fillingbilty* adalah:

- Bahan tambah yang digunakan
- Karakteristik semen
- Volume udara
- Faktor air semen
- Gradasi agregat

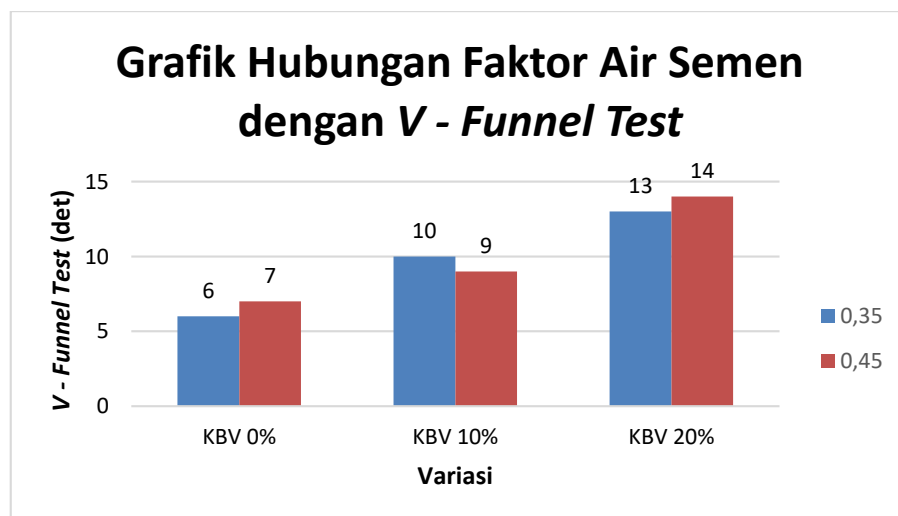
Dalam pengujian ini didapatkan hasil workability beton dengan melihat keadaan beton segar SCC yang bergerak seperti pasta. Persyaratan *v-funnel* menurut (EFNARC, 2005) dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Dalam penelitian ini nilai *v-funnel* diambil secara rata-rata, sebesar 6 detik sampai 12 detik

dan beton tidak perlu lagi dipadatkan. Berikut ini didapatkan hasil pengujian v-funnel yaitu pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian *v-funnel test*.

Variasi KBV	FAS	V- Funnel Test (cm)
Variasi 0%	0,35	6
Variasi 10%		10
Variasi 20%		13
Variasi 0%	0,45	7
Variasi 10%		9
Variasi 20%		14

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan metode *v-funnel* beberapa variasi campuran yang semakin tinggi nilainya faktor air semennya, maka semakin tinggi nilai kelecakannya sehingga tidak dapat melewati lubang *v-funnel*. Dapat dilihat grafik dari hasil pengujian *v-funnel* diatas, hasil perbandingan nilai *v-funnel* yang didapatkan.



Gambar 4.2: Grafik hubungan faktor air semen terhadap v-funnel test.

4.5 Pengujian *L – Box Test*

Pada pengujian *l-box test* bertujuan untuk mengetahui (*passingability*) pada pekerjaan konstruksi. Nilai *passingability* yang tinggi berguna untuk memberikan kemudahan dalam pekerjaan struktur serta memiliki manfaat yang cukup baik.

Hal-hal yang mempengaruhi *passingability* adalah:

- Bahan tambah yang digunakan
- Karakteristik semen
- Volume udara
- Faktor air semen
- Gradasi agregat

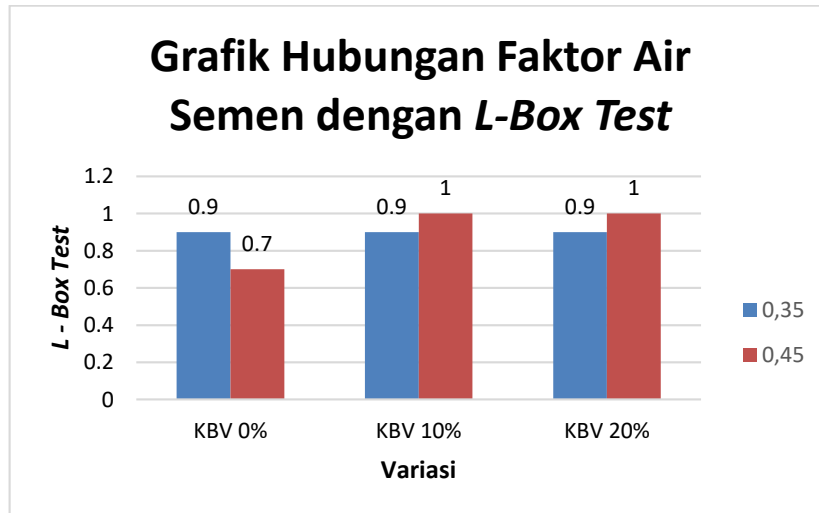
Dalam pengujian ini didapatkan hasil *passingability* beton dengan melihat keadaan beton segar SCC yang bergerak seperti pasta. Persyaratan *l-box* menurut (EFNARC, 2005) dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Dalam penelitian ini nilai *l-box* diambil secara rata-rata, sebesar $H2/H1 > 0,8$ dan beton tidak perlu lagi dipadatkan. Berikut ini didapatkan hasil pengujian *l-box* yaitu pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.11: Hasil pengujian *l-box test*.

Variasi KBV	FAS	<i>L - Box Test</i> (cm)
Variasi 0%	0,35	0,9
Variasi 10%		0,9
Variasi 20%		0,9
Variasi 0%	0,45	0,7
Variasi 10%		1
Variasi 20%		1

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan metode *l-box test* beberapa variasi campuran yang semakin tinggi nilainya faktor air semennya,

maka semakin tinggi nilai kelecakannya sehingga tidak dapat melewati sela-sela tulangan *l-box*. Dapat dilihat grafik dari hasil pengujian *v-funnel* diatas, hasil perbandingan nilai *v-funnel* yang didapatkan.



Gambar 4.3: Grafik hubungan faktor air semen terhadap l-box test.

4.6 Hasil Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan berbagai sampel beton normal dan beton variasi penambahan limbah karet ban vulkanisir. Benda uji berbentuk kubus dengan s^3 adalah 10 cm serta pembuatan dan perawatannya dilaksanakan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*) Pengujian ini mengacu pada (SNI-03-6429-2000).

Dalam pengujian kuat tekan beton, kuat tekan tertinggi terdapat pada nilai faktor air semen 0,35. Terjadinya penurunan kuat tekan beton variasi dari beton normal diakibatkan oleh penggunaan bahan campuran, karet ban vulkanisir serta *chemical admixture* yang diberi secara bersamaan sehingga beton mengalami penurunan kuat tekan. Penambahan air yang dilakukan secara *trial and error* dan berat semen yang digunakan dalam setiap variasi diberikan secara konstan juga menimbulkan dampak terhadap penurunan kuat tekan beton. Berbanding terbalik hasil yang didapatkan bahwa apabila air yang diberikan dengan nilai yang konstan

dengan nilai faktor air semen yang tinggi, serta mengurangi nilai penggunaan semen dalam campuran beton, maka akan terjadi penurunan kuat tekan beton. Namun dari hasil kuat tekan terendah FAS 0,45 variasi KBV 20% adalah 14,4 Mpa masih dapat digolongkan sebagai beton mutu rendah dan dapat digunakan untuk beton non structural disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12: Mutu beton dan penggunaan.

Jenis Beton	MPa	Kg/cm ²	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya
Mutu Sedang	20 - <35	K250 - < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, gorong-gorong beton bertulang
Mutu Rendah	15 - <20	K175 - <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu
	10 - <15	K125 - <K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali degan beton

Sumber: (Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7. 2005).

Dari hasil pengujian laboratorium dihasilkan pengujian kuat tekan dan disajikan pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

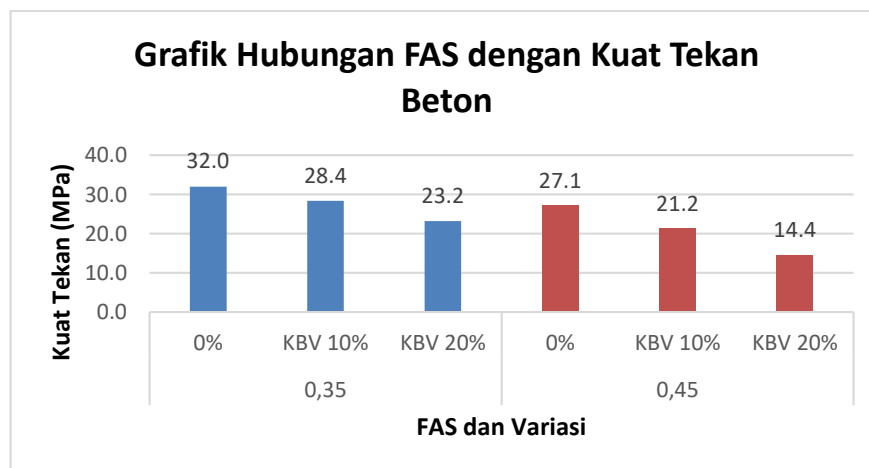
Tabel 4.13: Kuat tekan beton SCC dengan FAS 0,35.

FAS	Kode Variasi	Beban Maksimum (ton)			Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
		BU 1	BU 2	BU 3	BU 1	BU 2	BU 3	
0,35	0%	33	32	33	32,3	31,3	32,3	32,0
0,35	KBV 10%	30	28	29	29,4	27,4	28,4	28,4
0,35	KBV 20%	23	24	24	22,5	23,5	23,5	23,2

Tabel 4.14: Kuat tekan beton SCC dengan FAS 0,45.

FAS	Kode Variasi	Beban Maksimum (ton)			Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
		BU 1	BU 2	BU 3	BU 1	BU 2	BU 3	
0,45	0%	28	27	28	27,4	26,4	27,4	27,1
0,45	KBV 10%	22	21	22	21,5	20,5	21,5	21,2
0,45	KBV 20%	15	15	14	14,7	14,7	13,7	14,4

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 hubungan kuat tekan beton dengan masing-masing variasi dengan FAS 0,35 dan 0,45.

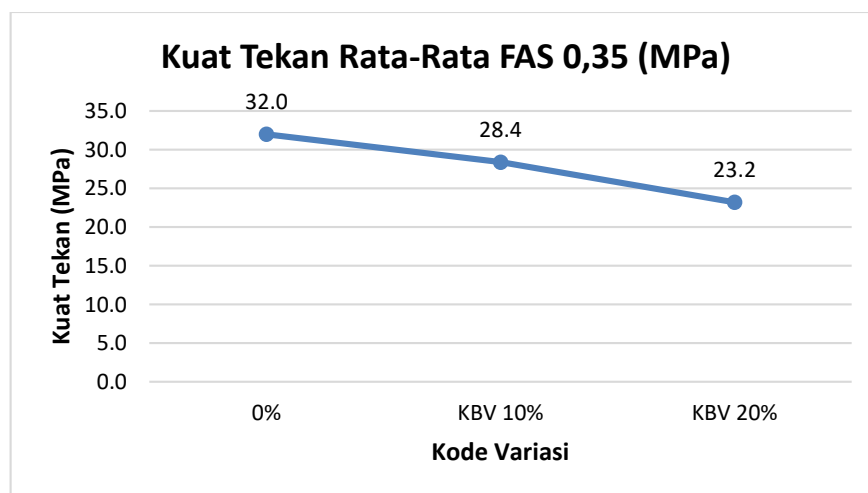


Gambar 4.4: Grafik perbandingan kuat tekan beton.

4.7 Analisa Kuat Tekan Rata-Rata pada FAS 0,35

Nilai kuat tekan beton dengan FAS 0,35 tertinggi dihasilkan pada beton normal

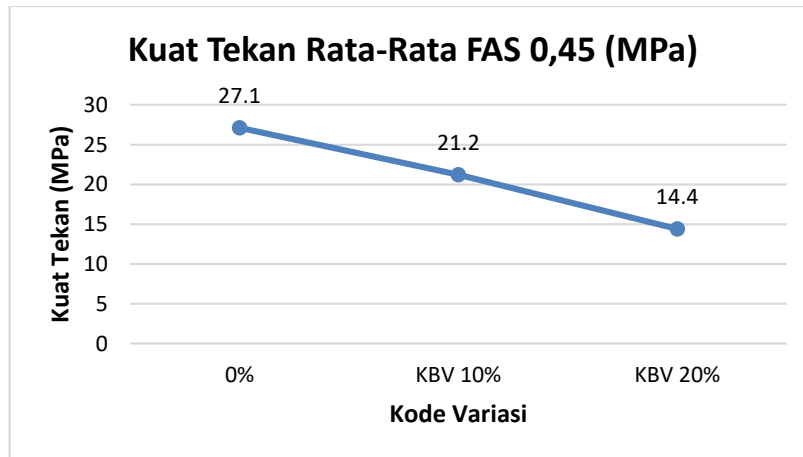
yang dapat dilihat dari Gambar 4.5 dibawah ini. Didapat bahwa beton dengan mutu normal memiliki nilai kuat tekan maksimum sebesar 32 MPa dan kuat tekan minimum sebesar 23,2 MPa yang terjadi pada campuran beton dengan menggunakan variasi KBV 20%. Penurunan kuat tekan terjadi karena kurangnya daya rekat dari karet ban vulkanisir dengan agregat lainnya. Penambahan karet ban vulkanisir mengakibatkan munculnya retakan di dekat partikel karet dalam campuran sehingga mengakibatkan kegagalan matriks antara karet dengan semen. Partikel karet jauh lebih lembut daripada partikel semen yang berdekatan. Pasta saat memuat dan partikel karet berfungsi sebagai void pada matriks beton karena tidak adanya daya rekat antara partikel karet dengan pasta.



Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton dengan menggunakan FAS 0,35.

4.8 Analisa Kuat Tekan Rata-Rata pada FAS 0,45

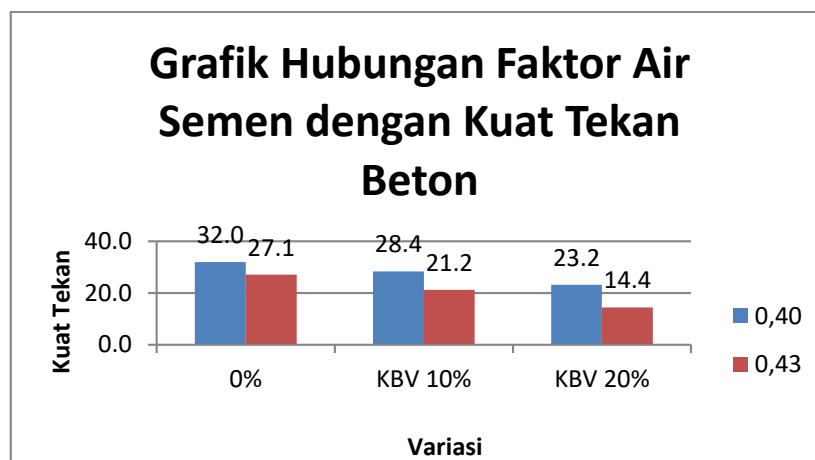
Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan maksimum diperoleh dari beton dengan mutu normal sebesar 27,2 MPa. Serta nilai kuat tekan minimum sebesar 14,4 MPa yang terjadi pada campuran beton dengan menggunakan variasi KBV 20%. Beton dengan variasi KBV 20% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 47,0% dari beton normal. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya nilai *slump flow* dan kurangnya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan kimia yang terdapat pada masing-masing bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton.



Gambar 4.6: Grafik kuat tekan beton dengan menggunakan FAS 0,45

4.9. Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen

Penggunaan faktor air semen dalam perencanaan campuran beton sangat mempengaruhi kelecakan serta kuat tekan beton. Grafik hubungan variasi faktor air semen dan kuat tekan beton *self compacting concrete* yang terbentuk seperti Gambar 4.7 terlihat bahwa terjadi penurunan kuat tekan yang tidak konsisten dalam satu faktor air semen. Hal ini terjadi akibat penambahan air dengan metode *trial and error* yang mengakibatkan adonan beton tidak sempurna. Selain itu, terdapat beberapa bahan tambah dalam campuran beton segar, yang mengakibatkan campuran beton semakin kompleks. Apabila semakin besar nilai faktor air semen yang digunakan, maka nilai *slump* akan meningkat serta nilai kuat tekan beton menurun.



Gambar 4.7: Grafik hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan selesainya proses penelitian dan analisis hasil penelitiannya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu:

1. Hasil dari penambahan KBV pada beton SCC memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa:
 - a. Diperoleh nilai *slump flow* maksimum yaitu sebesar 740 mm pada sampel kuat tekan variasi normal dengan FAS 0,45. Sedangkan nilai *slump flow* minimum adalah sebesar 650 mm pada sampel kuat tekan variasi VIII dengan FAS 0,35.
 - b. Karakteristik kuat tekan beton SCC dengan campuran KBV sebagai bahan tambahan mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 11,25% sampai 27,50% dengan menggunakan faktor air semen 0,35. Sedangkan campuran dengan menggunakan faktor air semen 0,45 didapatkan penurunan kuat tekan beton sebesar 21,77% sampai 46,86%.
2. Diketahui bahwa penambahan KBV dengan presentase maksimum terjadi pada beton variasi KBV 0% (beton normal) dengan FAS 0,35 sebesar 32,0 Mpa untuk pengujian kuat tekan. Presentase kuat tekan paling rendah terjadi pada beton variasi KBV 20% dengan FAS 0,45 sebesar 14,4 Mpa untuk pengujian kuat tekan. Namun kuat tekan tersebut masuk dalam kategori beton mutu rendah yang dapat digunakan pada pekerjaan *non structural*.

5.2 Saran

Dengan harapan bahwa penelitian ini akan menghasilkan hasil yang bervariasi dan maksimal, ada beberapa saran yang bisa diambil antara lain:

1. Pengujian material serta sampel dapat dilakukan secara lebih selektif karena bisa jadi alat yang digunakan tidak pernah dikalibrasi terlebih alat seperti timbangan yang sangat sering digunakan untuk menimbang. Sehingga sebelum digunakan perlu menetralkan posisi timbangan terlebih dahulu.

2. Pengecoran beton harus dilakukan secara berkelanjutan serta menerima perlakuan perawatan yang sama. Hal ini dilakukan agar tidak menyebabkan nilai hasil kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan pada saat tes tidak berbeda jauh.
3. Penggunaan takaran KBV mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan dan tarik pada beton *SCC*. Perlu dilakukan riset lebih mendalam terhadap kandungan dan takaran yang digunakan untuk menggantikan semen.
4. Kualitas semen portland serta campuran KBV yang digunakan perlu diperhatikan karena jika terjadi gumpalan pada semen atau KBV akan memberikan pengaruh terhadap hasil tes kuat tekan.
5. Perlunya dilakukan pengujian pada umur rencana beton 7 hari, 14 hari, dan 21 hari guna mengetahui nilai kuat tekan yang berkembang dan pengaruhnya terhadap reaksi penggantian semen dengan campuran KBV.
6. Penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi bagi penelitian tugas akhir selanjutnya, dengan harapan pada hasil penelitian selanjutnya akan menghasilkan karakteristik beton *SCC* yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, A., Ibrahim, I., & Sulianti, I. (2015). Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton Scc Dengan Bahan Tambah Sp430 Dan Rp260. *Pilar*, 10(2), 147–153. <https://www.jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/553>
- Batayneh, M. K., Marie, I., & Asi, I. (2008). Promoting the use of crumb rubber concrete in developing countries. *Waste Management*, 28(11), 2171–2176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.035>
- Chandra, Y. (2015). Studi Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Menggunakan Limbah Ban (Tire) Sebagai Agregat. In Anzdoc.
- Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian. (2010). Pengaruh pemanfaatan serbuk karet ban terhadap kuat tekan paving block. *Draf Revisi Rencana Strategi*.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal*, 3(1), 1–13. <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/fropil/article/view/1203>
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B., & Karjanto, A. (2018). Kajian penambahan abu bonggol jagung yang ber- variasi dan bahan tambah superplasticizer terhadap sifat fisik dan mekanik beton memadat sendiri (self – coMpacking concrete). *Jurnal Bangunan*, 23(2), 9–18.
- Farhan, M., Kusuma, M., Faizah, R., & Nugroho, G. (2021). Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Beton Terhadap Daya Redam Getaran. 1(1), 25–28.
- Hariato, A. (2017). Uji Kuat Tekan Beton Komposit Cangkang Kelapa Sawit Dan Penambahan Lateks Pada Beton Untuk Aplikasi Konstruksi Bangunan.
- Herbudiman, B., & Siregar, S. E. (2013). Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-CoMpacking Terkait Kinerja Kekuatan dan Flow. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7, 1-8. (n.d.). No Title.
- Hidayat, T., Study, P., Sipil, T., Teknik, F., Majalengka, U., Hendrayana, Y., Program, D., Teknik, S., Fakultas, S., Universitas, T., Kholiq, A., Program,

- D., Teknik, S., Fakultas, S., & Universitas, T. (2018). Pengaruh penambahan zat admixture accelerator beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa.
- Ilham Akbar, M. (2017). Pengaruh Penambahan Abu AMPas Tebu Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1/REKAT/18).
- Jananda, M. F., & Sofianto, M. F. (2018). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 1–8.
- JUVAS. (2004). Beton Karet Remah : Bahan Menjanjikan untuk CRUMBED RUBBER CONCRETE : BAHAN MENJANJIKAN UNTUK.
- Korua, A. M., Dapas, S. O., & Handono, B. D. (2019). Kinerja High Strength Self CoMpacking Concrete Dengan Penambahan Admixture “ Beton Mix ” Terhadap Kuat Tarik Belah. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1407–1416.
- Mills, J., & Skinner, B. (2018). Crumbed Rubber Concrete: A Promising Material for Sustainable Construction • scientia.global. Scientia.
- Niam, I., Yasin, I., & Sulistyorini, D. (2018). Studi Kuat Lentur Balok Beton Menggunakan Material Daur Ulang Ban Bekas Pengganti Agregat Kasar. *RENOVASI : Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 3(2), 33–43.
- Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Prahara, E., Liong, G. T., & Rachmansyah, R. (2015). Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa dalam Presentase Tertentu pada Beton Mutu Tinggi. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(2), 208. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>
- Putro, A. L., & Prasetyoko, D. (2007). Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5. *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 33–36.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.

- Safarizki, H. A. (2017). Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata Dan Serat Fiber Pada Self CoCompacting Concrete (Scc). *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 3(2), 2–6. <https://doi.org/10.26877/jitek.v3i2.1881>
- Saputri, Y. W., Pongtuluran, E. H., Teknik, J., Politeknik, S., Balikpapan, N., Block, P., & Tekan, K. (2019). Pengaruh pemanfaatan serbuk karet ban terhadap kuat tekan paving block.
- Siddique, R., Naik, T.R., 2004. (2008). Properties of concrete containing scryptire rubber – an overview. *Promoting the Use of Crumb Rubber Concrete in Developing Countries*, 28(11), 2171–2176.
- Tata, A., & Sultan, M. A. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *SIPILsains*, 06, 23–30.
- Teknik, J., Teknik, F., Gadjah, U., Jalan, M., & No, G. (2008). Pemanfaatan Pasir Pantai Sepempang Dan Batu Pecah Asal Ranai Sebagai Bahan Pembuatan Beton Normal. *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*, 18(1), 739–747.
- Türkel, S., & Kandemir, A. (2010). Fresh and Hardened Properties of SCC Made with Different Aggregate and Mineral Admixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(10), 1025–1032. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000107](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000107)
- Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Wongso, D., Djaja, C., & Supriyadi, A. (n.d.). *STUDI PERANCANGAN SELF COMPACTING CONCRETE (SCC) UNTUK BETON BERKEKUATAN TINGGI (HIGH PERFORMANCE CONCRETE) DENGAN METODE ACI* Karya ilmiah mempresentasikan hasil dari percobaan pembuatan benda uji Metode ACI dengan penambahan chemical admixture berupa.

LAMPIRAN

Gambar L.1: Gambar

Gambar L.2: Gambar

Tabel L.1: Tabel

Tabel L.1: Tabel

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Takasi Deo Kandi
Nama Panggilan : Deo
Tempat, Tanggal Lahir : Petatal , 04 nov 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jl. B Cempaka No. 81
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Yakub
Ibu : Eka Kurniawati
No Hp : 082347334354
Email : Takasideo04@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN






Nomor Induk Mahasiswa : 1607210093
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan
20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan Kelulusan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SD NEGERI 01588	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP NEGERI 2 Talawi	2010 - 2013
Sekolah Menengah Atas	SMA NEGERI 1 Lima puluh	2013 - 2016

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TAKASI DEO KANDI
NPM : 1607210093
JUDUL : KARAKTERISTIK SIFAT-SIFAT BETON PADAT SENDIRI (*SELF COMPACTING CONCRETE*) MENGGUNAKAN LIMBAH KARET REMAH

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	12 Februari 2021	-Revisi BAB I	
2	20 Februari 2021	-Revisi BAB II	
3	4 Maret 2021	-Revisi BAB III	
4	25 Maret 2021	-tambahkan tabel perbandingan bahan tambah -buat rencana jadwal kegiatan	
5	3 April 2021	-perbaiki BAB III bagian urutan diagram alir -ACC Seminar Proposal	

Dosen Pembimbing



(Dr. Fetra Venny Riza)




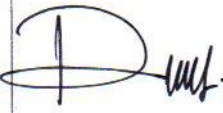

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI
TUGAS AKHIR
KARAKTERISTIK SIFAT-SIFAT
MEKANIS BETON PADAT SENDIRI (SELF COMPACTING
CONCRETE) MENGGUNAKAN LIMBAH KARET BAN VULKANISIR
SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN

NAMA : TAKASI DEO KANDI

NPM : 1607210093

KELAS : A.3 Struktur

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	20 Juli 2023	- Perbaiki BAB I - Revisi Judul - Revisi BAB II - Revisi BAB III - Revisi dan - Perbaiki Tabel	
2	1 Agustus	- Revisi Grafik - Revisi Tabel Data.	
3	25 Agustus	- ACC SEMINAR HASIL	

DOSEN PEMBIMBING



Dr. Fetra Venny Riza., S. T., Msc