

**TUGAS AKHIR**

**STUDI SIFAT-SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON BUSA  
KARET BAN VULKANISIR**

**(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**GIAN RIZKA GIOVANI**

**1607210152**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Gian Rizka Giovani  
NPM : 1607210219  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Busa Karet Ban Vulkanisir.  
Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



Dr. Fetra Venny Riza, ST, M.Sc

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Gian Rizka Giovani  
NPM : 1607210152  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Studi Sifat–Sifat Fisik Dan Mekanik Beton  
Busa Karet Ban Vulkanisir.  
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, 02 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pemanding I



Rizki Efrida, S.T, M.T.

Dosen Pemanding II



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 dibawah ini:

Nama Lengkap : Gian Rizka Giovani  
Tempat, Tanggal Lahir : Lampahan, 25 oktober1998  
NPM : 1607210152  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan Tugas akhir saya yang berjudul: “Studi Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Busa Karet Ban Vulkanisir.”

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapiun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeritas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 03 Februari 2022

Saya Yang Menyatakan



Gian Rizka Giovani

## **ABSTRAK**

### **STUDI SIFAT-SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON BUSA KARET BAN VULKANISIR**

Gian Rizka Giovani  
1607210152

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

Seiring jumlah kendaraan meningkat, banyak limbah ban yang diproduksi, dan pembuangan limbah ban telah menjadi masalah lingkungan utama di seluruh dunia. Peningkatan jumlah limbah ban merupakan masalah global seperti ban dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Salah satu solusi mendaur ulang limbah karet adalah limbah karet tersebut bisa dimanfaatkan sebagai campuran beton sehingga dapat mengurangi limbah yang ada. Maka dari itu, dalam penelitian ini penggunaan pasir yang menjadi bahan penyusun utama beton busa digantikan sebagian dengan memanfaatkan Limbah ban karet Vulkanisir (CR). Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kekuatan tekan pada beton busa CRC. Eksperimen yang dijalankan berupa membuat empat variasi campuran yaitu 0%, 10%, 15% dan 20% sebagai alternative pengganti pasir. dan menggunakan tiga variasi FAS yaitu 0.35, 0.40, dan 0.45 Perbandingan pasir-semen yaitu 1:2. Hasil kuat tekan yang diperoleh menunjukkan bahwa, kuat tekan optimum berada pada variasi pengganti pasir 0% Pada FAS 0.35 Hal ini disebabkan karena takaran campuran tidak bekerja secara maksimal sebagai bahan pengganti pasir. Sedangkan nilai densitas yang dihasilkan cenderung stabil dalam setiap penambahan variasi CR.

Kata Kunci: Beton busa, Limbah ban, Kuat Tekan.

## **ABSTRACT**

### **STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FOAM CONCRETE RUBBER TIRE VULCANIZED**

Gian Rizka Giovani  
1607210152

Dr. Fetra Venny Riza, ST, M.Sc

*As the number of vehicles increases, a lot of waste tires are produced, and the disposal of waste tires has become a major environmental problem worldwide. Increasing the amount of waste tires is a global problem as tires can pose a risk to the environment if not handled properly. One solution to recycling rubber waste is that the rubber waste can be used as a concrete mixture so that it can reduce the existing waste. Therefore, in this study the use of sand, which is the main constituent of foam concrete, was partially replaced by utilizing retreaded rubber tire waste (CR). This study aims to investigate the compressive strength characteristics of CRC foam concrete. The experiment was carried out in the form of making four variations of the mixture, namely 0%, 10%, 15%, and 20% as an alternative to sand. And using three variations of FAS 0.35, 0.40, and 0.45. The sand-cement ratio is 1:2. The results of the compressive strength obtained indicate that the optimum compressive strength is in the variations of 0% sand substitute at FAS 0.35. This is because the mixture dose does not work optimally as a substitute for sand. While the resulting density values tend to be stable in each addition of CR variations.*

*Keywords : Foam concrete, Waste tires, Compressive strength.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillah, senantiasa kita ucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang masih memberikan nikmat iman dan kesehatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “STUDI SIFAT-SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON BUSA KARET BAN VULKANISIR”

Tugas akhir ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan dan penyelesaian tugas akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Ibu Dr. Fetra Veny Riza, selaku dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan bimbingan dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, ST.,MT., selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku dosen penguji II dan selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Yang mana telah banyak memberikan saran dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan pengajaran ilmunya kepada penulis.
5. Teristimewa kepada orang tua penulis Ayahanda tercinta (alm) Drs. Mohd Khaldun, Yang telah menjadi sosok inspirasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Serta Ibunda Suharni SP.d. tercinta yang telah menjadi penyemangat dan selalu memberikan kasih sayang baik moril maupun materil, motivasi, semangat dan doa yang tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Ucapan terima kasih paling spesial untuk diri saya sendiri yang telah melewati berbagai macam keadaan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih karena mampu bertahan, berusaha, bersabar, dan telah berjuang untuk menyelesaikan salah satu kewajiban ini.
7. Yang tersayang saudara penulis kakak Sastrinda Azaristia, S.Pd, abang Rizqi Yanoga S.Pd, adik Suluh Mahcoara, dan Azizan Asfa yang telah menjadi penyemangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Teman-teman seperjuangan kelas A2 (siang) 2016 yang selalu membantu dan memberi dukungan serta motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (HMS FT UMSU), terkhusus rekan-rekan BPH 016 yang selalu membantu dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang dilakukan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Medan, 03 Februari 2022

Penulis:



Gian Rizka Giovani  
1607210152

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton Busa ( <i>Foam Concrete</i> )	5
2.1.1 Bahan Dasar Beton Busa	6
a. Agregat Halus	7
b. Semen	7
c. Air	8
d. <i>Foam Agent</i>	9
2.2 Beton Karet	11
2.3 Bahan Tambah ( <i>Chemical Admixtures</i> )	13
2.4 <i>Slump Flow</i>	15
2.5 Berat Jenis ( <i>Density</i> )	16
2.6 Kuat Tekan Beton ( <i>Compressive Strength Test</i> )	16

## BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	21
3.3	Persiapan Alat Dan Bahan	22
3.3.1	Peralatan Pembuatan Beton	22
3.3.2	Bahan Pembuatan Beton	28
3.4	Metode Penelitian	31
3.4.1	Variasi 0% (Normal)	31
3.4.2	Variasi 10%	31
3.4.3	Variasi 15%	32
3.4.4	Variasi 20%	32
3.5	Pemeriksaan Agregat Halus	32
3.5.1	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	32
3.5.2	Kadar Air Agregat Halus	33
3.5.3	Kadar Lumpur Agregat Halus	33
3.6	<i>Mix Design</i>	34
3.7	Pembuatan Benda Uji	35
3.7.1	Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji	36
3.7.2	<i>Slump Flow</i>	37
3.7.3	Perawatan Benda Uji	37
3.8	Berat Jenis Beton ( <i>Density</i> )	38
3.9	Kuat Tekan Beton ( <i>Compressive Strength Test</i> )	38

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.1.1	Berat Jenis Dan Penyerapan	40
4.1.2	Kadar Air Agregat Halus	41
4.1.3	Kadar Lumpur Agregat Halus	42
4.2	Perhitungan Mix Design	44
4.3	Pengujian <i>Slump Flow</i>	49
4.3.1	<i>Slump Flow</i> Benda Uji	49
4.4	Pengujian Berat Jenis Beton ( <i>Density</i> )	52

4.5	Pengujian Kuat Tekan ( <i>Compressive Strength Test</i> )	57
4.5.1	Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Rata-Rata	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		70

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Pengujian Beton <i>foam concrete</i>	6
Tabel 2.2	Tinjauan Penggunaan Pasir	7
Tabel 2.3	Penelitian Penggunaan Jenis Semen	8
Tabel 2.4	Daftar Hasil Penelitian Menggunakan <i>Foam Agent</i>	11
Tabel 2.5	Tinjauan Penggunaan Limbah Karet Ban	13
Tabel 2.6	Nilai Penelitian Pengujian <i>Slump Flow</i>	15
Tabel 2.7	Ukuran Benda Uji Kuat Tekan	17
Tabel 2.8	Penelitian Pengujian Analisis Kuat Tekan	17
Tabel 3.1	Tempat Dan Waktu Penelitian	21
Tabel 3.2	Jumlah Sampel Benda Uji	35
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Pada Pasir	40
Tabel 4.2	Data Hasil Pemeriksaan Kadar Air Pasir	41
Tabel 4.3	Data Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir	42
Tabel 4.4	Bahan Campuran Beton Untuk 1 Kali <i>Mix</i> (3 Sampel)	43
Tabel 4.5	<i>Slump Flow</i> Adonan Beton Busa CR	50
Tabel 4.6	Berat Jenis Beton CRC FAS 0.35	53
Tabel 4.7	Berat Jenis Beton CRC FAS 0.40	54
Tabel 4.8	Berat Jenis Beton CRC FAS 0.45	55
Table 4.9	Konversi Umur Beton Ringan	58
Tabel 4.10	Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.35	58
Tabel 4.11	Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.40	59
Tabel 4.12	Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.45	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Langkah-Langkah Penelitian	19
Gambar 3.2	Saringan Agregat Halus No.4	22
Gambar 3.3	Oven	22
Gambar 3.4	Timbangan Digital	23
Gambar 3.5	Ember	23
Gambar 3.6	Cetakan Benda Uji Kubus 10cm x cm x10cm	23
Gambar 3.7	Sekop Tangan	24
Gambar 3.8	Piknometer	24
Gambar 3.9	Pan	24
Gambar 3.10	Gelas Ukur	25
Gambar 3.11	Plastik 10 Kg	25
Gambar 3.12	Kuas	25
Gambar 3.13	Bak Perendam	26
Gambar 3.14	Spritus	26
Gambar 3.15	Kawat Kasa Dan Kaki Tiga	26
Gambar 3.16	Kerucut Abrams	27
Gambar 3.17	Mesin Pengaduk Beton	27
Gambar 3.18	Mesin Pengaduk <i>Foam Agent</i>	27
Gambar 3.19	<i>Compression Machine Test</i>	28
Gambar 3.20	Agregat Halus	28
Gambar 3.21	Semen Andalas	29
Gambar 3.22	Air	29
Gambar 3.23	<i>Foam Agent</i>	30
Gambar 3.24	Sika	30
Gambar 3.25	Karet Ban Vulkanisir ( <i>Crumb Rubber</i> )	31
Gambar 3.26	Desain Benda Uji Kubus	35
Gambar 3.27	<i>Slump Flow</i>	37
Gambar 4.1	Grafik <i>Slump Flow</i>	51
Gambar 4.2	Grafik Berat Jenis Beton Basah	56

Gambar 4.3	Grafik Berat Jenis Beton Kering	57
Gambar 4.4	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.35	60
Gambar 4.5	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.40	61
Gambar 4.6	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.45	62
Gambar 4.7	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Gabungan	62

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas Penampang	$(m^2)$
$CR$	= Crumb Rubber	$(gr)$
$\rho$	= Berat Jenis	$(kg/m^2)$
$f_c$	= Kuat Tekan	$(MPa)$
$P$	= Beban Tekan	$(kN)$
$SF$	= <i>Slump Flow</i>	$(mm)$
$d_1$	= Diameter <i>slump flow</i> 1	$(mm)$
$d_2$	= Diameter <i>slump flow</i> 2	$(mm)$
$m$	= Berat Benda Uji	$(kg)$
$v$	= Volume Benda Uji	$(m^2)$
$A$	= Berat Contoh Kering	$(gr)$
$B$	= Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh	$(gr)$
$C$	= Berat Contoh Di Dalam Piknometer Penuh Air	$(gr)$
$D$	= Berat Piknometer Penuh Air	$(gr)$
$E$	= Berat Contoh Kering Oven $110 \pm 5^\circ C$	$(gr)$
$F$	= Berat Pasir	$(kg)$
$H$	= Berat Kering Contoh Setelah dicuci	$(gr)$
$I$	= Berat Kotoran Agregaat Lolos No.200	$(gr)$
$W1$	= Berat Pasir SSD	$(gr)$
$W2$	= Berat Pasir Kering Oven	$(gr)$
$\rho_{rencana}$	= Berat Jenis Rencana	$(kg/m^3)$
$V$	= Volume Beton	$m^3$

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring jumlah kendaraan meningkat, banyak limbah ban akan diproduksi, dan pembuangan limbah ban telah menjadi masalah lingkungan utama di kota-kota di seluruh dunia (Thomas, dkk. 2014). Diperkirakan sekitar 1,5 miliar limbah ban dihasilkan setiap tahun secara global (Ganapathi Malarvizhi, dkk. 2012). Pada tahun 2030, jumlahnya bisa mencapai 5 miliar limbah ban per tahun (Thomas, dkk. 2014).

Diperkirakan pula terdapat sekitar 2-3 miliar limbah ban tertumpuk di Amerika Serikat (Abu-Jdayil, dkk. 2016). Limbah ban bekas terus meningkat dan menjadi sumber masalah dan polusi besar di seluruh dunia mengingat limbah ban sangatlah berbahaya bagi lingkungan (Abu-Jdayil, dkk. 2016). Oleh karena itu kebutuhan untuk daur ulang limbah ban bekas menjadi sangat penting.

Raffoul dkk. menyatakan bahwa limbah ban hampir sebanding dengan produksi ban mengingat produksi ban tahunan dunia melebihi 2,9 miliar ban pada tahun 2017. Limbah *non-biodegradable* dalam jumlah besar ini menempati area yang luas dan menyebabkan bahaya lingkungan (Raffoul, dkk, 2017).

Di dalam pabrik daur ulang limbah ban bekas, ban dipotong-potong menjadi serpihan kecil yang mengandung baja, serat, karet, dan serat polimer. Partikel-partikel ini kemudian ditimbun ke dalam tanah atau dilumatkan. Namun biasanya baja yang terkandung dalam serpihan kecil limbah ban dipisahkan terlebih dahulu dengan serpihan kecil karet dan serat polimer. Dilaporkan bahwa hampir 15-50% massa dari limbah ban yang telah melewati proses pemisahan ini sebagai campuran serat karet yang tak berguna dan akan dibuang ke pembuangan sampah (Abu-Jdayil, dkk. 2016).

Limbah ban bekas adalah penyumbang sampah terbesar didunia dan termasuk kedalam golongan material yang tidak dapat diuraikan oleh organisme (*non biodegradable*), serta bersifat tahan lama (*persistent*) yang tidak akan membusuk.

Apabila limbah ban bekas tersebut dibakar akan menghasilkan salah satu bahan paling berbahaya di dunia, yaitu Dioksin (D. Teknik, dkk. 2014).

Peningkatan jumlah limbah ban merupakan masalah global seperti ban dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Daur ulang karet limbah ban dalam teknik sipil sebagai agregat dalam beton semen dapat menjadi pendekatan lingkungan dan ekonomi yang efektif (Záleská dkk, 2019).

Solusi untuk mengatasi limbah adalah dengan cara mendaur ulang limbah tersebut. Salah satu solusi mendaur ulang limbah karet adalah limbah karet tersebut bisa dimanfaatkan sebagai campuran beton sehingga dapat mengurangi limbah yang ada.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Beberapa permasalahan di dalam perencanaan dan pengujian dengan judul Studi sifat-sifat beton busa karet ban vulkanisir adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah karet ban vulkanisir sebagai pengganti agregat halus pada beton busa.
2. Berapa komposisi optimal dari penambahan karet ban vulkanisir sebagai pengganti agregat halus pada beton busa untuk mendapatkan kekuatan beton yang maksimal.

## **1.3 Batasan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah karet yg dipergunakan adalah limbah karet dari ban vulkanisir yg sudah diolah secara komersil.
2. Beton yg akan dibuat adalah beton busa karet dengan menggunakan beton busa sebagai acuan.
3. Tinjauan dalam aspek kimia serta pengaruh suhu tidak di titik beratkan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat –sifat fisik dan mekanik beton busa dengan menggunakan limbah karet ban vulkanisir.
2. Mengetahui komposisi optimal dari pembuatan beton busa dengan bahan limbah karet ban vulkanisir.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk pemberdayaan limbah karet ban menjadi suatu bahan yang dapat digunakan dalam konstruksi bangunan.
2. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai rujukan untuk penelitian berikutnya dan dapat pula dikembangkan menjadi penelitian berkelanjutan dalam perkembangan bahan konstruksi terutama beton.
3. Sebagai material konstruksi yang baru, yang ramah lingkungan dan dapat digunakan berkelanjutan.
4. Memanfaatkan limbah industri yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan Menghasilkan beton yang eco friendly.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar, tugas akhir ini akan disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

##### **BAB I – PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup pembahasan, tujuan penelitian yang merupakan jawaban dari permasalahan, dan sistematika penulisan yang merupakan urutan susunan dalam pengerjaan tugas akhir.

## **BAB II – TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini teori-teori yang akan diperlukan dalam pembahasan dan penyelesaian tugas akhir yang khususnya berkaitan dengan pembuatan beton busa.

## **BAB III – METODOLOGI**

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 IV – ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

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

## **BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan berisikan kesimpulan dari bab IV yang akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah diungkapkan pada bab I dan saran-saran yang diperlukan serta berkaitan dengan penyelesaian tugas akhir ini.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton Busa (*Foam Concrete*)

Beton busa adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara didalam betonnya (Andriati Amir Husin, 2008).

Campuran beton busa adalah campuran beton yang sangat homogen dibandingkan dengan beton normal, karena jumlah material yang terkandung didalamnya hampir sama persis. bagaimanapun sifat-sifat mekanik beton busa sangat bergantung pada perbandingan jumlah material yang digunakan seperti semen dan pasir dan kadar *foam agent* yang digunakan, metode pembuatan busanya, dan proses curingnya. karena beton busa (*foam concrete*) memiliki pori-pori udara didalamnya maka secara alami maka material ini memiliki sifat isolator panas yang memungkinkan ruangan akan terasa lebih sejuk dan nyaman.

*Density* (kepadatan) beton busa mudah untuk di kontrol yaitu cukup dengan mengatur jumlah *foam agent* yang digunakan. Pembuatan beton busa dengan berbagai kepadatan telah digunakan dalam pelat atap, sub-base jalan raya, abutmen jembatan, konstruksi dinding dan sebagainya (MD Jalal, Aftab Tanveer, 2017).

Beton busa (*foam concrete*) adalah salah satu jenis beton ringan yang terdiri dari pasta semen atau mortar, dimana ruang udara atau pori-pori strukturnya terbentuk dengan menambahkan *foaming agent* kedalam campuran beton (Nugroho, dkk. 2017).

Beton busa (*foam concrete*) adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara didalam betonnya (Purnawan Gunawan, dkk. 2014).

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari

penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Berat jenis yang lebih ringan ini berpengaruh terhadap beban mati struktural yang lebih kecil pula dan juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan. (Rahamudin, dkk. 2016).

Adapun beberapa penelitian beton busa menggunakan berbagai *filler* dari beberapa peneliti yang dapat dilihat pada tabel dibawah tersebut.

Tabel 2.1: Nilai Pengujian Beton *Foam Concrete*.

No	Tahun dan Judul	Filler	Hasil
1	Studi Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Teknologi Foam Concrete Dengan Bahan Tambah Serat <i>Polyster</i> Purnawan Gunawan, Sunarmasto, & Andi Dwi Yunanto. (2014)	serat <i>polyester</i>	Kuat tekan : 0%= 14,15 MPa 0,25%=15,38 MPa 0,5%=16,60 MPa 0,75%=19,29% MPa 1%=18,24 Mpa
3	Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dalam Pembuatan Beton Busa Nugroho, dkk., (2017)	Abu ampas tebu	Kuat tekan : 0%= 1,4 MPa 6%=1,5 MPa 9%= 1,7 MPa 12%= 1,9 MPa
4	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan Nugroho, dkk. (2017)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 7 hari= 0,84-0,92 MPa 14 hari=1,06-1,12 MPa 28hari=1,41-1,474 MPa

### 2.1.1 Bahan Dasar Beton Busa

Berikut adalah bahan-bahan dasar penyusun Beton Busa, dapat dilihat pada sub bab dibawah ini:

### a. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Pasir adalah suatu bahan bangunan yang diperoleh dari hasil penggalian lapisan tanah pembentuk kerak bumi yang berbentuk butiran, bersifat tidak tersementasi, tidak saling mengikat, dan merupakan hasil pelapukan batuan atau letusan gunung berapi yang telah terpengaruh cuaca. Pada umumnya butiran pasir berukuran 0.0625 sampai dengan 4.75 milimeter.(Hidayat, dkk. 2008).

Seperti yang kita ketahui pasir adalah bahan bangunan yang cukup berpengaruh untuk beton, bisa dikatakan material yang paling banyak digunakan pada struktur bangunan.

Beberapa jenis pasir pasir yang digunakan pada peneliti-peneliti sebelumnya dengan kualitas pasir yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Tinjauan Penggunaan Pasir.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis Pasir	Keterangan
(Hidayat, dkk., 2008)	Pengaruh penambahan zat admixture accelerator beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa	Mortar Busa	Pasir Kalimantan	Perbandingan 1 bagian pasir : 1,25 bagian semen, rata-rata kuat tekan 3,14 MPa.
(Jananda & Sofianto, 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	Cellular lightweight concrete (clc)	Pasir silika PT Banon-con Indonesia.	Pasir lolos ayakan no 100 menghasilkan kuat tekan paling tinggi sebesar 3,35 MPa.
(J. Teknik dkk., 2008)	Analisis penggunaan pasir pantai sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton	Beton Normal	Pasir pantai Semempang	modulus halus butir 3,07; diperoleh kuat tekan beton 37,33 MPa.

### b. Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara

butir-butir agregat tersebut. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting. (Dumyati & Manalu, 2015).

Beberapa penelitian yang dilakukan terdahulu terdapat beberapa jenis semen yang digunakan, dapat dilihat pada rincian Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Penelitian Penggunaan Jenis Semen.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis semen	Keterangan
(Prahara dkk., 2015)	Analisa pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dalam presentase tertentu pada beton mutu tinggi	Beton Mutu Tinggi	Semen portland tipe I merek Tiga Roda	Pada umur beton 28 hari dihasilkan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 44,1 Mpa
(Korua dkk., 2019)	Perilaku mekanis high strength self compacting concrete dengan penambahan admixture "beton mix" terhadap kuat tarik lentur	High Strength Self Compacting Concrete (HSSCC)	Semen yang digunakan adalah Semen Portland jenis 1 yaitu Semen Tonasa	Hasil uji kuat tekan tertinggi adalah 57,62 mpa; Uji kuat tarik lentur terbesar dengan nilai 7,71 MPa.
(Nugroho, 2017)	Pengaruh penggunaan abu sekam padi terhadap sifat mekanik beton busa ringan	Beton Busa Ringan	Semen portland tipe 1	Kuat yaitu sebesar 1,4 MPa.

### c. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton ringan, air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan yang membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan.

Proporsi air dinyatakan dalam rasio air-semen, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Pada umumnya rasio air-semen yang dipakai antara 0.4 – 0.6 tergantung dari densitas yang ingin dicapai. Beton yang padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal namun konsisten dan derajat *workability* yang maksimal.

Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sebanyak 25 % dari berat semen, namun akan cukup sulit sekali mengerjakan campuran beton apabila rasio air-semennya lebih rendah dari 33%. (Tjokrodimuljo, 1996). Selain digunakan dalam proses pencampuran, air juga digunakan dalam perawatan beton (*curing*). Namun begitu, penggunaan air pada campuran beton tidak boleh terlalu banyak dan tidak boleh terlalu sedikit. Apabila penggunaan air terlalu banyak akan menyebabkan penurunan kekuatan beton dan menyebabkan beton mudah keropos.

Kelebihan air pada beton juga dapat menyebabkan *bleeding*, yaitu air yang naik ke permukaan beton dan menurunya partikel agregat ke bawah setelah beton selesai dibuat. Ini menyebabkan terbentuknya lapisan tipis dari buih (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo, 1996). Sedangkan penggunaan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi antara semen dan air tidak dapat tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang digunakan harus memenuhi ASTM C 1602M atau SNI 03-7974-2013 mengenai Spesifikasi Air Pencampur Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis. Syarat umum air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran yakni:

1. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang yang dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat beton.
2. Air yang digunakan harus bersih dan bebas dari bahan yang merusak seperti mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan lainnya.
3. Air pencampur tidak mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan yaitu lebih dari 0.5 gram/liter.
4. Air pencampur tidak boleh mengandung senyawa sulfat (sebagai SO<sub>3</sub>) lebih dari 1 gram/liter.

#### **d. Foam Agent**

*Foam agent* sebagai bahan material terpenting dalam pembuatan beton busa ringan. Adanya rongga-rongga udara yang dihasilkan oleh beton busa ringan, akan

menghasilkan sifat penahan panas yang lebih baik dari pada beton normal. (Nugroho dkk., 2017).

*Foam agent* dapat dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan kimia yang sifatnya sebagai pengembang, sama halnya seperti bahan kimia pembuat sabun busa pada sabun. Bahan pengembang busa pada sabun biasanya memakai bahan *texapon*. *Texapon* adalah bahan kimia yang mempunyai fungsi salah satunya mengangkat lemak dan kotoran atau zat yang memiliki sifat surfaktan. *Texapon* sudah sangat di kenal dalam industri pembuatan bahan untuk kebersihan seperti cairan pencuci piring, cairan pencuci tangan, shampoo dan lain sebagainya. *texapon* adalah surfaktan buatan yang dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan sabun cair, sampo, dan pasta gigi. *Texapon* akan beraksi dengan air dan akan menghasilkan busa (Studi dkk., 2016).

*Foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. Detergent ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OSO}_3\text{-Na}^+$ ) mengandung zat “*surface active*” (*surfactant*). Dilihat dari struktur molekulnya, detergent mempunyai dua gugus yang penting yaitu gugus liofil (yang menarik pelarut), dan gugus liofob (yang menolak pelarut). Gugus liofil dapat berupa gugus khlorida atau gugus bromida, atau gugus lain yang umumnya merupakan gugus yang pendek. Gugus liofob biasanya terdiri dari rantai alifatik atau aromatik yang umumnya terdiri dari paling sedikit sepuluh atom karbon. Dalam pelarut air, gugus liofil yang juga disebut gugus hidrofil akan menarik molekul air, sedangkan gugus liofob yang juga disebut hidrofob akan menghadap ke udara (Karimah dkk., 2017).

*Foam agent* merupakan bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan beton busa. Menurut ASTM C 869-91, 1. *Scope*, *foam agent* diformulasikan khusus untuk membuat busa yang digunakan dalam produksi beton busa.

Menurut ASTM C 796-87a, *Table 1, Foaming Agents for Use in Cellular Concrete Using Preformed Foam*, rasio *foam agent* yang digunakan dalam suatu percobaan adalah 1 (*foam agent*) : 40 (air).

Penggunaan *foam agent* bertujuan untuk mengurangi jumlah material yang digunakan, karena berkurangnya berat beton tetapi dengan volume yang tetap

meskipun berarti kuat tekan beton tersebut berkurang dikarenakan pori-pori udara didalam beton tersebut.

Beberapa jenis *foam agent* yang digunakan pada peneliti-peneliti sebelumnya dengan kualitas yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Daftar Hasil Penelitian Menggunakan *Foam Agent*.

No	Judul, Nama, Tahun	Campuran	Kuat Tekan
1.	Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton (Andriati Amir Husin, 2008)	75% FA, 25% Pasir, 0,8% Busa 75% FA, 25% Pasir, 1,6% Busa 100% BA, 0,8% Busa 25% RCC, 75% Pasir, 0,8% Busa	231,47 kg/cm <sup>2</sup> 216,83 kg/cm <sup>2</sup> 86,425 kg/cm <sup>2</sup> 68,685 kg/cm <sup>2</sup>
2.	Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton (Karimah dkk., 2017)	<i>Foam Agent</i>	0% = 21,68 Mpa 20% = 7,92 MPa 40% = 4,53 MPa 60% = 0,75 MPa 80% = 0,38 Mpa
3.	Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam-Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa (Rommel dkk., 2018)	Serat ijuk dan <i>foam agent</i>	Serat Ijuk: 0% = 21,60 MPa 1% = 19,73 MPa 2% = 16,67 MPa <i>Foam Agent</i> : 0% = 19,6 MPa 1% = 16,53 MPa 2% = 14,13 Mpa

## 2.2 Beton Karet

Beton karet remah (CRC) adalah material baru yang menjanjikan pada konstruksi. Dibuat dengan mengganti pasir dengan partikel karet saat mencampur beton, bahan ini menjanjikan pengurangan secara signifikan dampak lingkungan tertentu (Mills & Skinner, 2018). CRC lebih tahan terhadap tegangan tarik, yang berarti sedikit lebih fleksibel dari pada beton tradisional, sehingga dapat menahan benturan dengan lebih efektif (Mills & Skinner, 2018).

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 & Skinner, 2018) Namun, sebagai material baru, sifat struktur CRC masih perlu diuji dan dimodelkan secara detail sebelum dapat digunakan secara luas dalam konstruksi.

Sumber utama pembuatan beton karet adalah limbah ban, yang secara garis besar di dapat dari ban mobil dan truk. kebanyakan ban dari berbagai sumber memiliki sifat dan komposisi fisik yang berbeda. Bahan umum ban adalah karet alam dan sintetis, karbon hitam, logam, kain tekstil dan aditif.

Limbah ban bekas terbuat dari karet sintetis dan karet alam dicampur dengan karbon black dan unsur-unsur kimia lain seperti silica, resin, anti oksida, sulfur, paraffin, cobalt, salt, cure accelerator, aktifators, dan ditambah dengan benang dan gabungan kawat baja dimana benang berfungsi sebagai rangka atau tulangan ban. Benang dipakai pada umumnya seperti polyster, rayon atau nilon. Sebagian besar bagian karet yg digunakan berasal dari bagian tapak dan dinding samping ban.

Ban bekas merupakan salah satu bahan buangan dan bekas pakai yang dapat dengan mudah dicari dan ditemukan di setiap daerah di Indonesia dan jumlahnya relative cukup tinggi. Hancuran ban bekas ini terkadang diistilahkan dengan “Crumb Rubber”.

Serbuk ban bekas diukur dalam mesh atau inci dan umumnya karet ukurannya 3/8 inci atau lebih kecil. ukuran serbuk ban dapat klasifikasikan dalam empat kelompok yaitu:

- Besar atau kasar (3/8 dan 1/4 inci).
- Sedang (10-30 mesh atau 0,079-0,023 inci).
- Baik (40-80 mesh atau 0,016-0,007 inci).
- Sangat baik (100-200 mesh atau 0,06-0,003 inci) Ukuran partikel dan distribusi ukuran tergantung dari kebutuhan serbuk ban bekas dan penggunaannya.

Berikut adalah beberapa penelitian yang menggunakan karet sebagai bahan substitusi beton, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Tinjauan Penggunaan Karet Limbah Karet Ban.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis karet	Keterangan
(Niam dkk., 2018)	Studi kuat lentur balok beton menggunakan material daur ulang ban bekas pengganti agregat kasar	Beton Normal	Karet ban limbah roda kendaraan bermotor	Campuran 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 berturut-turut 20,5 Mpa 15,8 Mpa, 12,9 Mpa, dan 12,3 Mpa.

### 2.3. Bahan Tambah (*admixture*)

*Admixture* adalah bahan tambah kimia yang dapat melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata dan menyelimuti agregat dengan baik serta mampu meningkatkan *workability* beton. Prinsip kerjanya *superplasticizer* dapat larut dalam air dan dapat menghasilkan gaya tolak-menolak antar partikel semen agar tidak terjadi pengumpulan pada partikel semen yang dapat menimbulkan rongga udara dalam beton dan beton mampu mengalir tanpa terjadinya segregation dan bleeding yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. (Rahmayanti, 2019).

Jenis dari bahan pencampur (*admixture*) ada beberapa type , antara lain:

- Type A, *Water Reducer admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai slump yang ditentukan.
- Type B, *Retarder admixture* yang digunakan untuk memperlambat reaksi hidrasi pada beton.
- Type C, *Accelerator admixture* yang digunakan untuk mempercepat reaksi

hidrasi atau proses pengurangan air dalam beton untuk meningkatkan kekuatan beton.

- Type D, *Water Reducer* dan *Retarder admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai slump yang ditentukan dan memperlambat reaksi hidrasi pada beton.
- Type E, *Water Reducer* dan *Retarder admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai slump yang ditentukan dan mempercepat reaksi hidrasi atau proses pengurangan air dalam beton untuk meningkatkan kekuatan beton.
- Type F, *High Range Water Reducer admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai *slump* 12 persen atau lebih besar.
- Type G, *High Range Water Reducer* dan *Retarder admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai *slump* 12 persen atau lebih besar dan memperlambat reaksi hidrasi pada beton.

Adapun bahan tambah atau *admixture* yang akan digunakan dalam penelitian adalah SikamentNN yang merupakan produk dari PT Sika Indonesia, dan SikamentNN ini termasuk *admixture* type F sesuai dengan A.S.T.M C 494-92 yang memiliki keuntungan jika digunakan dalam pembuatan beton, antara lain:

- *Workability* sangat meningkat, meningkatkan *placeability* di komponen yang langsing dengan pengaturan yang memenuhi.
- Mengurangi jumlah dari getaran yang diperlukan, normal di set tanpa keterlambatan.
- Mengurangi resiko dari pemisahan (*Segregasi*) secara signifikan.
- Mengurangi air sampai 20% dan akan menghasilkan 40% peningkatan *Compressive Strength* pada hari ke 28.
- Kekuatan tinggi dalam 12 jam.

## 2.4 Slump Flow

*Filling ability* adalah kemampuan beton untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan *filling ability* dari beton tersebut, digunakan *slump flow test* dengan menggunakan kerucut *abrams* guna mengetahui kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dalam besaran diameter.

Tes *slump flow* digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan air) dan stabilitas dari beton ringan. 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.

Berikut terdapat beberapa hasil penelitian beton yang pernah dilakukan, dapat dilihat beberapa nilai *slump flow*:

Tabel 2.6: Nilai Penelitian Pengujian *Slump Flow*.

Nama & Tahun	Judul	Filler	Keterangan
(Nastain & Maryoto, 2010)	Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Kaku	Karet Ban	Slump flow dengan karet 0,3 % = 12.56 cm Slump flow dengan karet 0,75 % = 11.28 cm Slump flow dengan karet 1.0 % = 10.33 cm
(Irmawaty & Muhaimin, 1999)	Studi Perilaku Mekanik Beton Crumb Rubber	Karet Ban	Slump flow dengan karet 10 % = 10 cm Slump flow dengan karet 20 % = 9.5 cm Slump flow dengan karet 30 % = 8 cm
(M. Irpan, 2017)	Pengaruh Penambahan hancuran Karet (Crumb Rubber) Pada Campuran Beton Terhadap sifat Mekanik Beton.	Karet Ban	Slump flow dengan karet 5 % = 9 cm Slump flow dengan karet 10 % = 9.5 cm Slump flow dengan karet 15 % = 11 cm Slump flow dengan karet 20 % = 11.5 cm

## 2.5 Berat jenis (*Density*)

Berat jenis beton digunakan untuk menghitung berat sendiri struktur. Dimana, semakin berat nilai dari berat jenis beton, maka struktur akan memiliki berat sendiri yang besar pula.

Berat jenis beton merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa ( $m$ ) dengan volume ( $v$ ). Secara matematis, berat jenis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Dimana:

$\rho$  = Berat jenis atau *density* (kg/m<sup>3</sup>)

$m$  = Massa benda uji (kg)

$v$  = Volume benda uji (m<sup>3</sup>)

## 2.6 Kuat Tekan Beton (*Compressive Strength*)

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<sub>2</sub>S (*carbon disulfide*) yang memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C<sub>3</sub>A memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama, C<sub>3</sub>A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini akan semakin mengecil.

Ukuran cetakan benda uji memiliki beberapa jenis dan ukuran dan dapat di lihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Ukuran Benda Uji Kuat Tekan (SK SNI M-62-1990-03).

Jenis Cetakan Contoh Uji	Ukuran Bagian Dalam Cetakan (mm)
Kubus	150 x 150 x 150
	100 x 100 x 100
Balok	500 x 100 x 100
	600 x 150 x 150
Silinder	Diameter 50 dan Tinggi 100
	Diameter 150 dan Tinggi 300
	Diameter 100 dan Tinggi 200

Untuk mengetahui secara pasti kekuatan beton ringan, dilakukan pengujian kuat tekan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberi beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Untuk mengetahui besar dari kuat tekan beton ringan maka digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Dimana:

$f_c$  = Kuat tekan beton ringan (N/mm<sup>2</sup> atau MPa).

$P$  = Beban maksimum (N).

$A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>).

Berikut beberapa penelitian beton yang pernah dilakukan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Penelitian Pengujian Analisis Kuat Tekan.

No	Nama dan judul	Filler	Hasil
1	Pemanfaatan Pematangan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Kaku. (Nastain & Maryoto, 2010)	Karet Ban Bekas	Kuat tekan : 0.3 % = 28.6599 MPa 0.75 % = 29.2566 MPa 1.0 % = 10.9365 MPa
2	Studi Perilaku Mekanik Beton Crumb Rubber. (Irmawaty & Muhaimin, 1999)	Karet Ban Bekas	Kuat tekan : 10% = 21.458 MPa 20% = 23.054 MPa 30% = 14.286 MPa

Tabel 2.8: *Lanjutan.*

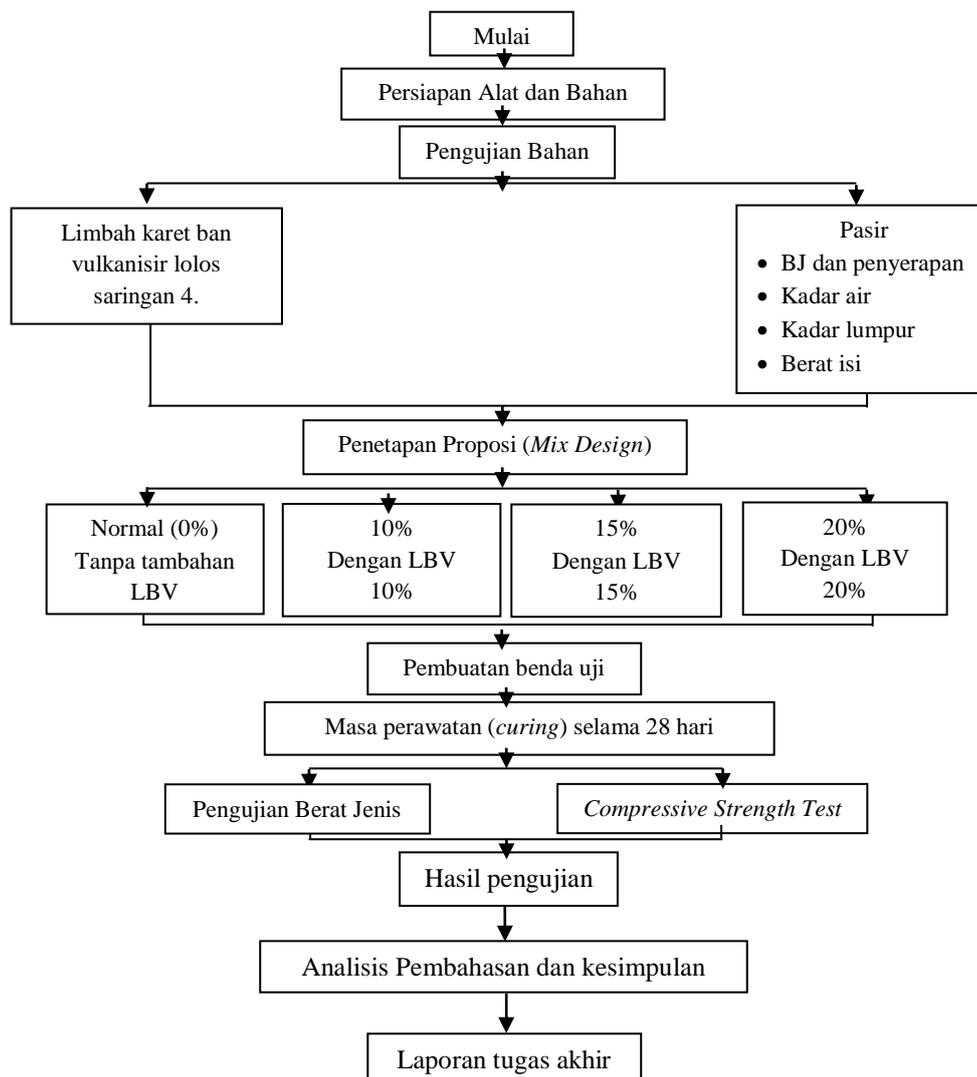
3	Pengaruh Penambahan hancuran Karet (Crumb Rubber) Pada Campuran Beton Terhadap sifat Mekanik Beton. (M. Irpan, 2017)	Karet Ban Bekas	Kuat tekan : 5 % = 30.113 Mpa 10 % = 26.180 Mpa 15 % = 25.076 Mpa 20% = 21.092 MPa
---	---	-----------------	--

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1: Langkah-Langkah Penelitian.

Pada gambar 3.1 menunjukkan alur dari metode penelitian dimana tahap pada proses penelitian dilakukan:

1. Persiapan alat dan bahan.

Sebelum memulai penelitian, perlu dilakukan proses persiapan baik 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 pengganti semen yaitu abu sekam padi dan serbuk cangkang telur hanya dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan. Setelah pengujian dasar selesai dilakukan, maka selanjutnya dapat merencanakan rancangan campuran.

3. *Mix design*..

Merencanakan rancangan campuran (*mix design*) beton ringan 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 semen pada penelitian ini adalah menggunakan *crumb rubber* (10%, 15%, 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, *foam agent*, *chemical admixture* yang telah ditentukan proporsinya saat *mix design*.

6. Pengujian *slump flow*.

Dilakukan pengujian *slump flow* untuk mengetahui *filling ability*.

7. Perawatan (*curing*).

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

8. Pengujian kuat teka.

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

9. Hasil pengujian.

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

10. Analisis Pembahasan dan kesimpulan.

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

11. 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 eksperimen laboratorium.

Untuk waktu dan tempat penelitian yang akan 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	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021
2	Proses Penimbangan Bahan-Bahan Sampel Yang Akan Diuji	Laboraturium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021
3	Proses Pembuatan Sampel Beton	Laboraturium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
4	Proses Perendaman Sampel Beton	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
6	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Agustus 2021

### 3.3 Persiapan Alat Dan Bahan

#### 3.3.1. Peralatan Pembuatan Beton

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan agregat halus No.4.



Gambar 3.2: Saringan Agregat Halus No.4.

2. Oven.



Gambar 3.3: Oven.

3. Timbangan Digital.



Gambar 3.4: Timbangan Digital.

4. Ember.



Gambar 3.5: Ember.

5. Cetakan Benda Uji Berbentuk Kubus.



Gambar 3.6: Cetakan Benda Uji Kubus 10cm x cm x10cm.

6. Sekop Tangan.



Gambar 3.7: Sekop Tangan.

7. Piknometer.



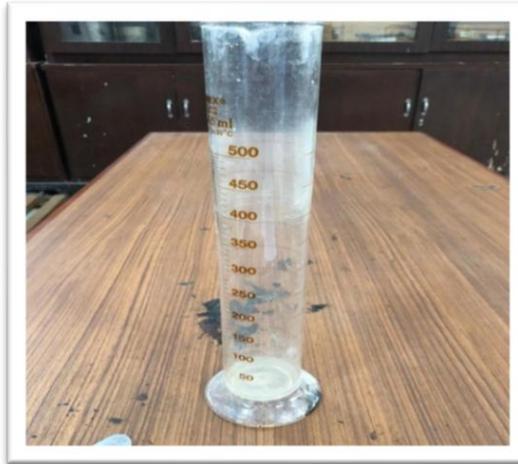
Gambar 3.8: Piknometer.

8. Pan.



Gambar 3.9: Pan.

9. Gelas Ukur.



Gambar 3.10: Gelas Ukur.

10. Plastik 10 kg.



Gambar 3.11: Plastik 10 kg.

11. Kuas.



Gambar 3.12: Kuas.

12. Bak Perendam.



Gambar 3.13: Bak Perendam.

13. Spritus.



Gambar 3.14: Spritus.

14. Kawat Kasa Dan Kaki Tiga.



Gambar 3.15: Kawat Kasa Dan Kaki Tiga.

15. Kerucut Abram.



Gambar 3.16: Kerucut Abram.

16. Mesin Pengaduk Beton (Molen).



Gambar 3.17: Mesin Pengaduk Beton.

17. Mesin Pengaduk *Foam Agent* (Bor).



Gambar 3.18: Mesin Pengaduk *Foam Agent*.

## 18. Alat Pengujian Beton.



Gambar 3.19: *Compression Machine Test.*

### 3.3.2. Bahan Pembuatan Beton

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

#### 1. Agregat Halus (Pasir).

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil 0,15 mm - 5 mm menurut (SK SNI T-15-1991-03).



Gambar 3.20: Agregat Halus.

2. Semen.

Semen yang direncanakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas PPC (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. Semen *portland* ialah semen hidrolis yang dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu.



Gambar 3.21: Semen Andalas.

3. Air.

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Gambar 3.22: Air.

4. *Foam Agent*.

*foam agent* diperoleh dari toko di kota Medan sesuai dengan ketentuan pada ASTM C 869-91 “Spesifikasi *Foaming Agent* Dalam Pembuatan Busa Untuk Beton Selular”.



Gambar 3.23: *Foam Agent*.

5. *Chemical Admixture*.

*Chemical Admixture* tipe F sesuai dengan standart ASTM C 494, yang digunakan dengan jenis Sikament NN.



Gambar 3.24: Sika.

#### 6. Karet Ban Vulkanisir.

Karet ban vukanisir yang di gunakan di peroleh dari satu pabrik vulkanisir di daerah Jl Medan-Binjai km 15, Sei Semayang, Kec Sunggal. Kab Deli Serdang.



Gambar 3.25: Karet Ban Vulkanisir (*Crumb Rubber*).

### 3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode *eksperimental*, dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa beton busa karet dengan menggunakan 3 jenis FAS sebesar 0.35, 0.40, dan 0.45. Kemudian selanjutnya untuk penggantian pasir sebagian dengan karet dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

#### 3.4.1 Variasi 0% (Normal)

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

#### 3.4.2 Variasi 10%

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

### **3.4.3 Variasi 15%**

Penggunaan pasir pada variasi ini dikurangi sebesar 15% dari berat keseluruhan pasir yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran karet ban vulkanir 15% dari berat keseluruhan pasir.

### **3.4.4 Variasi 20%**

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

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

## **3.5 Pemeriksaan Agregat Halus**

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya:

### **3.5.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus**

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaannya berat jenis dan penyerapan agregat halus:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
5. Membuang air dari piknometer.
6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
7. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.

8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama  $\pm 15$  menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama  $\pm 24$  jam.
10. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

### **3.5.2 Kadar Air Agregat Halus**

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi Faktor Air Semen (FAS) untuk campuran beton dan mempengaruhi kuat tekan beton.

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Mengambil contoh bahan sebagian untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
2. Memasukkan contoh kedalam wadah lalu ditimbang.
3. Mengeringkan contoh bahan sampai berat konstan kedalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$ .
4. Mengeluarkan contoh bahan dari oven untuk mendinginkan dalam suhu ruang kemudian ditimbang.
5. Melakukan percobaan diatas sebanyak 2 kali.

### **3.5.3 Kadar Lumpur Agregat Halus**

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.
5. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200 dan masukkan kedalam wadah.
6. Melakukan prosedur nomor 4 dan nomor 5 secara berulang-ulang supaya tidak mengandung kadar lumpur lagi.
7. Memasukkan benda uji kedalam oven selama  $\pm 24$  jam hingga berat konstan.
8. Mengeluarkan contoh bahan yang telah dioven selama  $\pm 24$  jam, lalu mendinginkan beberapa saat, lalu ditimbang.
9. Menghitung persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah mencucinya.

### **3.6 Mix Design**

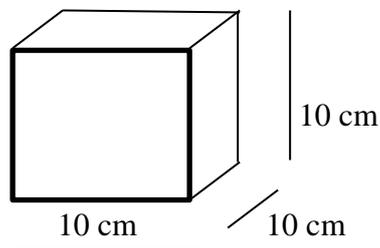
Pada penelitian ini limbah karet ban vulkanisir digunakan sebagai bahan alternatif menggantikan pasir sebagian sebanyak 36 sampel dengan variasi pembagian yang berbeda-beda. benda uji dibuat dengan menambahkan variasi-variasi limbah karet ban vulkanisir sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. sedangkan untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,35, 0,40, dan 0,45 dan untuk campuran pada *foam agent* dan air digunakan rasio 1:40. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Jumlah Sampel Benda Uji.

FAS (Faktor air semen)	Variasi <i>Crumb Rubber</i>	Uji Kuat Tekan
		28 hari
0,35	0 %	3
	10%	3
	15%	3
	20%	3
0,40	0%	3
	10%	3
	15%	3
	20%	3
0,45	0%	3
	10%	3
	15%	3
	20%	3
		Total 36 sampel

### 3.7 Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standar SNI 03-2824-2002 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. dengan limbah karet ban vulkanisir sebagai pengganti pasir sebahagian yang sudah direncanakan. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji beton berbentuk kubus dengan diameter 10 cm × 10 cm × 10 cm.



Gambar 3.26: Desain Benda Uji Kubus.

### 3.7.1 Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji

1. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan.
2. Merencanakan proporsi campuran beton (*job mix design*).
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *job mix design*.
4. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari pasir, *crumb rubber*, semen.
5. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air dan bahan tambah berupa *superplastisizer* (sika) kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
7. *Mixer foam agent* pada ember yang berisi campuran air dan *foam agent* dengan perbandingan 1:40 hingga menghasilkan busa yang stabil (tidak mudah pecah dan memiliki plastisitas yang tinggi).
8. Memasukkan busa *foam agent* kedalam adonan beton ringan yang berada di dalam *mixer*.
9. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.
10. Menuangkan adonan beton kedalam pan.
11. Mengukur *slump flow* adonan beton yang berada di pan.
12. Mengisi cetakan (bekisting) dengan adonan beton ringan secara bertahap hingga penuh dan rata.
13. Meratakan permukaan adonan beton ringan pada cetakan dengan sendok spesi.
14. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton ringan mengeras dengan sendirinya.
15. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan beton ringan hingga benar-benar mengering.
16. Setelah cukup kering, merendam beton ringan kedalam air selama umur rencana 28 hari.
17. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test*

### 3.7.2 *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* merujuk pada SNI 1972:2008 (*Pengujian Slump Beton*) serta ASTM C1611/C 1611 M (*Standard Test Method For Slump Flow Of Self Consolidating Concrete*). Nilai *slump flow* minimum 550 mm dan maksimum 750 mm.

Langkah-langkah pengujian *slump flow*:

- Persiapkan peralatan 1 set *slump flow*.
- Kerucut *slump flow* dibalik dari *slump test* normal.
- Masukkan adukan beton kecorong tanpa dirojok.
- Angkat kerucut secara vertikal satu gerakan tanpa mengganggu aliran beton.
- Ukur penyebaran aliran terbesar D1 dan ukur aliran terbesar D2 pada plat.



Gambar 3.27: *Slump Flow*.

### 3.7.3 Perawatan Benda Uji

Sesudah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perendaman benda uji dengan ketentuan ASTM C 31-91. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembongkaran benda uji dilakukan  $\pm$  24 jam setelah pembuatan.
2. Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji direndam selama 28 hari.
3. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

### 3.8 Berat Jenis Beton (*Density*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*density*) beton busa karet ban vulkanisir.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Pers 3.1}$$

Dimana:

$\rho$  = berat jenis beton ( $\text{kg/m}^3$ ).

$m$  = berat benda uji (kg).

$v$  = volume beton ( $\text{m}^3$ ).

Langkah-langkah pengujian berat jenis beton *density*, sebagai berikut:

- Hitung nilai volume dari sampel benda uji.
- Timbang sampel benda uji yang dikeluarkan dari bak perendam, kemudian catat nilai beratnya.
- Kemudian hitung nilai berat jenis beton (*density*).

### 3.9 Kuat Tekan Beton (*Compressive Strength*)

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Kuat tekan beton tersebut dapat dihitung berdasarkan SNI 03-1974-2011.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton:

1. Menimbang berat benda uji.
2. Letakkan benda uji kedalam mesin *compression machine test*.
3. Pengujian dilakukan dengan pembebanan maksimum sehingga benda uji jadi hancur.

4. Untuk pengambilan data, catat nilai beban maksimum pada benda uji yang di uji.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad \text{pers 3.2}$$

Dimana :

$f_c$  : Kuat Tekan ( $\text{N/mm}^2$ ).

$P$  : Gaya Tekan Maksimum (N).

$A$  : Luas Penampang Benda Uji ( $\text{mm}^2$ ).

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal yang dikumpulkan untuk menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini, karena belum adanya SNI atau ASTM yang mengatur untuk syarat-syarat pembuatan beton busa (*foam concrete*). maka dari itu, baik tahapan pelaksanaan ataupun alat dan bahan yang digunakan kebanyakan mengacu pada jurnal tentang beton ringan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

#### 4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

##### 4.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.1, sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 4.1: Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.

Lolos ayakan No. 4	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven (110 <sup>0</sup> c) Sampai Konstan (E)	492	491	490	491
Berat Piknometer penuh air (D)	696	693	695	694,6
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	971	969	969	969,76
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	2,18	2,19	2,16	2,17

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Berat jenis contoh SSD $B / ( B + D - C )$	2,22	2,23	2,21	2,22
Berat jenis contoh semu $E / ( E + D - C )$	2,26	2,28	2,26	2,26
Penyerapan ( <i>Absorbition</i> ) $[( B - E ) / E ] \times 100 \%$	1,62	1,83	2,04	1,83

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,22 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu  $Dry < SSD < Semu$  dengan nilai  $2,17 < 2,22 < 2,26$  dan penyerapan rata-rata sebesar 1,83%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorsi yang baik adalah dibawah 2% dari nilai absorsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

#### 4.1.2 Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air pada pasir ini dilakukan untuk memenuhi besarnya kadar air yang terkandung dalam pasir dengan cara pengeringan dalam oven. Kadar air pada pasir adalah perbandingan antara berat pasir dalam kondisi kering oven terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Pasir.

Fine Agreggat	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Berat contoh SSD dan Berat Wadah	Gram	555	565	560
Berat Contoh SSD	Gram	500	500	500
Berat Contoh Kering Oven dan Berat Wadah	Gram	544	550	549

Tabel 4.2: *Lanjutan.*

Berat Contoh Kering	Gram	489	485	487
Berat Wadah	Gram	55	65	60
Berat Air	Gram	11	15	13
Kadar Air	%	2,24	2.24	2,24
Rata-rata	%	2,24	2,24	

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar air rata-rata sebesar 2,24%. hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu 2,0% – 4,0%.

#### 4.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum.

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

Tabel 4.3: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	500	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci (gr)	488	490	480	486
Berat Kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (gr)	12	10	20	14
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2,4	2	4	2,8

Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 2,4%, sampel kedua sebesar 2%, dan sampel ketiga sebesar 4%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 2,8%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971, yaitu  $< 5\%$ .

#### 4.2 Perhitungan Mix Design

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan sampel pada tiap-tiap variasi, dimana tiap variasi nya memiliki 3 sampel yang di cetak. Jumlah campuran yang dibutuhkan untuk membuat 3 sampel dalam satu kali *mix* dilihat pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji kubus} &= 0,001 \text{ m}^3 \\
 4V &= 0,001 \times 4 \\
 &= 0,004 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana x 4V} &= 1200 \times 0,004 \\
 &= 4.8 \text{ kg / 3 bagian} \\
 \text{Maka, berat isi rencana / bagian} &= 1.6 \text{ kg / 3} \\
 &= 1.6 \text{ kg / bagian}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali *mix* pada sampel tekan dengan 3 variasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Bahan Campuran Beton Untuk 1 Kali *Mix* (3 Sampel).

FAS	MATERIAL	CR 0%	CR 10 %	CR 15%	CR 20 %
<b>0.35</b>	Semen (kg)	1.6	1.6	1.6	1.6
	Pasir (kg)	3.2	2.88	2.72	2.56
	Air L)	0.56	0.56	0.56	0.56
	FA (ml) 1/40	4:16	4:16	4:16	4:16
	SIKA (ml)	0.32	0.32	0.32	0.32
<b>0.40</b>	Semen (kg)	1.6	1.6	1.6	1.6
	Pasir (kg)	3.2	2.88	2.72	2.56
	Air (L)	0.72	0.72	0.72	0.72
	FA (ml)	4:16	4:16	4:16	4:16

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

	SIKA (ml)	0.32	0.32	0.32	0.32
<b>0.45</b>	Semen (kg)	1.6	1.6	1.6	1.6
	Pasir (kg)	3.2	2.88	2.72	2.56
	Air (L)	0.88	0.88	0.88	0.88
	FA (ml)	4:16	4:16	4:16	4:16
	SIKA (ml)	0.32	0.32	0.32	0.32

Data yang dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut:

1. Variasi I

Normal (0%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 2 x 1.6 kg  
= 3.2 kg
- Air (L) : Semen x 0,35 = 1.6 x 0.35  
= 0.56 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  
= 0.32 ml

2. Variasi II (10%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti  
= 3.2 - (10% x 3.2)  
= 2.88 kg
- CR : Berat Pasir – pasir pengganti  
= 3.2 - 2.88  
= 0.32 kg
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.6 x 0.35  
= 0.56 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  
= 0.32 ml

3. Variasi III (15%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  
=  $3.2 - (15\% \times 3.2)$   
= 2.72 kg
- CR : Berat pasir – pasir pengganti  
=  $3.2 - 2.72$   
= 0.48 kg
- Air (L) : Semen x 0,35 =  $1.6 \times 0,35$   
= 0.56 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen =  $2\% \times 16 \text{ kg}$   
= 0.32 ml

4. Variasi IV (20%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  
=  $3.2 - (20\% \times 3.2)$   
= 2.56 kg
- CR : Berat pasir – pasir pengganti  
=  $3.2 - 2.56$   
= 0.64 kg
- Air (L) : Semen x 0.35 =  $1.6 \times 0.35$   
= 0.56 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen =  $2\% \times 1.6$   
= 0.32 ml

5. Variasi V

Normal (0%) dengan FAS 0.40

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian =  $2 \times 1.6 \text{ kg}$   
= 3.2 kg
- Air (L) : Semen x 0,40 =  $1.6 \times 0.40$

- = 0.72 L
  - F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
  - Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  
= 0.32 ml
6. Variasi VI (10%) dengan FAS 0.40
- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
  - Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti  
= 3.2 – (10% x 3.2)  
= 2.88 kg
  - CR : Berat Pasir – pasir pengganti  
= 3.2 – 2.88  
= 0.32 kg
  - Air (L) : Semen x 0.40 = 1.6 x 0.40  
= 0.72 L
  - F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
  - Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  
= 0.32 ml
7. Variasi VII (15%) dengan FAS 0.40
- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
  - Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  
= 3.2 – ( 15% x 3.2)  
= 2.72 kg
  - CR : Berat pasir – pasir pengganti  
= 3.2 – 2.72  
= 0.48 kg
  - Air (L) : Semen x 0,40 = 1.6 x 0,40  
= 0.72 L
  - F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
  - Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 16 kg  
= 0.32 ml
8. Variasi VIII (20%) dengan FAS 0.40
- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg

- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  

$$= 3.2 - (20\% \times 3.2)$$

$$= 2.56 \text{ kg}$$
- CR : Berat pasir – pasir pengganti  

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.40 = 1.6 x 0.40  

$$= 0.72 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  

$$= 0.32 \text{ ml}$$

9. Variasi IX

Normal (0%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 2 x 1.6 kg  

$$= 3.2 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0,45 = 1.6 x 0.45  

$$= 0.88 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6  

$$= 0.32 \text{ ml}$$

10. Variasi X (10%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti  

$$= 3.2 - (10\% \times 3.2)$$

$$= 2.88 \text{ kg}$$
- CR : Berat Pasir – pasir pengganti  

$$= 3.2 - 2.88$$

$$= 0.32 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.6 x 0.45  

$$= 0.88 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air

- Sika (ml) :  $2 \% \times \text{semen} = 2\% \times 1.6$   
= 0.32 ml
11. Variasi VII (15%) dengan FAS 0.45
- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
  - Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  
=  $3.2 - (15\% \times 3.2)$   
= 2.72 kg
  - CR : Berat pasir – pasir pengganti  
=  $3.2 - 2.72$   
= 0.48 kg
  - Air (L) : Semen x 0,45 =  $1.6 \times 0,45$   
= 0.88 L
  - F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
  - Sika (ml) :  $2 \% \times \text{semen} = 2\% \times 16 \text{ kg}$   
= 0.32 ml
12. Variasi VIII (20%) dengan FAS 0.45
- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
  - Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti  
=  $3.2 - (20\% \times 3.2)$   
= 2.56 kg
  - CR : Berat pasir – pasir pengganti  
=  $3.2 - 2.56$   
= 0.64 kg
  - Air (L) : Semen x 0.45 =  $1.6 \times 0.45$   
= 0.88 L
  - F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
  - Sika (ml) :  $2 \% \times \text{semen} = 2\% \times 1.6$   
= 0.32 ml

### 4.3 Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* merujuk pada SNI 1972:2008 (*Pengujian Slump Beton*) serta ASTM C1611/C 1611 M (*Standard Test Method For Slump Flow Of Self Consolidating Concrete*). Nilai *slump flow* minimum 530 mm dan maksimum 740 mm.

#### 4.3.1 *Slump Flow* Benda Uji

Hasil *slump flow* dengan FAS 0.35

SF Variasi I (Normal 0% )

$$\begin{aligned} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (600 + 660) / 2 \\ &= 630 \text{ mm} \gg 63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi II (10\%)} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (600+640) / 2 \\ &= 620 \text{ mm} \gg 62 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi III (15\%)} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (600+620) / 2 \\ &= 610 \text{ mm} \gg 61 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi IV (20\%)} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (580+600) / 2 \\ &= 590 \text{ mm} \gg 59 \text{ cm} \end{aligned}$$

Hasil *slump flow* dengan FAS 0.40

SF Variasi V (Normal 0%)

$$\begin{aligned} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (770 + 750) / 2 \\ &= 760 \text{ mm} \gg 76 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi VI (10\%)} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (770+700) / 2 \\ &= 735 \text{ mm} \gg 73.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF Variasi VII (15\%)} = (D1+D2) / 2$$

$$= (700+730) / 2$$

$$= 715 \text{ mm} \gg 71.5 \text{ cm}$$

$$\text{SF Variasi VIII (20\%)} = (D1+D2) / 2$$

$$= (650+600) / 2$$

$$= 625 \text{ mm} \gg 62.5 \text{ cm}$$

Hasil *slump flow* dengan FAS 0.45

$$\text{SF Variasi IX (Normal 0\%)}$$

$$= (D1+D2) / 2$$

$$= (880 + 830) / 2$$

$$= 855 \text{ mm} \gg 85.5 \text{ cm}$$

$$\text{SF Variasi X (10\%)}$$

$$= (D1+D2) / 2$$

$$= (740+720) / 2$$

$$= 730 \text{ mm} \gg 73 \text{ cm}$$

$$\text{SF Variasi XI (15\%)}$$

$$= (D1+D2) / 2$$

$$= (720+700) / 2$$

$$= 710 \text{ mm} \gg 71 \text{ cm}$$

$$\text{SF Variasi XII (20\%)}$$

$$= (D1+D2) / 2$$

$$= (690+680) / 2$$

$$= 685 \text{ mm} \gg 68.5 \text{ cm}$$

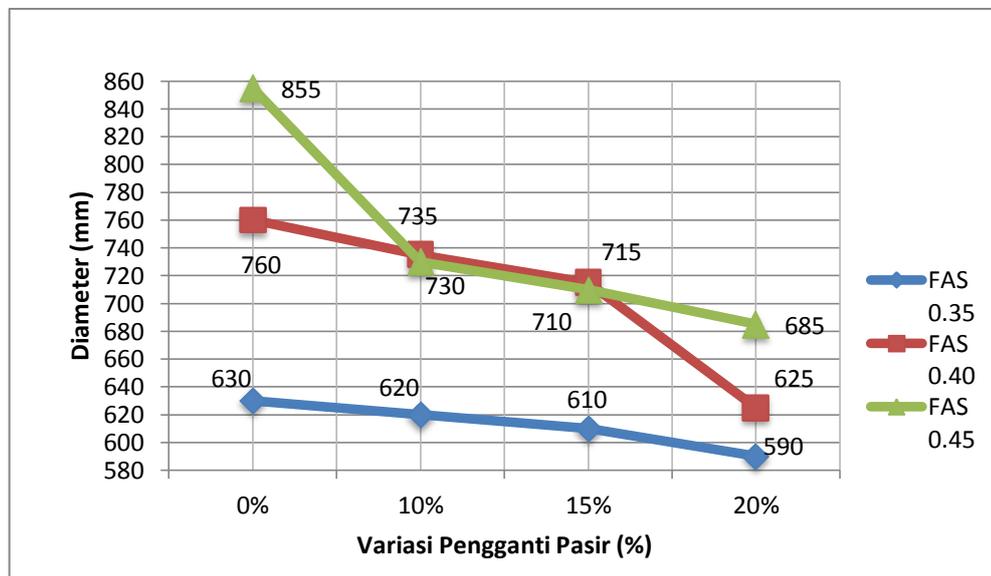
Tabel 4.5: *Slump Flow* Adonan Beton Busa CR.

No.	FAS	Kode Variasi	Diameter 1 (mm)	Diameter 2 (mm)	<i>Slump Flow</i> (mm)
0	1	2	3	4	5=(3+4)*0.5
1.	FAS 0.35	Variasi I 0%	600	660	630
2.		Variasi II 10%	600	640	620
3.		Variasi III 15%	600	620	610
4.		Variasi IV 20%	580	600	590
5.	FAS 0.40	Variasi V 0%	770	750	760
6.		Variasi VI 10%	700	770	735
7.		Variasi VII 15%	730	700	715
8.		Variasi VIII 20%	650	600	625
9.	FAS 0.45	Variasi IX 0%	880	830	855

Tabel 4.5: Lanjutan.

10.		Variasi X	10%	720	740	730
11.		Variasi XI	15%	720	700	710
12.		Variasi XII	20%	690	680	685

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 855 mm terjadi pada variasi beton busa CR dengan campuran FAS 0.45 dan pengganti pasir sebanyak 0% sedangkan *slump flow* terendah pada FAS 0.35 dengan diameter rata-rata 590 mm pada pada variasi pengganti pasir sebanyak 20%. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.



Gambar 4.1: Grafik *Slump Flow*.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kenaikan nilai *slump flow* terjadi pada FAS 0.30 hingga variasi FAS 0.45. Namun, terjadi penurunan *slump flow* di tiap variasi FAS 0,35,0.40, dan 0.45. pada tiap variasi terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan *Crumb Rubber* yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton busa CR pada takaran tertentu yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton busa CR. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang di tiap variasi.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 1611/C 1611M 05, bahwa hasil yang didapatkan dari sampel pengujian dan perhitungan diameter

pada *slump flow* sebagian masih memenuhi ketentuan *multi operator precision* yaitu memiliki hasil rata-rata diameter antara 530-740 mm. Dimana variasi FAS 0.45 Normal merupakan variasi campuran yang akan sangat mudah mengalir di dalam cetakan dibandingkan variasi lainnya.

#### **4.4 Pengujian Berat Jenis Beton (*Density*)**

Pengujian berat jenis beton adalah untuk menentukan kepadatan beton segar dan beton kering setelah perendaman, serta untuk mengetahui apabila beton yang dilakukan pengujian tersebut telah memenuhi nilai berat jenis rencana.

Berdasarkan data pengujian, nilai berat isi beton untuk berbagai variasi penggunaan *crumb rubber* dan pada tiap variasi penggunaan FAS 0.35, 0.40, dan 0.45 pada pembuatan beton busa sesuai dari perencanaan yang di buat. Untuk lebih jelasnya pengujian berat jenis beton busa terdapat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.6: Berat Jenis Beton CRC FAS 0.35.

Kubus 100*100*100 mm		Berat Basah	Volume benda uji	Berat jenis Benda Uji	Berat jenis Rata-rata	Berat Kering	Berat jenis Benda Uji Kering	Berat jenis Kering Rata-rata
Pengganti Pasir (CR)	Kode							
		(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
0%	S1	1.198	0.001	1198	1209	1.188	1188	1199.3
	S2	1.225	0.001	1225		1.214	1214	
	S3	1.204	0.001	1204		1.196	1196	
10%	S1	1.195	0.001	1195	1201.3	1.187	1187	1191
	S2	1.207	0.001	1207		1.196	1196	
	S3	1.202	0.001	1202		1.190	1190	
15%	S1	1.202	0.001	1202	1199	1.194	1194	1190.3
	S2	1.198	0.001	1198		1.187	1187	
	S3	1.997	0.001	1197		1.190	1190	
20%	S1	1.196	0.001	1196	1196.6	1.185	1185	1188.3
	S2	1.193	0.001	1193		1.183	1183	
	S3	1.201	0.001	1201		1.197	1197	

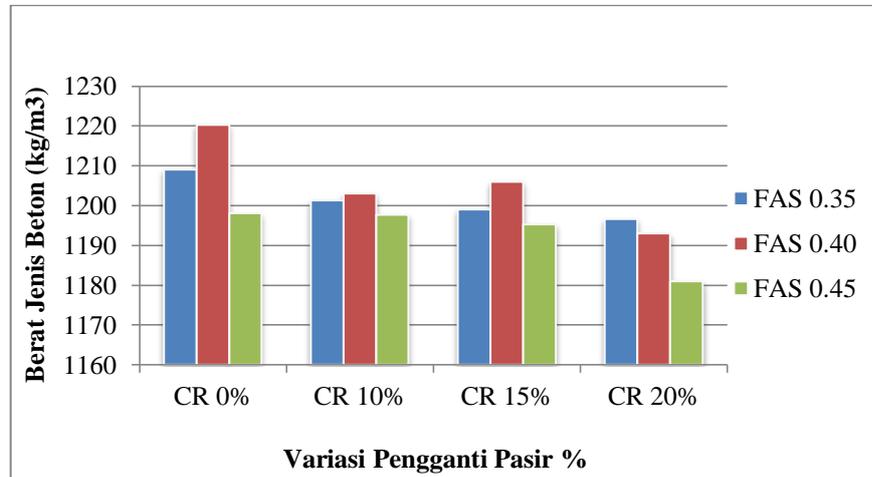
Tabel 4.7: Berat Jenis Beton CRC FAS 0.40.

Kubus 100*100*100 mm		Berat Basah	Volume benda uji	Berat jenis Benda Uji	Berat jenis Rata-rata	Berat Kering	Berat jenis Benda Uji Kering	Berat jenis Kering Rata-rata
Pengganti Pasir (CR)	Kode							
		(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
0%	S1	1.225	0.001	1225	1220.3	1.216	1216	1206.6
	S2	1.207	0.001	1207		1.196	1196	
	S3	1.229	0.001	1229		1.208	1208	
10%	S1	1.198	0.001	1198	1203	1.187	1187	1191
	S2	1.206	0.001	1206		1.194	1194	
	S3	1.205	0.001	1205		1.192	1192	
15%	S1	1.202	0.001	1202	1206	1.188	1188	1193.3
	S2	1.209	0.001	1209		1.198	1198	
	S3	1.207	0.001	1207		1.194	1194	
20%	S1	1.188	0.001	1188	1193	1.174	1174	1179.3
	S2	1.194	0.001	1194		1.180	1180	
	S3	1.197	0.001	1197		1.184	1184	

Tabel 4.8: Berat Jenis Beton CRC FAS 0.45.

Kubus 100*100*100 mm		Berat Basah	Volume benda uji	Berat jenis Benda Uji	Berat jenis Rata-rata	Berat Kering	Berat jenis Benda Uji Kering	Berat jenis Kering Rata-rata
Pengganti Pasir (CR)	Kode							
		(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
0%	S1	1.199	0.001	1199	1198	1.186	1186	1187.6
	S2	1.194	0.001	1194		1.182	1182	
	S3	1.201	0.001	1201		1.195	1195	
10%	S1	1.194	0.001	1194	1197.6	1.183	1183	1184.6
	S2	1.202	0.001	1202		1.190	1190	
	S3	1.197	0.001	1197		1.181	1181	
15%	S1	1.206	0.001	1206	1195.3	1.189	1189	1179.3
	S2	1.189	0.001	1189		1.170	1170	
	S3	1.191	0.001	1191		1.179	1179	
20%	S1	1.176	0.001	1176	1181	1.160	1160	1167.3
	S2	1.187	0.001	1187		1.174	1174	
	S3	1.180	0.001	1180		1.168	1168	

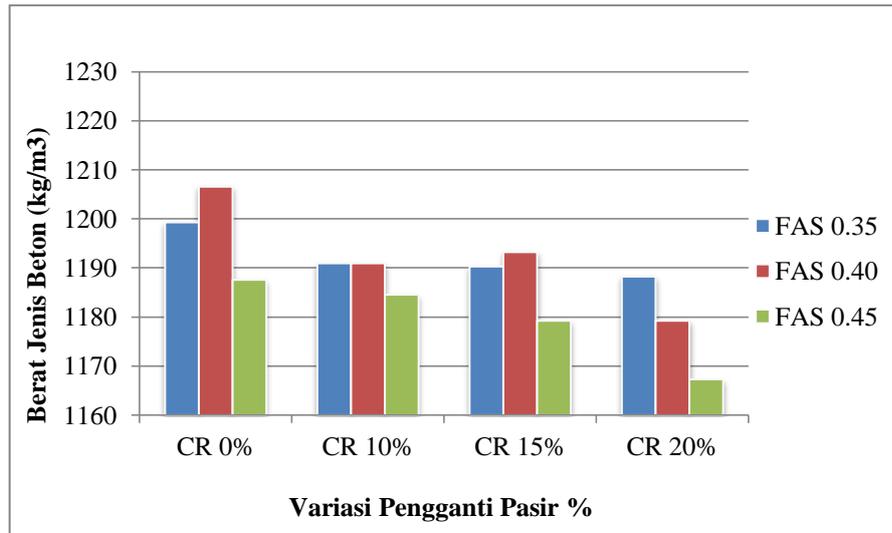
Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*) saat basah dan kering untuk pengujian kuat tekan. Kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan pada variasi sampel.



Gambar 4.2: Grafik Berat Jenis Beton Basah.

Dari Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada sampel masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu  $< 1800 \text{ kg/m}^3$ . Dapat dilihat pula bahwa nilai densitas beton busa CR bertambah dan berkurang seiring penambahan variasi pengganti pasir (*Crumb Rubber*). Namun perbedaan nilai densitas yang terjadi tidak terlalu signifikan. Pada gambar di atas juga menunjukkan bahwa nilai berat jenis beton (*density*) beton busa CR minimum terdapat pada variasi FAS 0.45 dengan pengganti pasir 20%. Sedangkan nilai densitas terbesar untuk sampel terdapat pada variasi FAS 0.40 dengan penggunaan CR 0%.

Kenaikan dan penurunan nilai berat jenis beton ringan CR dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan *foam* serta kestabilan *foam* yang digunakan dalam pengadukkan beton busa.



Gambar 4.3: Grafik Berat Jenis Beton Kering.

Pada Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa nilai berat jenis beton (*density*) beton busa CR minimum terdapat pada variasi FAS 0.45 dengan pengganti pasir 20%. Sedangkan nilai densitas terbesar terdapat pada variasi FAS 0.40 dengan penggunaan CR 0%.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada tiap sampel sebesar 0.4 sampai 1% pada tiap sampel.

#### 4.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990 pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*). Benda uji yang digunakan pada tes kuat tekan adalah berupa kubus dengan diameter 10 cm x 10 cm x 10.

Namun pada penelitian kali ini umur rencana beton berubah menjadi 77 hari dikarenakan keadaan selama adanya pembatasan penggunaan Laboratorium selama masa PPKM. Maka dari itu digunakan rumus interpolasi untuk faktor konversi umur beton 77 hari sebagai solusi keterlembihan rencana dari umur beton 28 hari. Untuk nilai konversi pada umur beton 28 hari adalah 1.00 dan untuk umur beton 77 hari adalah 1,055. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9: Konversi Umur Beton Ringan.

Umur Hari	Rasio Kuat Tekan
3	0.48
7	0.58
14	0.76
21	0.89
28	1.00
90	1.07

Dalam menentukan faktor konversi umur beton 77 hari maka digunakan rumus interpolasi faktor konversi umur beton untuk mendapatkan rasio kuat tekan pada umur beton 77 hari sebagai berikut:

$$fk\ 77\ hari = \frac{(fk\ 90\ hari - fk\ 28\ hari) \times (77\ hari - 28\ hari)}{(90\ hari - 28\ hari)} + fk\ 28\ hari$$

$$fk\ 77\ hari = \frac{(1.07 - 1.00 \times (77\ hari - 28\ hari))}{(90\ hari - 28\ hari)} + 1.00$$

$$fk\ 77\ hari = 1.055$$

Maka Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10: Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.35.

Sampel	CR %	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas penampang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
				77 Hari	28 Hari	77 Hari	77 Hari
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Normal (0%)	0.001	100	127.49	12.75	12.08	11.62
2		0.001	100	122.58	12.26	11.62	
3		0.001	100	117.68	11.77	11.16	
1	(10%)	0.001	100	78.45	7.84	7.43	6.96
2		0.001	100	73.55	7.35	6.97	
3		0.001	100	68.65	6.86	6.50	

Tabel 4.10: Lanjutan.

1	(15%)	0.001	100	49.03	4.90	4.64	5.10
2		0.001	100	53.94	5.39	5.11	
3		0.001	100	58.84	5.88	5.57	
1	(20%)	0.001	100	44.13	4.41	4.18	4.24
2		0.001	100	39.22	3.92	3.71	
3		0.001	100	50.99	5.1	4.83	

Tabel 4.11: Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.40.

Sampel	CR (%)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas penampang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
				77 Hari	28 Hari	77 Hari	77 Hari
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1	Normal (0%)	0.001	100	112.78	11.28	10.69	10.63
2		0.001	100	107.87	10.79	10.23	
3		0.001	100	115.72	11.57	10.97	
1	(10%)	0.001	100	68.65	6.86	6.50	6.72
2		0.001	100	73.54	7.35	6.97	
3		0.001	100	70.61	7.06	6.69	
1	(15%)	0.001	100	58.84	5.88	5.57	5.97
2		0.001	100	66.68	6.67	6.32	
3		0.001	100	63.74	6.37	6.04	
1	(20%)	0.001	100	39.22	3.92	3.71	3.93
2		0.001	100	44.13	4.41	4.18	
3		0.001	100	41.19	4.12	3.90	

Tabel 4.12: Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.45.

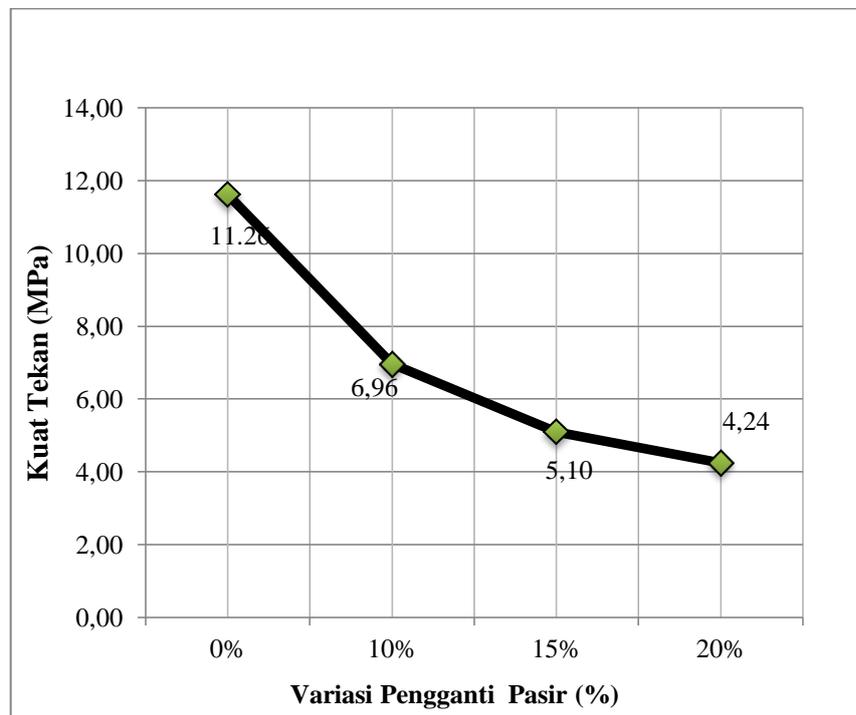
Sampel	CR(%)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas penampang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
				77 Hari	28 Hari	77 Hari	77 Hari
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1	Normal (0%)	0.001	100	107.87	10.78	10.21	9.73
2		0.001	100	98.06	9.80	9.28	
3		0.001	100	102.5	10.25	9.71	
1	(10%)	0.001	100	73.55	7.35	6.96	6.96
2		0.001	100	70.60	7.06	6.69	

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

3		0.001	100	76.49	7.65	7.25	
1	(15%)	0.001	100	58.84	5.88	5.57	4.79
2		0.001	100	49.03	4.90	4.64	
3		0.001	100	44.13	4.41	4.18	
1	(20%)	0.001	100	29.42	2.94	2.78	2.68
2		0.001	100	31.38	3.13	2.96	
3		0.001	100	24.51	2.45	2.32	

Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tekan tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran CR variasi 0% pada FAS 0.35 dengan kekuatan tekan rata-rata sebesar 12.26 MPa dan kekuatan terendah terdapat pada beton dengan campuran CR variasi 20% pada FAS 0.45 yaitu dengan kekuatan tekan rata-rata hanya sebesar 2.84 MPa.

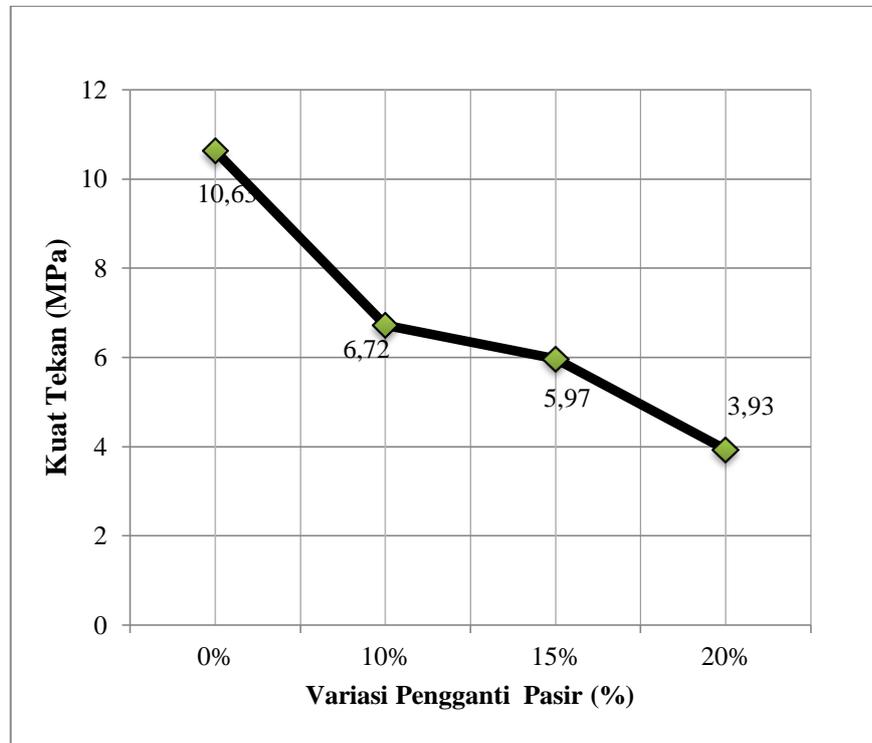
#### 4.5.1 Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Rata-Rata



Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.35.

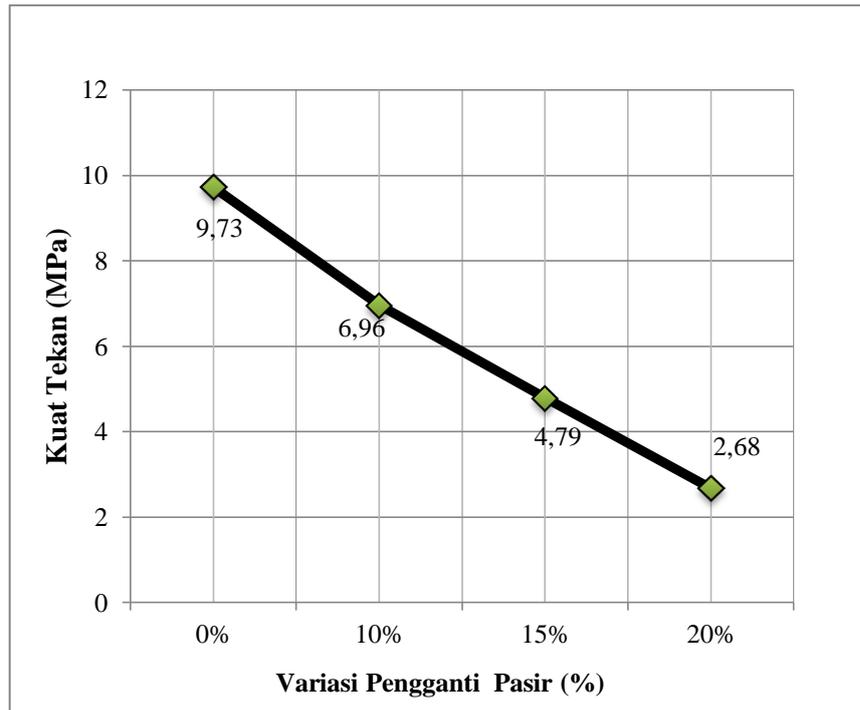
Dari hasil analisa Tabel 4.10 dan Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 11.62 MPa,

sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi 20% yaitu 4.24 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.



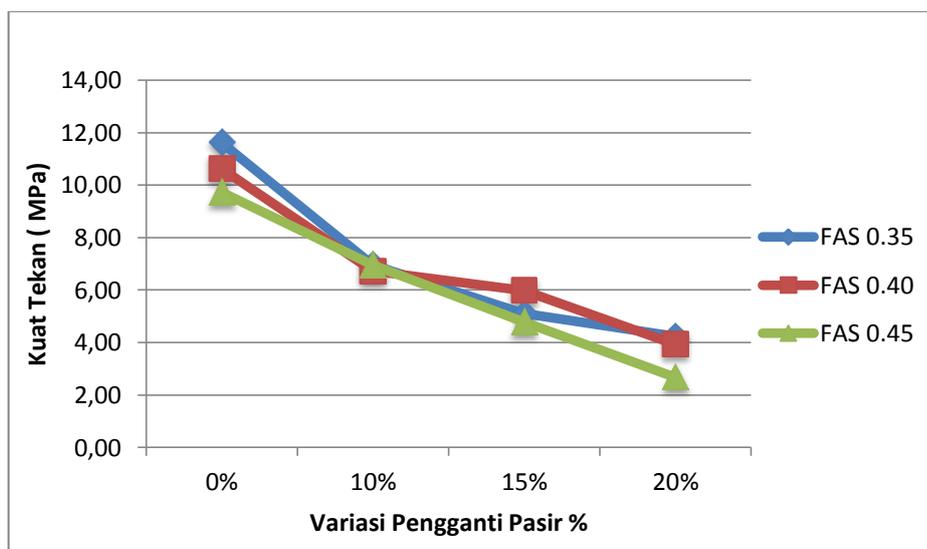
Gambar 4.5; Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.40.

Dari hasil analisa Tabel 4.11 dan Gambar 4.5, dapat diketahui juga bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 10.63 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi 20% yaitu 3.93 MPa. Nilai tersebut masih memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.



Gambar 4.6: Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.45.

Dari hasil analisa Tabel 4.12 dan Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 9.73 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi 20% yaitu 2.68 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.



Gambar 4.7: Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Gabungan.

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% pada penggunaan FAS 0.35 yaitu sebesar 11.62 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi 20% pada penggunaan FAS 0.45 sebesar 2.68 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

Semakin tinggi Penggunaan FAS akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan bleeding. Jadi faktor air semen (FAS) tidak dapat dipisahkan dengan grading agregat.

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh (Tjokrodimuljo, 1996) bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Sifat fisik dari penambahan CR beton busa (*foam concrete*) memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa :
  - a. Diperoleh nilai *slump flow* maksimum yaitu sebesar 855 mm pada sampel kuat tekan variasi 0% pada FAS 0.45 Sedangkan nilai *slump flow* minimum adalah sebesar 590 mm sampel kuat tekan variasi 20% pada FAS 0.35.
  - b. Pada pemeriksaan *density* terhadap variasi campuran 0%, 10%, 15% dan 20% untuk masing-masing variasi cenderung menurun pada tiap variasi 0% hingga 20% dikarenakan berat jenis karet yang digunakan lebih kecil dari pada pasir.
  - c. Berat jenis (*density*) beton busa karet rata-rata adalah sebesar 1100 kg/m<sup>3</sup> –1200 kg/m<sup>3</sup>, sesuai dengan nilai *density* rencana yaitu sebesar 1200 kg/m<sup>3</sup> dan telah memenuhi persyaratan SNI 03-3449-2002 yaitu tidak melebihi 1800 kg/m<sup>3</sup>.
2. Hasil dari penambahan *crumb rubber* pada beton busa (*foam concrete*) memberikan pengaruh sebagai berikut:
  - a. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi 0% pada FAS 0.35 yaitu tanpa penggunaan CR pada umur beton 77 hari yaitu sebesar 12.26 MPa. Sedangkang nilai kuat tekan minimum terjadi pada variasi 20% pada FAS 0.45 yaitu sebesar 2.84 MPa.
  - b. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan CR dengan persentase paling optimum terjadi pada variasi 10% pada FAS 0.35 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 7.35 MPa dalam pengujian kuat tekan.

## 5.2 Saran

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

1. 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 pasir dengan campuran CR.
2. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai beton busa karet, seperti penggunaan variasi tambahan campuran yang berbeda agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
3. 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 busa CR yang lebih baik dari pada penelitian sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Jdayil, B., Mourad, A. H. I., & Hussain, A. (2016). Investigation on the mechanical behavior of polyester-scrap tire composites. *Construction and Building Materials*.
- Andriati Amir Husin, R. S. A. (2008). Pengaruh Penambahan *Foam Agent* Terhadap Kualitas Bata Beton. *Jurnal Permukiman*, 3.
- ASTM C 796 – 97. *Standart Test Method For Foaming Agents For Use in Producing Cellular Concrete Using Performed Foam*.
- ASTM C 869 – 91. *Standart Spesification for Foaming Agents Used in Making Performed Foam for Cellular Concrete*.
- Chandra, Y. (2015). Studi Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Menggunakan Limbah Ban (Tire) Sebagai Agregat. In *Anzdoc*.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal*, 3(1), 1–13.
- Farhan, M., Kusuma, M., Faizah, R., & Nugroho, G. (2021). Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Beton Terhadap Daya Redam Getaran. *I(1)*, 25–28.
- Ganapathi Malarvizhi, N.Senthil, C. K. (2012). A Study on Recycling Of Crumb Rubber and Low Density Polyethylene Blend on Stone Matrix Asphalt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(10).
- Gerges, N. N., Issa, C. A., & Fawaz, S. A. (2018). Rubber concrete: Mechanical and dynamical properties. *Case Studies in Construction Materials*, 9, e00184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00184>.
- 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. (n.d.). *Pengaruh penambahan zat admixture accelerator beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa*.
- Irmawaty, R., & Muhaimin, dan A. A. (1999). Studi Perilaku Mekanik Beton *Crumb Rubber*. 3–8.
- 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.
- Karimah, R., Rusdianto, Y., & Hamdany, D. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 50–55. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4492>.

- Korua, A. M., Dapas, S. O., & Handono, B. D. (2019). Kinerja High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture “ Beton Mix ” Terhadap Kuat Tarik Belah. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1407–1416.
- M. Irpan. (2017). Pengaruh Penambahan Hancuran Karet ( Crumb Rubbber ) Pada Campuran Beton Terhadap Sifat.
- MD Jalal, Aftab Tanveer, K. J. and F. A. (2017). *Foam Concrete. International Journal of Civil Engineering Research*, 8.
- Mills, J., & Skinner, B. (2018). Crumbed Rubber Concrete: A Promising Material for Sustainable Construction • scientia.global. Scientia. <https://www.scientia.global/crumbed-rubber-concrete-a-promising-material-for-sustainable-construction>.
- Nastain, & Maryoto, A. (2010). Pemanfaatan Pemetongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Beton Serat Perkerasan Kaku. *Dinamika Rekayasa*, 6(1), 14–18.
- 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>.
- Nugroho, A., Rahman Saleh, A., Rawamangun Muka, J., & Timur Surel, J. (2017). Utilization of Baggase Ash on Lightweight Foamed Concrete. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 20–24.
- 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>.
- Purnawan Gunawan, Sunarmasto, & Andi Dwi Yunanto. (2014). Studi Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Polyester. *Matriks Teknik Sipil*, 3, 619–627.
- Raffoul, S., Garcia, R., Escolano-margarit, D., Guadagnini, M., & Hajirasouliha, I. (2017). Behaviour of unconfined and FRP-confined rubberised concrete in axial compression. *Construction and Building Materials*, 147, 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.175>.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Rahmayanti, N. (2019). Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan Upv Test. *Teras Jurnal*, 8(2), 434. <https://doi.org/10.29103/tj.v8i2.165>.

- Rommel, E., Karimah, R., & Ningsih, P. A. W. (2018). Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2018*, 97–103.
- Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and F. V. W., & With. (2018). *what a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications, 2018.
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Area, U. M. (2016). Analisa Penggunaan *Foam Agent* Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bata Ringan.
- Teknik, D., Universitas, S., & Jakarta, M. (n.d.). Beton Normal Dengan Menggunakan Oleh : Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta Semen Portlad tipe I merk Tiga. 225, 95–102.
- Teknik, J., Teknik, F., Gadjah, U., Jalan, M., & No, G. (2008). Pemanfaatan Pasir Pantai Sepampang Dan Batu Pecah Asal Ranai Sebagai Bahan Pembuatan Beton Normal. *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*, 18(1), 739–747.
- Thomas, B. S. (2014). Strength, abrasion and permeation characteristics of cement concrete containing discarded rubber fine aggregates. *Construction and Building Materials*, 59, 204–212.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Záleská, M., Pavlík, Z., Čítek, D., Jankovský, O., & Pavlíková, M. (2019). Eco-friendly concrete with scrap-tyre-rubber-based aggregate – Properties and thermal stability. *Construction and Building Materials*, 225, 709–722. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.168>.

# **LAMPIRAN**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Gian Rizka Giovani  
Panggilan : Gian  
Tempat, Tanggal Lahir : Lampahan, 25 Oktober 1998  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat Sekarang : Jl Bireun – Takengon, Desa Lampahan Induk,  
Kec Timang gajah, Kab Bener Meriah, Aceh.  
HP/Telpon Seluler : 0852-6280-8380

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210152  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

### PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan Kelulusan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SDN 1 Lampahan	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 2 Timang Gajah	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAN 2 Timang Gajah	2013 - 2016

### ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota OSIS SMA N 2 Timang Gajah	2015
Anggota BPH Himpunan Mahasiswa Sipil FT UMSU	2016
Anggota FKMTSI wilayah 1 Sumatera Utara	2016