

TUGAS AKHIR
ANALISIS SIFAT-SIFAT BETON BUSA KARET BAN
VULKANISIR DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH
ABU SEKAM PADI

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD TOHA

1607210162



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Toha

NPM : 1607210162

Program Studi : Teknik Sipil

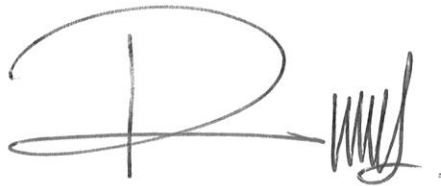
Judul skripsi : Analisis Sifat-Sifat Beton Busa Karet Ban Vulkanisir Dengan
Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi

Bidang ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Januari 2022

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a series of vertical, wavy lines.

Dr Fetra Venny Riza., M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Toha

NPM : 1607210162

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Analisis Sifat-Sifat Beton Busa Karet Ban Vulkanisir Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi

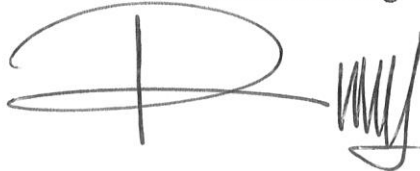
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, Januari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr Fetra Venny Riza., M.Sc

Dosen Pembanding I



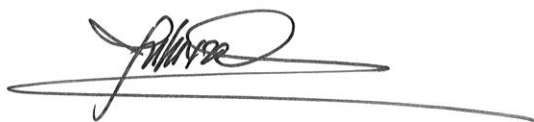
Rizki Efrida, S.T., M.T

Dosen Pembanding II



Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Toha

Tempat/Tanggal Lahir : Pacuan, 16 April 1998

NPM : 1607210162

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Sifat-Sifat Beton Busa Karet Ban Vulkanisir Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi.”

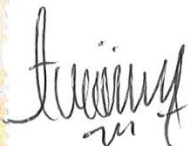
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Januari 2022

Saya yang menyatakan



Muhammad Toha

ABSTRAK

ANALISIS SIFAT-SIFAT BETON BUSA KARET BAN VULKANISIR DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI

Muhammad Toha

1607210162

Dr. Fetra Venny Riza

Beton busa merupakan salah satu kategori beton ringan yang diperoleh dengan cara memasukan gelembung-gelembung udara ke dalam adukan mortar. Gelembung udara tersebut berasal dari bahan dasar foam agent yang diolah dengan air. Dengan menggunakan limbah sebagai pengganti sebagian material penyusun beton busa untuk mengurangi permasalahan lingkungan hidup karena kurangnya penanganan untuk limbah-limbah pangan. Maka dengan menggunakan limbah itu beton akan lebih *eco friendly* dibanding beton konvensional. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mempelajari nilai kuat tekan beton busa terhadap penambahan abu sekam padi dengan variasi 0%, 5%, 10% sebagai pengganti semen sebagian, dan limbah ban vulkanisir dengan variasi 0%, 10%, 20%, sebagai pengganti pasir sebagian. Sampel pengujian yang dicetak dengan ukuran diameter $10 \times 10 \times 10$ cm sebanyak 54 sampel benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan sampel yang dicetak dengan umur rencana 28 hari dengan perbandingan pasir-semen yaitu 1:2, dan nilai F.A.S sebesar 0.35 dan 0.45. Hasil b. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi 0% pada FAS 0.35 yaitu tanpa penggunaan LBV pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 12.26 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan minimum terjadi pada variasi LBV 20% ASP 10% pada FAS 0.45 yaitu sebesar 2.12 Mpa. Nilai tertinggi berada pada campuran 0% disebabkan oleh takaran campuran bahan tambah yang tidak bekerja dengan baik sebagai pozzolan.

Kata Kunci : Beton Busa, kuat tekan.

ABSTRAK

PROPERTIES OF RUBBER FOAM CONCRETE VULCANIZED TIRE USING RICE HUSK ASH AS ADDITIONAL MATERIALS

Muhammad Toha
1607210162
Dr. Fetra Venny Riza

Foam concrete is one category of lightweight concrete obtained by inserting air bubbles into the mortar mix. The air bubbles come from the basic material of foam agent which is treated with water. By using waste as a substitute for some of the building blocks of foam concrete to reduce environmental problems due to lack of handling for food waste. So by using that waste, concrete will be more eco-friendly than conventional concrete. This research was conducted to study the compressive strength of foam concrete to the addition of rice husk ash with variations of 0%, 5%, 10% as a partial cement replacement, and tire retreading waste with variations of 0%, 10%, 20%, as a partial sand replacement. . The test samples that were printed with a diameter of $10 \times 10 \times 10$ cm were 54 samples of test objects. To determine the compressive strength of printed samples with a design age of 28 days with a sand-cement ratio of 1:2, and F.A.S values of 0.35 and 0.45. Results b. The optimum compressive strength value occurs at 0% variation at 0.35 FAS, namely without the use of LBV at 28 days of concrete age, which is 12.26 Mpa. While the minimum compressive strength value occurs in the variation of LBV 20% ASP 10% at 0.45 FAS, which is 2.12 Mpa. The highest value was in the 0% mixture due to the dose of the additive mixture that did not work well as a pozzolan.

Keywords: Foam Concrete, compressive strength.

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Sifat-Sifat Beton Busa Karet Ban Vulkanisir Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Menggunakan Metode Eksperimen Laboratorium”. Shalawat dan salam senantiasa kita curahkan untuk Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang cerah benderang saat ini. Penyusunan skripsi ini meminta sebagian persyaratan guna meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis yang menyetujui ini tidak dapat menyelesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam perencanaan skripsi ini terutama untuk:

1. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, S.T, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Ade Faisal M.T MSc, selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan kritikan yang sangat bermanfaat kepada saya.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.

8. Teristimewa kepada kedua Orang Tua penulis, Bapak Drs Hambali Nasution dan Ibu Hotma Rosana yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan penulis A2 (siang) 2016 dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang telah sama-sama saling memberi dukungan dan motivasi, saling membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman 016 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tercinta yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.
12. Terimakasih kepada rekan-rekan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Penulis menyadari itulah skripsi ini masih jauh dari sempurna karena terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang dibuat dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak dalam bidang manajemen pemasaran.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Dan akhirnya kepada Allah SWT, penulis serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Januari 2022



Muhammad Toha
NPM.1607210162

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Umum	5
2.2 Beton Ringan	6
2.3 Beton Busa (<i>foam concrete</i>)	7
2.3.1 Proses Pembuatan Beton Busa	7
2.3.2 Karakteristik Beton Busa	7
2.4 Beton Karet	8
2.5 Ban Vulkanisir	9
2.6 Abu Sekam Padi	11
2.7 <i>Foaming Agent</i>	12
2.7.1 Jenis – Jenis <i>Foaming Agent</i>	12
2.8 <i>Slump Flow</i>	13
2.9 Berat Jenis (<i>Density</i>)	13
2.10 Kuat Tekan (<i>compressive strength</i>)	14
2.11 Semen	17

2.12	Air	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Diagram Alir	21
3.2	Pelaksanaan Penelitian	22
3.2.1	Tempat Dan Waktu Penelitian	22
3.3	Persiapan Alat Dan Bahan	22
3.3.1	Alat	22
3.3.2	Bahan	29
3.4	Metode Penelitian	31
3.4.1	Data Primer	31
3.4.2	Data Sekunder	31
3.5	Langkah-Langkah Pemeriksaan Bahan	31
3.5.1	Berat Jenis Dan Penyerapan	31
3.5.1.1	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	31
3.5.1.2	Berat Jenis Dan Penyerapan ASP	32
3.5.2	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	33
3.5.3	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	34
3.6	<i>Mix Design</i>	35
3.7	Pembuatan Benda Uji	36
3.7.1	Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji	37
3.7.2	<i>Slump Flow</i>	39
3.7.3	Perawatan Benda Uji	40
3.8	Kuat Tekan Beton	41
BAB 4 ANALISA DATA		42
4.1	Hasil pemeriksaan bahan	42
4.1.1	Berat jenis dan penyerapan	42
4.1.1.1	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	42
4.1.1.2	Berat jenis dan penyerapan ASP	43
4.1.2	Pemeriksaan kadar air agregat halus	44
4.1.3	Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus	45
4.2	<i>Mix Design</i>	46
4.2.1	Perhitungan <i>mix design</i> khusus benda uji tekan	47

4.3	<i>SlumpFlow</i>	58
	4.3.1 <i>Slump Flow</i> Benda Uji	58
4.4	Pengujian Berat Jenis Beton (<i>Density</i>)	63
4.5	Pengujian Kuat Tekan	69
	4.5.1 Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Rata-rata	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYATHIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan penelitian beton busa.	7
Tabel 2.2 Tinjauan penggunaan karet limbah ban.	9
Tabel 2.3 <i>Riview</i> Penggunaan Karet Remah.	11
Tabel 2.4 <i>Riview</i> Penggunaan Abu Sekam Padi.	12
Tabel 2.5 Ukuran Benda Uji Kuat Tekan.	15
Tabel 2.6 Penelitian Pengujian Analisis Kuat Tekan Beton.	16
Tabel 2.7 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Rata-Rata Untuk Setiap Variasi.	16
Tabel 2.8 Komposisi Kimia Semen Portland Tipe I.	18
Tabel 2.9 Contoh Penggunaan Semen Penelitian Yang Dilakukan.	19
Tabel 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian.	22
Tabel 3.2 Jumlah Sampel Yang Akan Dibuat.	36
Tabel 4.1 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.	42
Tabel 4.2 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan ASP.	43
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.	44
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.	45
Tabel 4.5 Variasi Sampel Yang Diuji.	47
Tabel 4.6 Bahan campuran beton untuk 1 kali mix pada kuat tekan.	48
Tabel 4.7 <i>Slump Flow</i> Adonan Beton Busa LBV Dan ASP.	60
Tabel 4.8 Berat Jenis Beton ASP FAS 0.35.	63
Tabel 4.9 Berat Jenis Beton ASP FAS 0.45 .	64
Tabel 4.10 Berat Jenis Beton LBV FAS 0.35.	64
Tabel 4.11 Berat Jenis Beton LBV FAS 0.45.	65
Tabel 4.12 Berat Jenis Beton LBV Dan ASP FAS 0.35.	66
Tabel 4.13 Berat Jenis Beton LBV Dan ASP FAS 0.45.	66
Tabel 4.14 Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.35.	69
Tabel 4.15 Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.45.	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian.	21
Gambar 3.2 cetakan beton khubus.	23
Gambar 3.3 Satu Set Alat Slump Flow.	23
Gambar 3.4 Saringan No.4.	23
Gambar 3.5 Sekop Tangan.	24
Gambar 3.6 Ember.	24
Gambar 3.7 Oven.	24
Gambar 3.8 Piknometer.	25
Gambar 3.9 Pan.	25
Gambar 3.10 Timbangan Digital.	25
Gambar 3.11 Gelas Ukur.	26
Gambar 3.12 Plastik Ukuran 10 Kg.	26
Gambar 3.13 Kuas.	26
Gambar 3.14 Mesin Pengaduk Beton.	27
Gambar 3.15 Mesin Bor.	27
Gambar 3.16 Bak Perendam.	27
Gambar 3.17 Kawat Kasa Dan Kaki Tiga.	28
Gambar 3.18 Spritus.	28
Gambar 3.19 Mesin Kuat Tekan Beton.	28
Gambar 3.20 Pasir.	29
Gambar 3.21 Semen.	29
Gambar 3.22 Air.	29
Gambar 3.23 <i>Foam Agent</i> .	30
Gambar 3.24 Sika.	30
Gambar 3.25 Abu Sekam Padi.	30
Gambar 3.26 Pasir Yang Dijemur.	32
Gambar 3.27 Wadah.	34
Gambar 3.28 Saringan.	35
Gambar 3.29 Desain Benda Uji Khubus.	36
Gambar 3.30 Pengeluaran Benda Uji Yang Dicampur Dalam Molen.	37

Gambar 3.31 Benda Uji Setelah Di Mixer Mesin Pengaduk.	38
Gambar 3.32 Cetakan Yang Digunakan.	38
Gambar 3.33 Pengukuran Nilai <i>Slump</i> .	40
Gambar 3.34 <i>Compression Machine Test</i> .	41
Gambar 4.1 Grafik <i>Slump Flow</i> .	62
Gambar 4.2 Grafik Berat Jenis Basah.	67
Gambar 4.3 Grafik Berat Jenis Kering.	68
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.35.	71
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.45.	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, limbah ban menjadi perhatian global terkait dengan masalah lingkungan. Limbah ban dapat menyebabkan polusi udara karena kebanyakan limbah tersebut dibakar. Produksi limbah merupakan masalah serius karena diperkirakan bahwa setiap tahun limbah produksi melebihi 2,01 miliar ton metric di seluruh dunia (Djaka Suhirkam dkk., 2012a). Diperkirakan juga sampah akan meningkat menjadi 3,40 miliar ton metrik pada tahun 2050 (Djaka Suhirkamdkk., 2012a). Hingga saat ini, pengelolaan sampah yang di buang belum dikelola secara efektif karna, produksi sampah meningkat setiap tahun, terutama dengan adanya peningkatan populasi manusia. Limbah dapat diklarifikasikan menjadi limbah yang dapat teruraidan tidak dapat terurai. Dibandingkan dengan sampah non-degradable, sampah degradable tidak akan menjadi perhatian besar. Sedangkan terdegradasi sampah yang tidak dapat mudah terurai. Plastic, logam,kaca, dan karet adalah beberapa contoh yang dapat terurai (Roychand dkk., 2020).

Produksi ban untuk kendaraan meningkat secara eksponensial mengingat pertumbuhan populasi dan berkembang transportasi yang pesat (Djaka Suhirkam, dkk, 2012a). Limbah karet yang substansial dihasilkan dari limbah ban setelah masa servisnya. Limbah ban hampir sebanding dengan produksi ban mengingat produksi ban tahunan dunia melebihi 2,9 miliar ban pada tahun 2017 (Djaka Suhirkamdkk., 2012a). Limbah non biodegradable dalam jumlah besar ini menempati area yang luas dan menyebabkan bahaya lingkungan. Membakar atau menggunakan ban sebagai bahan bakar dapat menghasilkan gas beracun yang berbahaya bagi lingkungan dan dapat menyebabkan polusi udara alam rusak. Karet ban mengandung stirena, komponen yang sangat beracun yang dapat merusak pernafasan manusia. Karenanya, membuang limbah ban bisa sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Daur ulang limbah dengan cara apapun sangat bermanfaat (Siddika dkk., 2019).

Karakteristik ban bekas yang dapat mengancam lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat dapat digunakan secara menguntungkan dalam industri konstruksi. Banyak penelitian telah dilakukan pada beton yang mengandung skrap-ban-karet sebagai pengganti agregat alami halus dan / atau kasar pada persentase rasio usia yang berbeda (G. Girskas, 2017).

Salah satu solusi yang mungkin untuk pemanfaatan karet ban bekas adalah dengan dimasukkan ke dalam beton sebagai pengganti agregat alami. Pendekatan ini bisa ramah lingkungan karena membantu mencegah dampak pencemaran lingkungan melalui pembuangan limbah ban (Aly dkk., 2019).

Penambahan karet ban bekas ke dalam beton sebagai pengganti sebagian dari bahan kasar alam dan / atau agregat halus secara signifikan mengubah sifat beton yang dihasilkan. Studi terus menerus melaporkan bahwa menggunakan karet dalam beton mengurangi kuat tekan, kuat lentur, dan modulus elastisitasnya dibandingkan dengan beton konvensional (D. Snelson dkk, 2009).

Banyak penelitian telah dilakukan pada beton yang mengandung skrap-ban-karet sebagai pengganti agregat alami halus dan / atau kasar pada persentase rasio usia yang berbeda. Penambahan karet ban bekas ke dalam beton sebagai pengganti sebagian dari bahan kasar alam dan / atau agregat halus secara signifikan mengubah sifat beton yang dihasilkan (Suhirkam dkk., 2012a).

Mendaur ulang dan Memanfaatkan limbah karet sebagai pengganti agregat alam dalam beton adalah solusi ramah lingkungan yang menjanjikan (Abdelmonem dkk., 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian yang telah disampaikan maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Apakah limbahkaret ban vulkanisir dan abusekam padi dapat diaplikasikan pada beton busa ?
2. Bagaimana karakteristik beton busa yang menggunakan limbah karet ban vulkanisir dan abu sekam padi ?
3. Apakah kelebihan dan kekurangan beton busa menggunakan bahan tambah limbah ban vulkanisir dan abu sekam padi ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk memanfaatkan apakah limbah karet ban vulkanisir dan abu sekam padi dapat di aplikasikan pada beton busa.
2. Untuk mengetahui karakteristik beton busa yang menggunakan karet ban vulkanisir dan abu sekam padi.
3. Mengetahui kelebihan dan kekurangan beton busa menggunakan bahan tambah limbah ban vulkanisir dan abu sekam padi

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memanfaatkan limbah karet ban vulkanisir menjadi suatu bahan yang dapat di gunakan 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. Untuk pemberdayaan limbah karet ban vulkanisir menjadi suatu bahan yang dapat di gunakan dalam konstruksi bangunan.
4. Sebagai material beton yang baru, yang ramah lingkungan dan dapat digunakan berkelanjutan.

1.5 Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahann antara lain sebagai berikut:

1. Limbah karet sebagai pengganti agregat halus berasal dari hasil limbah ban bekas atau limbah karet dengan ukuran mesh 30/40 0,6 mm dan untuk ukuran granule rata-rata 1-4 mm.
2. Metode perencanaan menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM.
3. Sampel yang digunakan adalah kubus 10×10×10 cm.
4. Umur pengujian adalah 28 hari.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

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

Sehubungan dengan kelemahan beton yang memiliki kuat tarik yang kecil bersifat getas. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis beton adalah dengan menambahkan *micro reinforcement* seperti serat (azis dkk.,2016). Pemikiran dasarnya adalah menulangi beton dengan serat secara merata dan orientasi penyebaran secara acak sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan dini maka kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam seperti lentur dan geser akan meningkat (Wahjono.,2008).

2.2 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki densitas antara 400 – 1850 kg/m³ yang dibuat dengan penambahan *foaming agent* ke dalam adonan semen, pasir dan air (mortar) (Ramamurthy dkk., 2009). Komponen utama dalam pembuatan beton ringan adalah semen, pasir dan air. Namun pada saat ini pada beton ringan telah ditambahkan beberapa jenis agregat yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan semen dan pasir yang dapat mengurangi biaya produksi. Agregat yang dapat ditambahkan dapat berupa bentonit, *fly ash*, silika, dan *bottom ash* (Amran dkk., 2015).

Beton ringan merupakan beton yang dibuat tanpa adanya agregat kasar dan penerapan teknologi foam dengan adanya penambahan *foam agent* (cairan busa) sehingga beton menjadi ringan tidak seperti beton normal yang memiliki berat jenis tinggi. Beton sangat baik dalam menahan desak namun lemah terhadap tarikan sehingga untuk memperkuat beton pada bagian elemen yang mengalami lenturan diperlukannya perkuatan tahanan tarik dengan menambahkan serat galvalum pada beton yang menjadikan kuat lentur beton semakin tinggi (Gunawan dkk., 2013).

2.3 Beton Busa

Beton berbuisa diklasifikasikan memiliki kandungan udara lebih dari 25 persen (Hilal., 2011). Udara dapat dimasukkan ke dalam mortar atau campuran beton menggunakan dua metode utama. Pertama, busa yang telah dibentuk sebelumnya dari generator busa dapat dicampur dengan unsur lain dalam mixer normal atau truk beton siap pakai. Kedua, campuran penghasil busa berbasis sintetik atau protein dapat dicampur dengan konstituen campuran lainnya dalam pencampur geser tinggi. Dalam kedua metode tersebut, busa harus stabil selama pencampuran, pengangkutan, dan penempatan. Gelembung yang dihasilkan dalam beton yang mengeras harus terpisah dan ukuran gelembung biasanya antara 0,1 dan 1 mm (Hilal., 2011).

Beton busa merupakan salah satu kategori beton ringan yang diperoleh dengan cara memasukan gelembung-gelembung udara ke dalam adukan mortar. Gelembung udara tersebut berasal dari bahan dasar foam agent yang diolah dengan air. Selain beratnya yang ringan, beton busa juga memiliki kelebihan yang digunakan untuk bahan alternatif yang berfungsi sebagai insulator panas dan suara. Penggunaan beton busa biasanya dapat diaplikasikan sebagai panel dinding, bata betonringan, ready mix, dan bentuk khusus (Rommel dkk., 2017).

Tabel 2.1: Tinjauan penelitian beton busa.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis bahan tambah	Keterangan
(Rommel et al., 2017)	Pengaruh pemakaian fly-ash terhadap karakteristik beton busa (tinjauan pada konduktivitas termal dan sound absorption beton)	Beton busa	Fly-ash	Fly-ash 20% dan foam agent 2% : kuat tekan 13MPa
(Nugroho et al., 2017)	Pemanfaatan abu ampas tebu dalam pembuatan beton busa	Beton busa	Abu ampas tebu	Abu ampas tebu 20% : kuat tekan 1.9 MPa
(Triasruti, T., Nugroho, A., 2016)	Karakteristik beton busa menggunakan abu cangkang kerang hijau sebagai bahan pengganti semen Portland	Beton busa	Abu cangkang kerang hijau	cangkang kerang hijau 7.5% : kuat tekan 1,54 MPa

2.3.1 Proses Pembuatan Beton Busa

Adapun tahapan pembuatan beton ringan adalah sebagai berikut : (Karimah, 2017)

1. Campurlah semen portland dngan pasir sesuai dengan yang telah direncanakan terlebih dahulu
2. Tuanglah air sesuai dengan perencanaan ke dalam campuran semen dan pasir tersebut
3. Aduk campuran mortar tersebut hingga campuran homogen
4. Selagi mengaduk mortar, aduk foaming agent hingga mengembang kaku dan air yang dicampur dengan foaming agent tersebut habis
5. Masukkan foaming agent yang telah mengembang ke dalam campuran mortar. Aduklah dengan mixer hingga campuran homogen dan tidak ada foaming agent yang tersisa.

2.3.2 Karakteristik Beton Busa

Pada beton busa rongga-ronga yang terbentuk bertujuan untukmengurangi massa jenis (density) beton. Ditinjau dari meterial penyusunnya,beton busa dapat dikategorikan sebagai mortar (campuran semen, pasir danair), disebabkan beton

busa tidak menggunakan agregat kasar. Udara yang tertangkap dalam beton sebagai akibat dari reaksi kimia menghasilkan berat jenis turun. Selain itu proporsi dan metode perawatan beton busa mempengaruhi sifat fisik dan mekanis dari beton busa tersebut. Sifat fisik beton busa erat kaitannya dengan berat jenis (300 – 1800 kg/m³). Ketika menentukan berat jenis, kondisi kelembaban perlu diperhatikan (Ii dan Pustaka, 2001).

2.4 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, namun sifat strukturalnya masih relatif belum dieksplorasi (Mills dan Skinner, 2018). CRC lebih tahan terhadap tegangan tarik, yang berarti sedikit lebih fleksibel daripada beton tradisional, sehingga dapat menahan benturan dengan lebih efektif (Mills dan Skinner, 2018). Namun, sebagai material baru, sifat struktur CRC masih perlu diuji dan dimodelkan secara detail sebelum dapat digunakan secara luas dalam konstruksi. Limbah karet digunakan dalam beton geopolimer sebagai alternatif agregat. Properti yang mengeras dan ketahanan benturan dibahas. Kekuatan tekan sedikit ditingkatkan dengan meningkatnya kandungan karet limbah. Limbah karet meningkatkan ketahanan benturan beton geopolimer berkaret (Aly dkk., 2019). Beton ringan yang mengandung agregat berbahan dasar karet bekas ban. Serangkaian luas sifat struktural, mekanis, termal dan higrik. Peningkatan kinerja termal, stabilitas termal yang disetujui hingga 300 C (Záleská dkk., 2019).

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. 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”.

Tabel 2.2: Tinjauan penggunaan karet limbah ban.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis karet remah	Keterangan
(Niam et al., 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 et al., 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.

2.5 Ban Vulkanisir

Ban Bekas merupakan salah satu bahan buangan dan bekas pakai yang dapat dengan mudah di cari dan ditemukan di setiap daerah di Indonesia dan jumlahnya relative cukup tinggi. Penggunaan Ban bekas ini sebagai pengganti sebagian agregat adalah di dasarkan pada keterbatasan agregat alami yang tersedia di alam, contohnya pasir, batu, sirtu, tanah liat, dan lain lain, dimana agregat alam tersebut jumlahnya semakin lama semakin berkurang karena merupakan bahan baku yang tidak dapat di perbaharui. Limbah Ban bekas terbuat dari karet sintetis dan karet alam di campur dengan karbon black dan unsur unsur kimia lain seperti silica, resin, anti oksidan, sulfur, paraffin, cobalt, salt, cure accelerators, aktifators, dan di tambah dengan benang dan gabungan kawat baja di mana benang berfungsi sebagai rangka atau tulangan ban. Benang yang dipakai pada umumnya seperti polyester, rayon atau nilon. Berdasarkan bahan bahan penyusun utamanya yaitu

karet alam dan karet sintetis, dimana karet memiliki sifat tahan terhadap cuaca, tahan terhadap air, memiliki kestabilan yang cukup, ketahanan yang tinggi, dan memiliki tingkat fleksibilitas dan sifat lentur yang cukup baik serta karet memiliki sifat menyerap getaran sehingga memberikan kenyamanan dalam menggunakan kendaraan (Najib dan Nadia, 2014).

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

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

Berikut adalah beberapa penelitian yang menggunakan karet sebagai bahan substitusi beton, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: *Riview* penggunaan karet remah.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis karet remah	Keterangan
(Niam et al., 2018)	Studi kuat lentur balok beton menggunakan material daur ulang ban bekas pengganti agregat kasar	Beton normal	Karet ban limbah roda kendaraan bermontor	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 et al., 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.

2.6 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan hasil dari sisi pembakaran sekam padi, abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang potensial digunakan di Indonesia karena produksi yang tinggi dan penyebaran yang luas. Bila abu sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silica (Rahamudin dkk., 2016).

Sekam padi merupakan limbah dari penggilingan padi dimana sekam yang dihasilkan merupakan bagian terbesar kedua setelah beras. Sekam padi biasanya hanya dibakar disekitar penggilingan padi dan hasil pembakaran yang berupa abu sekam padi diambil untuk pupuk tanaman. Abu sekam padi merupakan bahan

tambah berupa pozzollan termasuk bahan tambah mineral digunakan untuk memperbaiki kinerja beton (Djaka Suhirkam dkk., 2012.)

Abu sekam padi memiliki sifat sebagai pengikat jika dicampur dengan air, disamping itu juga merupakan pengikat pasir. Pasir silika mempunyai sifat *hydrophilic*, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya. Abu sekam padi merupakan material bersifat sebagai pengisi yang mengandung unsur-unsur bermanfaat dalam meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Dalam Jurnal Universitas Sumatera Utara dikatakan bahwa penggunaan abu sekam padi akan mengurangi porositas beton dan sekaligus meningkatkan daya lekat antara pasta semen dengan agregat (Tata dan Sultan, 2016b).

Tabel 2.4: *Riview* penggunaan abu sekam padi.

Nama & Tahun	Judul	Jenis Beton	Jenis abu sekam padi	Keterangan
(Tata & sultan, 2016)	Pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai campuran bahan baku beton terhadap sifat mekanis beton	Beton normal	Hasil pembakaran sekam padi, berwarna keabu-abuan	Kuat tekan optimum sebesar 18,24 MPa
(Nugroho, 2017)	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan	Beton busa	Abu sekam padi	Berat jenis yang dihasilkan umur 7 adalah 9,48 MPa – 7,07 MPa. umur 14 hari 6,81 MPa – 7,19 kg/m ³ . Sedangkan pada 28 hari 6,73 kg/m ³ – 7,01 kg/m ³ .

2.7 Foaming Agent

Foaming agent merupakan bahan yang mengandung surfaktan yang dapat menghasilkan busa dengan menurunkan tegangan permukaan suatu cairan. Penggunaan *foaming agent* pada beton ringan ditujukan untuk membentuk gelembung-gelembung udara pada mortar sehingga setelah mengeras menghasilkan pori-pori yang dapat menurunkan densitas beton ringan yang dihasilkan. Adanya udara pada beton juga menghasilkan sifat yang menghambat panas dan kedap udara (Amran dkk., 2015).

2.7.1 Jenis-Jenis Foaming Agent

Jenis-jenis *foaming agent* yang digunakan pada beton ringan yaitu *foaming agent* sintetik, *hydrolyzed protein*, *protein based detergent*, *glue resin*, *soap resin* dan saponin. *Foaming agent* paling banyak digunakan di industri yaitu *foaming agent* sintetik. Jenis *foaming agent* tersebut merupakan *foaming agent* yang terbuat dari minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui (Pertanian dkk., 2019).

Foaming agent untuk beton ringan yang telah dikembangkan adalah *foaming agent* yang terbuat dari garam asam lemak (surfaktan) sebagai komponen utama. Surfaktan diperoleh dari hasil proses penyabunan yaitu reaksi antara larutan basa dengan asam lemak turunan minyak sawit (Rivai dkk., 2017).

Foaming agent yang baik digunakan pada pembuatan beton ringan adalah yang memiliki densitas rendah serta stabil dalam waktu yang lama (Ramamurthy dkk, 2009; Amran dkk, 2015).

2.8 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 *flowability* 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.

2.9 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:

ρ = Berat jenis atau *density* (kg/m²)

m = Massa benda uji (kg)

v = Volume benda uji (m²)

Penggunaan karet limbah untuk menggantikan pasir tampaknya sedikit mempengaruhi massa jenis beton. Telah diamati bahwa kepadatan beton karet sedikit menurun dengan meningkatnya kandungan karet, yang tampaknya disebabkan oleh berat jenis karet limbah yang lebih rendah dari agregat alam dibandingkan dengan Campuran R30 memiliki sekitar 8,89% (Trilok dkk, 2014).

RuC (*rubberized concrete*) memiliki workability yang lebih rendah dibandingkan dengan PC (beton polos). Nilai kemerosotan RuC menurun seiring dengan peningkatan persentase atau penggantian agregat dengan karet. Secara khusus, penurunan nilai kemerosotan sekitar 19% hingga 93% diamati pada tingkat penggantian 20% hingga 100%. Penurunan kemampuan kerja terutama disebabkan oleh kapasitas penyerapan air yang lebih tinggi pada karet dibandingkan dengan pasir, sedangkan nilai kemerosotan yang rendah dapat dikaitkan dengan ukuran partikel RA yang kecil (Siddika dkk., 2019).

2.10 Kuat Tekan Beton (*Compressive Strength*)

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian tekan sampel beton. Sampel diuji menggunakan mesin kuat tekan dengan cara memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu, selanjutnya benda uji ditekan sampai ada retakan.

Ukuran cetakan benda uji memiliki beberapa jenis dan ukuran yang bervariasi dan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: 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
	200 x 200 x 200
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 berdasarkan SNI 03-1974-2011 maka digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

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

Dimana:

f_c = Kuat tekan beton ringan (N/mm² atau MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Tabel 2.6: Penelitian Pengujian Analisis Kuat Tekan Beton.

No	Nama dan judul	Filler	Hasil
1	Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif <i>Besmittel</i> 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Nugraha et al., 2017)	Abu sekam padi dan zat adiktif <i>besmittel</i>	Kuat tekan : 5%=32,23 MPa 10%=31,34 MPa 15%=27,71 MPa
2	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton (Sahrudin & Nadia, 2016)	Serat kelapa	Kuat tekan : 0%= 17,106 MPa 0,125%=19,936 MPa 0,250%=15,008 MPa 0,500%=22,159 MPa
3	Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton (Tumbel et al., 2020)	Serbuk cangkang telur	Kuat tekan : 0%= 26,31 MPa 2,5%=21,99 MPa 5%=22,15MPa 7,5%=15,08 MPa 10%=14,18 MPa
4	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Semen Sebagian Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi (Raharja, 2013)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 0%= 85,55 MPa 2,5%=88,65MPa 5%=91,41 MPa 7,5%=94,17 MPa 10%=101,07 MPa 15%=84,17 MPa

Kuat tekan pada beton merupakan fungsi dari proses hidrasi semen yang relative pelan dan biasanya dilakukan pengujian kuat tekan pada umur benda uji 7, 14 dan 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan berkisar antara 0,84 MPa – 0,92 MPa pada umur 7 hari, 1.06 MPa – 1.122 MPa pada umur 14 hari dan 1.41 MPa – 1.474 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan oleh beton busa menggunakan abu sekam padi rata-rata lebih besar daripada kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi. Kenaikan kuat tekan beton busa yang

menggunakan abu sekam padi rata-rata sebesar 1,5 – 4,8 % dibandingkan dengan kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi (Penelitian dkk., 2015). Hasil pengujian kuat tekan beton ringan untuk masing-masing benda uji yang menggunakan ASP dan yang tidak menggunakan ASP dapat dilihat pada Tabel 2.7. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Rata-Rata untuk Setiap Variasi Campuran (Safitri dkk., 2020).

Tabel 2.7: Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Rata-Rata untuk Setiap Variasi Campuran (Safitri dkk., 2020).

Komposisi Campuran Beton Ringan		Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)			
Ag Kasar	Ag Halus	ASP	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Kerikil Batu Apung	Pasir Amurang	0 %	10,705	12,845	14,05
		10 %	9,722	111,037	12,632
		15 %	9,127	11,72	11,88
		20 %	8,857	11,497	11,767

Kuat tekan pada beton merupakan fungsi dari proses hidrasi semen yang relative pelan dan biasanya dilakukan pengujian kuat tekan pada umur benda uji 7, 14 dan 28 hari.

Kuat tekan yang dihasilkan berkisar antara 0,84 MPa – 0,92 MPa pada umur 7 hari, 1.06 MPa – 1.122 MPa pada umur 14 hari dan 1.41 MPa – 1.474 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan oleh beton busa menggunakan abu sekam padi rata-rata lebih besar daripada kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi. Kenaikan kuat tekan beton busa yang menggunakan abu sekam padi rata-rata sebesar 1,5 – 4,8 % dibandingkan dengan kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi (Nugroho, 2017).

2.11 Semen

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari bahan baku batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (bulk), tanpa memandang proses

pembuatannya, yang mengeras pada pencampuran dengan air (Pertanian et al., 2019).

Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat adesif dan kohesif yang dapat mengadakan ikatan antara pecahan-pecahan mineral menjadi satu kesatuan yang utuh. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Kuat & Dan, 1989).

Adapun komposisi kimiawi semen portland tipe I produksi PT. Semen Padang yang digunakan untuk pembuatan paving block pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 : Komposisi Kimia Semen Portland Tipe I (PT.Semen Padang).

Komponen	Kadar (%)
SiO ₂	21,94
Al ₂ O ₃	5,46
Fe ₂ O ₃	3,43
CaO	65,07
MgO	0,78
SO ₃	1,70
CaO bebas	1,40
Other	0,22

Beberapa jenis semen diatur dalam ASTM, diantaranya ASTM C 150 mengenai semen *portland* (OPC = *Ordinary Portland Cement*) yang dibedakan menjadi 5 tipe, yakni:

- a) Tipe I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis semen yang lainnya.
- b) Tipe II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

- c) Tipe III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d) Tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e) Tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Jenis semen lainnya yang diatur dalam SNI adalah mengenai semen *portland* komposit (PCC = *Portland Composite Cement*), yakni semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen *portland* dengan bahan anorganik yang memiliki sifat *pozzolanic*. Berikut adalah beberapa contoh penelitian yang menggunakan semen dengan tipe yang berbeda-beda, dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.9 : Contoh penggunaan semen pada penelitian yang telah dilakukan.

No	Nama, Tahun	Bahan	Hasil
1	Pengaruh penambahan zat admixture accelerator beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa (Taufik Hidayat 2018)	Semen <i>portland pozzolan</i> (PPC) merek gersik	Kuat tekan pada mortar busa pada umur 7 hari: 2,4 (MPa) 14 hari: 2,23 (MPa) 21 hari: 4,2 (MPa) 28 hari: 4,7 (MPa)
2	Pemanfaatan limbah genteng dan kapur sebagai cementitious pada beton ringan nonstruktural (Nurtanto, D., & Utami, N. M. 2017)	Semen <i>portland pozzolan</i> (PPC) produksi PT semen puger	Hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 12,704 kg/cm ² dengan berat volume sebesar 1141,231 kg/m ³
3	Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Bata Beton Ringan seluler berbahan dasar bottom ash (Kartika Ningrum, D. E. V. Y., & Firmansyah Sofianto, M. O. C. H. A. M. A. D. 2018).	Semen Gersik tipe PPC (Semen <i>portland pozzolan</i>)	nilai kuat tekan tertinggi sebesar 3.53 MPa serta penyerapan air paling rendah sebesar 25%

2.12 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting. 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 (W/C), 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 mutu beton yang ingin dicapai. Beton yang padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal namun konsisten dan derajat *workability* yang maksimal (Lhokseumawe dkk., 2010).

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:

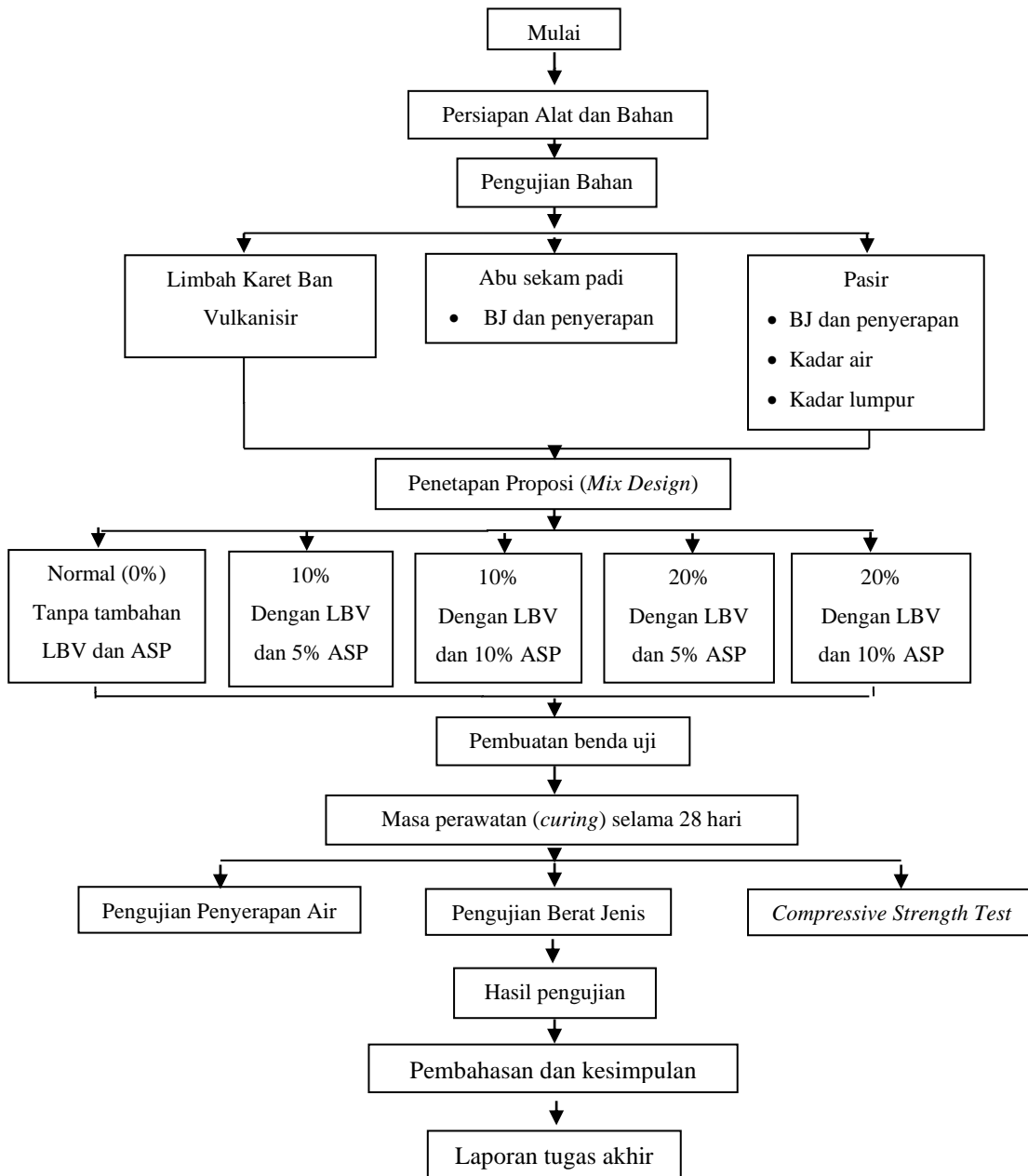
- 1) Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang yang dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat beton.
- 2) Air yang digunakan harus bersih dan bebas dari bahan yang merusak seperti mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau beton.
- 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_3) lebih dari 1 gram/liter.
- 5) Air yang tidak dapat diminum sebaiknya tidak digunakan.

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

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



Gambar 3.1: Bagan alir metode penelitian.

3.2 Pelaksanaan penelitian

3.2.1 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 dilakukan dalam penelitian ini adalah pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1: Tempat Dan Waktu Penelitian.

No	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Persiapan Alat Dan Bahan	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	April 2021
2	Proses Penimbangan Bahan-Bahan Sampel Yang Akan Diuji	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021
3	Proses Pembuatan Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juni 2021
4	Proses Perendaman Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Sep 2021
6	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Sep 2021

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan saat melakukan eksperimen di laboratorium:

- a. Cetakan Beton.

Cetakan beton berbentuk kubus dengan ukuran diameter 10×10×10 cm.



Gambar 3.2: Cetakan Beton Khubus.

- b. Satu set alat *slump flow test*.

Alat *slump flow* untuk pengujian kelecakan beton.



Gambar 3.3: Satu Set Alat *Slump Flow*.

- c. Saringan halus.

Untuk menyaring agregat halus, dengan saringan No.4.



Gambar 3.4: Saringan No.4.

- d. sekop tangan.

Sekop yang digunakan untuk mempermudah mengambil bahan bahan yang digunakan.



Gambar 3.5: Sekop Tangan.

e. wadah atau ember.

Wadah untuk tempat bahan penelitian dan air.



Gambar 3.6: Ember.

f. Oven.

Untuk memanaskan pasir untuk mencari kadar lumpur.



Gambar 3.7: Oven.

- g. Piknometer.
Untuk pengujian berat jenis.



Gambar 3.8: Piknometer.

- h. Pan.
Untuk wadah pasir.



Gambar 3.9: Pan.

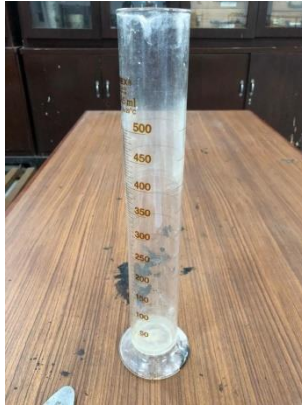
- i. Timbangan digital.
Untuk menimbang bahan bahan yang digunakan.



Gambar 3.10: Timbangan Digital.

j. Gelas ukur.

Untuk wadah saat menimbang berat isi.



Gambar 3.11: Gelas Ukur.

k. Plastik ukuran 10 kg.

Untuk wadah saat menimbang bahan penelitian.



Gambar 3.12: Plastik Ukuran 10 Kg.

l. Kuas.

Untuk mengoles *bekisting* dengan vaselin agar saat digunakan beton tidak lengket.



Gambar 3.13: Kuas.

m. Mesin pengaduk beton.

Untuk mengaduk saat melakukan *mix design*.



Gambar 3.14: Mesin Pengaduk Beton.

n. Mesin pengaduk foam agent (bor).

Untuk membuat *foam* pada *foam agent*.



Gambar 3.15: Mesin Bor.

o. Bak perendam.

Untuk merendam benda uji (*curing*)



Gambar 3.16: Bak Perendam.

p. Kawat kasa dan Kaki tiga.

Untuk dudukan piknometer saat memanaskan piknometer yang berisi sampel untuk pengujian bahan material beton.



Gambar 3.17:Kawat Kasa Dan Kaki Tiga.

q. Spritus.

Untuk memanaskan piknometer.



Gambar 3.18: Spritus.

r. Alat pengujian beton :

1. Mesin kuat tekan.



Gambar 3.19: Mesin Kuat Tekan Beton.

3.3.2 Bahan

a. Agregat Halus.

Pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan No.4 yang diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai.



Gambar 3.20: Pasir.

b. Semen.

Semen yang digunakan adalah semen dengan merk Andalas.



Gambar 3.21: Semen Andalas.

c. Air.

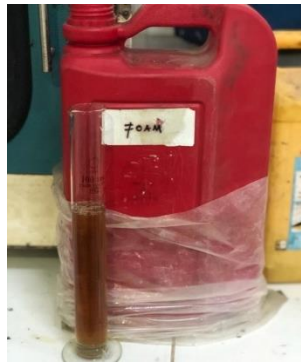
Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.22: Air.

d. *Foam Agent*.

Foam Agent diperoleh dari toko sesuai dengan ketentuan pada ASTM.



Gambar 3.23: Polyurethane *Foam Agent*.

e. *Chemical Admixture*.

Chemical Admixture tipe F sesuai dengan standart ASTM C 494, Digunakan sikament NN.



Gambar 3.24: Sika.

f. Abu Sekam Padi.

Abu sekam padi yang digunakan diambil di kilang padi Sunggal, kec. Sunggal, kab. Deli Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.25: Abu Sekam Padi.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimen di laboratorium, dengan data-data pendukung dalam penyelesaian tugas akhir diperoleh dari, sebagai berikut :

3.4.1 Data Primer

Data primer ini adalah data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan di laboratorium, seperti :

- a. Berat Jenis Dan Penyerapan
- b. Pemeriksaan Kadar Air
- c. Pemeriksaan Kadar Lumpur
- d. *Mix Design*
- e. *Slump Test*
- f. Berat jenis beton
- g. Uji Kuat Tekan Beton

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh berdasarkan buku serta jurnal-jurnal yang berhubungan dengan beton, referensi pembuatan beton berdasarkan pada SNI dan ASTM (*American Society For Testing And Materials*). Pelaksanaan penelitian ini juga tidak lepas dari bimbingan dosen pembimbing secara langsung serta dengan tim laboratorium agar memperkuat penelitian yang telah dilakukan.

3.5 Langkah-Langkah Pemeriksaan Bahan

3.5.1 Berat Jenis Dan Penyerapan

3.5.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Cara kerja, alat, serta bahan yang digunakan pada pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku paduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama tentang pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah dan alat yang digunakan pada pemeriksaan ini adalah :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Mengeringkan agregat halus sampai kondisi SSD.

3. Mengisi piknometer dengan pasir SSD seberat 500 gr, lalu tambahkan air sampai penuh.
4. memanaskan piknometer selama 15 menit dengan 3 kali pengadukan, setelah itu angkat, dinginkan.
5. Merendam piknometer selama 24 jam lalu angkat dan timbang.

Dengan melakukan langkah langkah tersebut maka dapat ditetapkan berat agregat dalam komposisi volume adukan beton.

Gambar agregat halus yang di jemur sampai kondisi SSD



Gambar 3.26: Pasir yang dijemur setelah di cuci.

3.5.1.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi yang digunakan adalah abu sekam padi yang berasal dari kilang padi Sunggal, kec. Sunggal, kab. Deli Medan, Sumatera Utara yang telah dijemur sampai keadaan SSD dan disaring lolos saringan No 100. Cara kerja, alat, serta bahan yang digunakan pada pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku paduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama tentang pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah dan alat yang digunakan pada pemeriksaan ini adalah :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.

2. Mengisi piknometer dengan ASP seberat 100 gr, lalu tambahkan air sampai penuh.
3. memanaskan piknometer selama 15 menit dengan 3 kali pengadukan, setelah itu angkat, dinginkan.
4. Merendam piknometer selama 24 jam lalu angkat dan timbang.

Dengan melakukan langkah langkah tersebut maka dapat ditetapkan berat agregat dalam komposisi volume adukan beton.

3.5.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (pasir)

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap penggunaan air sebagai campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi Faktor Air Semen (FAS) pada campuran beton yang dapat mempengaruhi nilai kuat tekan pada beton busa ini.

Cara kerja, alat serta bahan yang digunakan pengujian ini mengacu pada ASTM C 566 dan Laporan praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat halus. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan langkah-langkah pekerjaan pemeriksaan kadar air agregat halus :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Memasukkan sampel pasir kedalam wadah, lalu ditimbang.
3. Mengeringkan sampel pada oven selama 24 jam dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
4. Lalu keluarkan sampel dan dinginkan, setelah dingin timbang sampel dengan wadahnya.

Setelah percobaan diatas dilakukan, mada dapat ditentukan kadar air dari pasir yang dipakai pada penelitian ini.

Pasir setelah di oven dan di timbang langsung.



Gambar 3.27: Wadah.

3.5.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (pasir)

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kadar lumpur terhadap agregat halus dengan cara kerja, alat serta bahan yang digunakan sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No.200, persentase yang dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan contoh awal sampel, kemudian didapat hasilnya dalam bentuk persentase, sesi dengan ASTM C 117-17 (*Metode Uji Standar Saringan 200*).Langkah-langkah yang dilakukan pada percobaan kadar lumpur agregat halus sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Mengambil sampel pasir yang lolos saringan no 4 sebanyak 500 gr lalu ditimbang.
3. Memncuci pasir dengan air bersih sampai tidak mengandung lumpur.
4. Memasukkan sampel pasir ke dalam oven selama 24 jam dengan menggunakan wadah.
5. Setelah 24 jam, angkat sampel pasir lalu dinginkan.
6. Setelah dingin timbang sampel dengan wadah, lalu hitung persentase kadar lumpur.

Setelah diketahui persentase kadar lumpur pada agregat akan diketahui berapa jumlah lumpur yang terkandung dalam agregat. Karena jika terdapat kandungan

lumpur yang berlebihan akan membuat ikatan agregat dengan semen rapuh dan mengurangi nilai kuat tekannya.

Pasir yang dicuci bersih sampai tidak mengandung lumpur



Gambar 3.28: Pasir yang dicuci untuk pemeriksaan kadar lumpur.

3.6 Pembuatan Rencana Campuran (*Mix Design*)

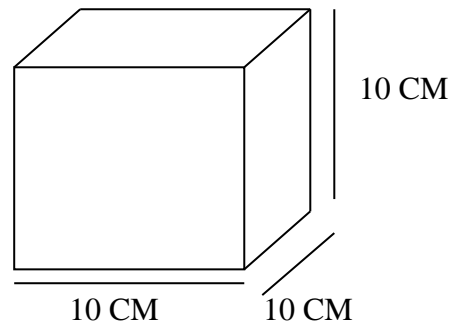
Pada penelitian ini dengan menggunakan sampel beton busa menggunakan bahan limbah karet ban vulkanisir sebagai bahan alternatif menggantikan pasir sebagian sebanyak 54 sampel dengan variasi pembagian yang berbeda-beda. Pada benda uji ini dibuat dengan menambahkan variasi-variasi limbah ban vulkanisir sebesar 0%, 10%, dan 20% dan abu sekam padi sebesar 0%, 5%, 10%. Sedangkan untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,35, dan 0,45, dan untuk campuran pada *foam agent* dan air digunakan rasio 1:40.

Pada hal ini menentukan nilai persentase atau komposisi masing-masing pada komponen material pembentuk beton busa untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki keletakkan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan dan sesuai dengan jurnal-jurnal yang sudah terindeks Scopus.

Pada penelitian ini rencana campuran yang digunakan terbagi atas 3 variasi, yaitu variasi 0%, 10%, 20%. Dengan komposisi abu sekam padi yang konstan sebanyak 0%, 5%, 10%.

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 $10 \times 10 \times 10$ cm. Total benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 54 benda uji untuk uji tekan umur 28.hari.



Gambar 3.29: Desain Benda Uji Kubus.

Dilakukan pembuatan benda uji meliputi beton busa menggunakan karet ban vulkanisir dengan persentase penambahan karet ban vulkanisir bervariasi 0 %, 10%, dan 20%, dari volume pasir (agregat halus). Untuk lebih jelasnya pembagian kelompok benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Jumlah sampel yang akan dibuat.

Fas (Faktor air semen)	Variasi LBV (limbah ban vulkanisir)	ASP (Abu sekam padi)	Uji kuat tekan
0,35%	0 %	0%	3
		5%	3
		10%	3
	10%	0%	3
		5%	3
		10%	3
	20%	0%	3
		5%	3
		10%	3
0,45	0 %	0%	3

Table 3.2: *Lanjutan.*

		5%	3
		10%	3
	10%	0%	3
		5%	3
		10%	3
	20%	0%	3
		5%	3
		10%	3
			Total 54 sampel

3.7.1 Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji



Gambar 3.30: pengeluaran beton segar yang telah di campur di dalam molen.



Gambar 3.31: Beton segar setelah di mixer mesin pengaduk.



Gambar 3.32: Cetakan khubus yang digunakan.

Dalam melakukan proses pembuatan benda uji memiliki tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang digunakan dalam tahapan proses pembuatan benda uji.
2. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah kita tentukan dalam proporsi campuran beton.
3. Menyalakan mesin pengaduk (*mixer*), dan masukkan pasir dan semen terlebih dahulu.

4. Setelah tercampur rata masukkan abu sekampadi lalu biarkan sampai tercampur rata.
5. Masukkan air dan sika kedalam mesin pengaduk dan tunggu lagi sampai merata.
6. Sembari menunggu rata, mixer *foam agent* dengan alat mesin bor dengan perbandingan air 1:40 hingga menghasilkan busa yang kaku yang memiliki nilai plastisitas yang tinggi.
7. Setelah adonan dalam mixer sudah rata, masukkan busa yang telah di mixer ke dalam adonan dalam mesin pengaduk, setelah tercampur matikan mixer, jangan terlalu lama karena akan membuat gelembung busa pecah.
8. Memeriksa *slump flow* adonan beton yang telah kita buat.
9. Mengisi *bekisting* yang sudah diolesi vaselin dengan adonan beton secara bertahap hingga penuh.
10. Meratakan permukaan adonan dalam *bekisting* dengan sendok semen.
11. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton mengeras dengan sendirinya
12. Setelah cukup kering, buka cetakan beton dan diamkan sampai agak mengering dan bisa direndam selama 28 hari.
13. Setelah kering, angkat sampel beton dan biarkan sampai bisa diuji.
14. Melakukan pengujian kuat tekan beton.

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 660 mm dan maksimum 750 mm.



Gambar 3.33: Pengukuran Nilai *Slump Flow*.

Langkah-langkah pengujian *Slump Flow* adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan alat yang digunakan, satu set alat uji *slump flow*.
2. Basahkan kerucut *slump* tanpa membuat penambahan jumlah air pada beton.
3. Letakkan kerucut dalam keadaan terbalik dari slump test di atas triplek yang telah dibuat.
4. Masukkan adonan beton ke kerucut, tanpa dilakukan perojokan.
5. Angkat kerucut keatas, dengan tegak lurus, tanpa mengganggu aliran beton dengan satu gerakan.
6. Ukur lebar diameter sampel adonan.

3.7.3 Perawatan Benda Uji

Dalam proses perawatan benda uji (*Curing*) dilakukan dengan berdasarkan ketentuan ASTM C31-91. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan perendaman selama 28 hari. Benda uji yang direndam diangkat pada 1 hari sebelum dilakukan pengujian yaitu pada hari ke-27. Sebab pada hari ke-29 dilakukan pengujian, agar beton tidak basah saat akan diuji. Kondisi sampel yang direndam harus pada seluruh bagian sampel. Dengan langkah sebagai berikut :

1. Pastikan beton yang akan direndam sudah tidak terlalu basah agar tidak melebur saat direndam.

2. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Angkat benda uji dan masukkan kedalam bak perendam dengan hati-hati karena beton ringan jauh lebih rapuh dari beton normal.
4. Biarkan terendam selama 27 hari, lalu angkat pada umur ke-28.
5. Timbang berat sampel jika air sudah turun.

3.8 Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian tekan sampel beton. Sampel diuji menggunakan mesin kuat tekan dengan cara memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu, selanjutnya benda uji ditekan sampai ada retakan. Nilai kuat tekan beton dihitung dengan berdasarkan SNI 03-1974-2011 dengan persamaan :

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

Dimana :

f_c' : Kuat Tekan (N/mm²)

P : Gaya Tekan Maksimum (N)

A : Luas Penampang Benda Uji (mm²)



Gambar 3.34: *Compression Machine Test.*

BAB 4

ANALISA DATA

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 ringan (*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 Hasil Pemeriksaan Bahan

4.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan

4.1.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Cara kerja, alat, serta bahan yang digunakan pada pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku paduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama tentang pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil yang di analisa telah dirangkum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Data hasil pengujian 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°C) sampai konstan (E)	492	491	490	491
Berat piknometer penuh air (D)	696	693	695	694,6
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	971	969	969	969,67

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2,18	2,19	2,16	2,17
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 $((B-E)/E) \times 100\%$	1,62	1,83	2,04	1,83

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus yakni, nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,22 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan *Dry* (berat jenis contoh kering) < SSD < Semu (berat jenis contoh semu) dengan nilai rata-rata sebesar $2,17 < 2,22 < 2,26$ dan penyerapan rata-rata sebesar 1,83%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

4.1.1.2 Berat Jenis Dan Penyerapan ASP

Dalam penelitian ini dilakukan juga penelitian terhadap Abu Sekam Padi (ASP) untuk mendapatkan hasil berat jenis dan penyerapan ASP. Hasil analisa yang didapatkan dirangkum dalam sebuah Tabel4.2.

Tabel4.2: Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan ASP.

Lolos ayakan No.100	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	100	100	100	100
Berat contoh SSD kering oven (110°C) sampai konstan (E)	95	90	95	93.3
Berat piknometer penuh air (D)	700	693	695	696
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	734	725	731	730

Tabel 4.2: *Lanjutan.*

Berat jenis contoh kering E/(B+D-C)	1,44	1,32	1,48	1,41
Berat jenis contoh SSD B/(B+D-C)	1,51	1,47	1,56	1,51
Berat jenis contoh semu E/(E+D-C)	1,55	1,55	1,61	1,57
Penyerapan ((B-E)/E)x100%	0,052	0,11	0,052	0,07

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara didapat hasil pengujian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi dengan nilai rata rata sebesar 1,41 untuk berat jenis contoh kering, 1,51 untuk berat jenis contoh SSD, dan 1,57 untuk berat jenis contoh semu, dengan nilai rata rata penyerapan sebesar 0,07%.

4.1.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (pasir)

Cara kerja, alat serta bahan yang digunakan pengujian ini mengacu pada ASTM C 566 dan Laporan praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat halus. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dengan hasil pemeriksaan yang di rangkum pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	655	657	663	658,3
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	644	646	652	647,3

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Berat wadah (W3)	155	157	163	158,3
Berat air(W1-W2)	11	11	11	11
Berat contoh kering(W2-W3)	489	489	489	489
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,25	2,25	2,25	2,25

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel yang telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara didapat hasil rata-rata kadar air sebesar 2,25% dengan 3 kali percobaan, yakni percobaan pertama dengan nilai 2,25%, percobaan kedua dengan nilai 2,25% dan percobaan ketiga dengan hasil yang sama yaitu 2,25%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu 2,0% - 4,0%.

4.1.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (pasir)

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kadar lumpur terhadap agregat halus dengan cara kerja, alat serta bahan yang digunakan sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada rangkuman dalam bentuk Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.

pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat contoh kering : A(gr)	500	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B(gr)	488	490	480	486

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci : C (gr)	12	10	20	14
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2,4	2	4	2,8

Berdasarkan percobaan tersebut didapat nilai persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 2,4%, sampel kedua sebesar 2%, dan sampel yang 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 *Mix Design*

Perencanaan campuran yang dilakukan untuk penelitian ini dibahas pada sub bab berikut. Dengan nilai variasi yang berbeda dalam 3 variasi. Beberapa referensi yang digunakan dalam *mix design* desugn diambil pada jurnal-jurnal. Perhitungan *mix design* didasarkan pada volume cetakan yang akan digunakan dalam sekali pembuatan benda uji. Dalam 1 m³ adonan beton digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2 dengan nilai FAS sebesar 0.35. Penggunaan *foam agent* harus dicampurkan dengan air dengan ketentuan perbandingan 1:40 serta ditambahkan *chemical admixtures* sebesar 0.2% dari berat semen keseluruhan. Berikut ini Tabel variasi pengganti semen yang digunakan serta Tabel komposisi campuran beton ringan dalam 1 m³.

Macam variasi dan jumlah sampel yang dibuat di rincikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Variasi Sampel Yang Diuji.

Fas (Faktor air semen)	Variasi LBV	ASP (Abu sekam padi)	Uji kuat tekan
0,35%	0 %	0%	3
		5%	3
		10%	3
	10%	0%	3
		5%	3
		10%	3
	20%	0%	3
		5%	3
		10%	3
0,45	0 %	0%	3
		5%	3
		10%	3
	10%	0%	3
		5%	3
		10%	3
	20%	0%	3
		5%	3
		10%	3
			Total 54 sampel

4.2.1 Perhitungan *Mix Design* Khubus Benda Uji Tekan

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 :

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji Khubus} &= 0,001 \text{ m}^3 \\
 4V &= 0,001 \times 4 \\
 &= 0,0212 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali mix pada sampel tekan dengan 3 variasi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Bahan campuran beton untuk 1 kali *mix* pada kuat tekan

FAS	MATERIAL	LBV	LBV	LBV	LBV	LBV	LBV	LBV	LBV	LBV
		0%	0%	0%	10%	10%	10%	20%	20%	20%
		ASP	ASP	ASP	ASP	ASP	ASP	ASP	ASP	ASP
		0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%
0.35	Semen (kg)	1.6	1.52	1.44	1.6	1.52	1.44	1.6	1.52	1.44
	ASP	0	0.08	0.16	0	0.08	0.16	0	0.08	0.16
	Pasir (kg)	3.2	3.2	3.2	2.88	2.88	2.88	2.56	2.56	2.56
	LBV	0	0	0	0.32	0.32	0.32	0.64	0.64	0.64
	Air L)	0.56	0.53	0.50	0.56	0.53	0.50	0.56	0.53	0.50
	FA (ml) 1/40	4:16	4:15	4:14	4:16	4:15	4:14	4:16	4:15	4:14
	SIKA (ml)	32	30	28	32	30	28	32	30	28
0.45	Semen (kg)	1.6	1.52	1.44	1.6	1.52	1.44	1.6	1.52	1.44
	ASP	0	0.08	0.16	0	0.08	0.16	0	0.08	0.16
	Pasir (kg)	3.2	3.2	3.2	2.88	2.88	2.88	2.56	2.56	2.56
	LBV	0	0	0	0.32	0.32	0.32	0.64	0.64	0.64
	Air (L)	0.72	0.68	0.64	0.72	0.68	0.64	0.72	0.68	0.64
	FA (ml)	4:16	4:15	4:14	4:16	4:15	4:14	4:16	4:15	4:14
	SIKA (ml)	32	30	28	32	30	28	32	30	28

Data yang dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

Variasi I

LBV 0% dan ASP (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
= 4:16
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6
= 32 ml

Variasi II

LBV (0%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 1.6 – (5% × 1.6)
= 1.52 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.52
= 0.08 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 1.6 × 2
= 3.2
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.52 x 0.35
= 0.53 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.52
= 3.12 ml

Variasi III

LBV (0%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 1.6 – (10% × 1.6)
= 1.44 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.44
= 0.16 kg

- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 2 x 1.6 kg
= 3.2 kg
- Air (L) : Semen x 0,45 = 1.44 x 0.35
= 0.50 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 14 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.44
= 28 ml

Variasi IV

LBV (10%) dan ASP (0%) 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
- LBV : 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
= 32 ml

Variasi V

LBV (10%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 1.6 – (5% x 1.6)
= 1.52 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.52
= 0.08 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti

- $= 3.2 - (10\% \times 3.2)$
 $= 2.88 \text{ kg}$
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
 $= 3.2 - 2.88$
 $= 0.32 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.52 x 0.35
 $= 0.53 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6
 $= 30 \text{ ml}$

Variasi VI

LBV (10%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
 $= 1.6 - (10\% \times 1.6)$
 $= 1.44 \text{ kg}$
- ASP : berat semen – semen pengganti
 $= 1.6 - 1.44$
 $= 0.16 \text{ kg}$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti
 $= 3.2 - (10\% \times 3.2)$
 $= 2.88 \text{ kg}$
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
 $= 3.2 - 2.88$
 $= 0.32 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.44 x 0.35
 $= 0.50 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 14 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.44
 $= 28 \text{ ml}$

Variasi VII

LBV (20%) dan ASP (0%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg

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

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

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

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.6 x 0.35

$$= 0.56 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6

$$= 32 \text{ ml}$$

Variasi VIII

LBV (20%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti

$$= 1.6 - (5\% \times 1.6)$$

$$= 1.52 \text{ kg}$$
- ASP : berat semen – semen pengganti

$$= 1.6 - 1.52$$

$$= 0.08 \text{ kg}$$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti

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

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

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.52 x 0.35

$$= 0.53 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.52

$$= 30 \text{ ml}$$

Variasi IX

LBV (20%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.35

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti

$$= 1.6 - (10\% \times 1.6)$$

$$= 1.44 \text{ kg}$$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti

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

$$= 2.56 \text{ kg}$$
- ASP : berat semen – semen pengganti

$$= 1.6 - 1.44$$

$$= 0.16 \text{ kg}$$
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.44 x 0.35

$$= 0.560 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 14 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.44

$$= 28 \text{ ml}$$

Variasi X

LBV (0%) dan ASP (0%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 3.2
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.6 x 0.45

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

$$= 32 \text{ ml}$$

Variasi XI

LBV (0%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti

$$= 1.6 - (5\% \times 1.6)$$

$$= 1.52 \text{ kg}$$
- ASP : berat semen – semen pengganti

- $= 1.6 - 1.52$
- $= 0.08 \text{ kg}$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 3.2
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.52 x 0.45
= 0.68 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.52
= 30 ml

Variasi XII

LBV (0%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 1.6 – (10% × 1.6)
= 1.44 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.44
= 0.16 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 3.2
- Air (L) : Semen x 0.35 = 1.6 x 0.45
= 0.64 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.44
= 0.64 ml

Variasi XIII

LBV (10%) dan ASP (0%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti
= 3.2 – (10% x 3.2)
= 2.88 kg
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
= 3.2 – 2.88
= 0.32 kg
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.6 x 0.45

- = 0.72 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6
= 32 ml

Variasi XIV

LBV (10%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 1.6 – (5% × 1.6)
= 1.52 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.52
= 0.08 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti
= 3.2 – (10% x 3.2)
= 2.88 kg
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
= 3.2 – 2.88
= 0.32 kg
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.52 x 0.45
= 0.68 L
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.52
= 30 ml

Variasi XV

LBV (10%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen ganti
= 1.6 – (10% × 1.6)
= 1.44 kg
- ASP : berat semen – semen pengganti
= 1.6 – 1.44
= 0.16 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti

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

$$= 2.88 \text{ kg}$$

- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
 $= 3.2 - 2.88$
 $= 0.32 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.44 x 0.45
 $= 0.64 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 14 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.44
 $= 28 \text{ ml}$

Variasi XVI

LBV (20%) dan ASP (0%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 1.6 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti
 $= 3.2 - (20\% \times 3.2)$
 $= 2.56 \text{ kg}$
- LBV : Berat pasir – pasir pengganti
 $= 3.2 - 2.56$
 $= 0.64 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.6 x 0.45
 $= 0.72 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 16 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6
 $= 32 \text{ ml}$

Variasi XVII

LBV (20%) dan ASP (5%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
 $= 1.6 - (5\% \times 1.6)$
 $= 1.52 \text{ kg}$
- ASP : berat semen – semen pengganti
 $= 1.6 - 1.52$
 $= 0.08 \text{ kg}$

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

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

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

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.52 x 0.45

$$= 0.68 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 15 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.52

$$= 30 \text{ ml}$$

Variasi XVIII

LBV (20%) dan ASP (10%) dengan FAS 0.45

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti

$$= 1.6 - (10\% \times 1.6)$$

$$= 1.44$$
- ASP : berat semen – semen pengganti

$$= 1.6 - 1.44$$

$$= 0.16 \text{ kg}$$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti

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

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

$$= 3.2 - 2.56$$

$$= 0.64 \text{ kg}$$
- Air (L) : Semen x 0.45 = 1.44 x 0.45

$$= 0.64 \text{ L}$$
- F/A (ml) : 1/40 = 4 *foam agent* : 14 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 1.6

$$= 28 \text{ ml}$$

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 550 mm dan maksimum 750 mm.

4.3.1 *Slump Flow* Benda Uji

SF Variasi I Normal LBV 0% ASP 0% FAS 0.35

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

SF Variasi II LBV (0%) ASP (5%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (600 + 610) / 2 \\ &= 605 \text{ mm} \approx 60.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi III LBV (0%) ASP (10%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (580 + 600) / 2 \\ &= 590 \text{ mm} \approx 59 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi VI LBV (10%) ASP (0%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (590 + 590) / 2 \\ &= 590 \text{ mm} \approx 59 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi V LBV 10% ASP 5% FAS 0.35

$$\begin{aligned} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (590 + 580) / 2 \\ &= 585 \text{ mm} \approx 58.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi VI LBV (10%) ASP (10%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (590 + 580) / 2 \\ &= 585 \text{ mm} \approx 58.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi VII LBV (20%) ASP (0%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (570+564) / 2 \\ &= 567 \text{ mm} \gg 56.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi VIII LBV (20%) ASP (5%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (570 +560) / 2 \\ &= 565\text{mm} \gg 56.5\text{cm} \end{aligned}$$

SF Variasi IX LBV (20%) ASP (10%) FAS 0.35

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (440+450) / 2 \\ &= 445\text{mm} \gg 44.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi X LBV (0%) ASP (0%) FAS 0.45

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (870+860) / 2 \\ &= 865 \text{ mm} \gg 86.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi XI LBV (0%) ASP (5%) FAS 0.45

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (880+830) / 2 \\ &= 855\text{mm} \gg 85.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi XII LBV (20%) ASP (0%) FAS 0.45

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (860+790) / 2 \\ &= 825\text{mm} \gg 82.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi XIII LBV (10%) ASP (0%) FAS 0.45

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (720+740) / 2 \\ &= 730 \text{ mm} \gg 73\text{cm} \end{aligned}$$

SF Variasi XIV LBV (10%) ASP (5%) FAS 0.45

$$\begin{aligned} &=(D1+D2) / 2 \\ &= (690+680) / 2 \\ &= 685\text{mm} \gg 68.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

SF Variasi XV LBV (10%) ASP (10%) FAS 0.45

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

$$= (570+600) / 2$$

$$= 585\text{mm} \gg 58.5 \text{ cm}$$

SF Variasi XVI LBV (20%) ASP (0%) FAS 0.45

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

$$= (670+660) / 2$$

$$= 665 \text{ mm} \gg 66.5 \text{ cm}$$

SF Variasi XVII LBV (20%) ASP (5%) FAS 0.45

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

$$= (570+610) / 2$$

$$= 590 \text{ mm} \gg 59 \text{ cm}$$

SF Variasi XVIII LBV (20%) ASP (10%) FAS 0.45

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

$$= (560+570) / 2$$

$$= 565 \text{ mm} \gg 56.5 \text{ cm}$$

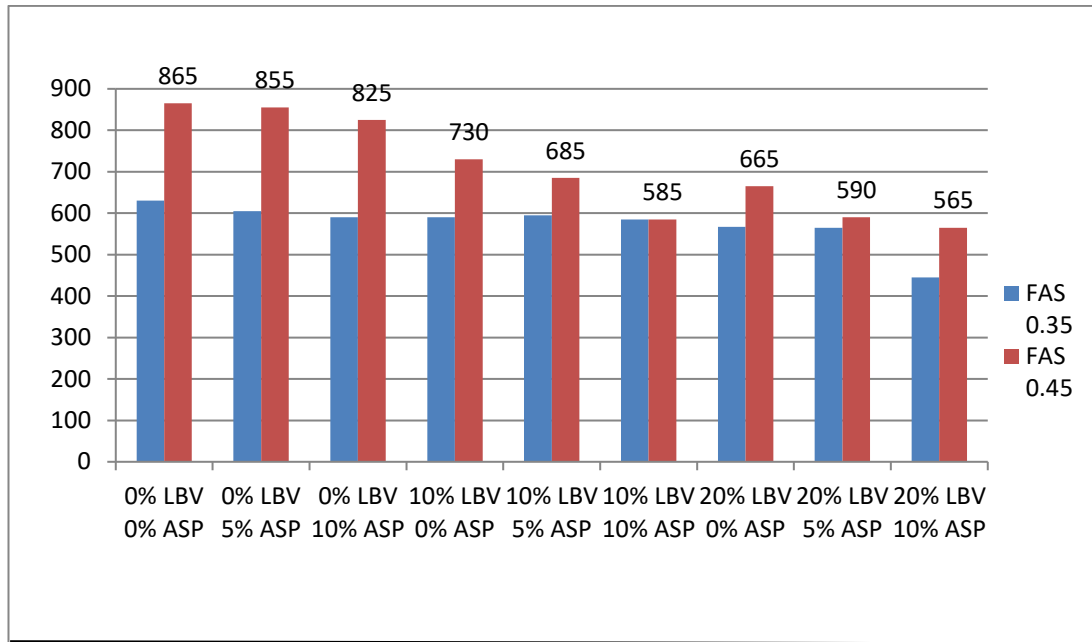
Tabel 4.7: *Slump flow* Adonan Beton Busa LBV dan ASP.

No.	FAS	Kode Variasi	Diameter 1	Diameter 2	<i>Slump Flow</i>
			(mm)	(mm)	(mm)
0	1	2	3	4	$5=(3+4)*0.5$
1.	FAS 0.35	Variasi I LBV 0% ASP 0%	600	660	630
2.	FAS 0.35	Variasi II LBV 0% ASP (5%)	600	610	605
3.	FAS 0.35	Variasi III LBV 0% ASP 10%	580	600	590
4.	FAS 0.35	Variasi IV LBV 10% ASP 0%	590	590	590
5.	FAS 0.35	Variasi V LBV 10% ASP 5%	590	580	595
6.	FAS 0.35	Variasi VI 10% ASP 10%	590	580	585
7.	FAS 0.35	Variasi VII LBV 20% ASP 0%	570	564	567

Tabel 4.7: *Lanjutan.*

8.	FAS 0.35	Variasi VIII LBV 20% ASP 5%	570	560	565
9.	FAS 0.35	Variasi IX LBV 20% ASP 10 %	440	450	445
10.	FAS 0.45	Variasi X LBV 0% ASP 0 %	870	860	865
11.	FAS 0.45	Variasi XI LBV 0% ASP 5 %	880	830	855
12.	FAS 0.45	Variasi XII LBV 0% ASP 10 %	860	790	825
13.	FAS 0.45	Variasi XIII LBV 10% ASP 0 %	720	740	730
14.	FAS 0.45	Variasi XIV LBV 10% ASP 5 %	690	680	685
15.	FAS 0.45	Variasi XV LBV 10% ASP 10 %	570	600	585
16.	FAS 0.45	Variasi XVI LBV 20% ASP 0 %	670	660	665
17.	FAS 0.45	Variasi XVII LBV 20% ASP 5 %	570	610	590
18.	FAS 0.45	Variasi XVIII LBV 20% ASP 10 %	560	570	565

Dari Tabel 4.7 diatas dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 865 mm terjadi pada Variasi LBV 0% dengan campuran FAS 0.45 dan pengganti pasir sebanyak 0% sedangkan *slump flow* terendah pada FAS 0.35 dengan diameter rata-rata 445mm pada variasi pengganti pasir sebanyak 20% dan ASP 10 %. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.



Gambar 4.1: Grafik gabungan *Slump Flow* FAS 0.35 dan 0.45.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kenaikan nilai *slump flow* terjadi pada FAS 0.35 hingga variasi FAS 0.45. Namun, terjadi penurunan *slump flow* di tiap variasi FAS 0,35, dan 0.45. pada tiap variasi terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan LBV yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton busa LBV pada takaran tertentu yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton busa LBV. 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*)

Tujuan dilakukannya 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. Hasil dari pengujian berat jenis beton terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Berat Jenis Beton ASPFAS 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 semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
ASP 0% LBV 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	
ASP 5% LBV 0%	S1	1093	0.001	1093	1017.3	1077	1077	970.3
	S2	1006	0.001	1006		903	903	
	S3	953	0.001	953		931	931	
ASP 10% LBV 0%	S1	1151	0.001	1151	1174.6	1143	1143	1164.3
	S2	1197	0.001	1197		1180	1180	
	S3	1176	0.001	1176		1170	1170	

Tabel 4.9: Berat Jenis Beton ASPFAS 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 semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
ASP 0% LBV 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	
ASP 5% LBV 0%	S1	1.037	0.001	1.037	1063	1.024	1.024	1049.3
	S2	1.093	0.001	1.093		1.080	1.080	
	S3	1.059	0.001	1.059		1.044	1.044	
ASP 10% LBV 0%	S1	1142	0.001	1142	1111	1135	1135	1102.6
	S2	1112	0.001	1112		1103	1103	
	S3	1079	0.001	1079		1070	1070	

Tabel 4.10 : Berat Jenis BetonLBV 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	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
LBV 0% ASP 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	

Tabel 4.10: Lanjutan.

LBV 10% ASP 0%	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	
LBV 20% ASP 0%	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 4.11: Berat Jenis BetonLBV 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	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
LBV 0% ASP 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	
LBV 10% ASP 0%	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	
LBV 20% ASP 0%	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	

Tabel 4.12: Berat Jenis BetonLBV 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 dan semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
LBV 10% ASP 5%	S1	1200	0.001	1200	1181.6	1190	1190	1169
	S2	1165	0.001	1165		1150	1150	
	S3	1180	0.001	1180		1167	1167	
LBV 10% ASP 10%	S1	1024	0.001	1024	1012	1013	1013	998.3
	S2	1018	0.001	1018		1001	1001	
	S3	994	0.001	994		981	981	
LBV 20% ASP 5%	S1	926	0.001	926	937.6	939	939	949
	S2	931	0.001	931		940	940	
	S3	956	0.001	956		968	968	
LBV 20% ASP 10%	S1	946	0.001	946	937.3	942	942	931
	S2	929	0.001	929		920	920	
	S3	937	0.001	937		931	931	

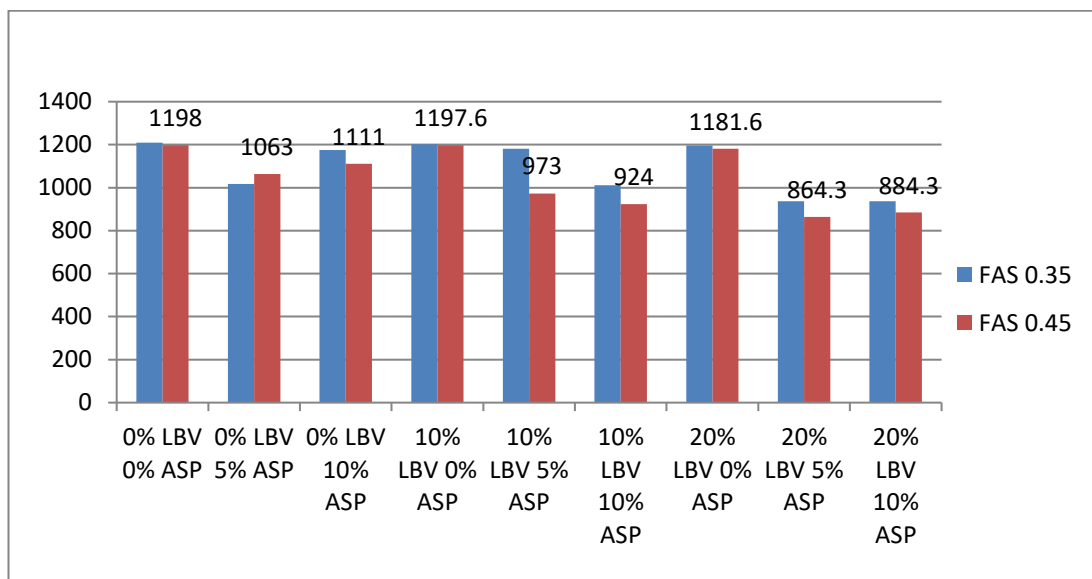
Tabel 4.13: Berat Jenis BetonLBV 0.45

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 dan semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)

Tabel 4.13: Lanjutan.

0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
LBV	S1	989	0.001	989	973	980	980	966.6
10% ASP	S2	987	0.001	987		982	982	
5%	S3	943	0.001	943		938	938	
LBV	S1	943	0.001	943	924	882	882	868.6
10% ASP	S2	921	0.001	921		869	869	
10%	S3	908	0.001	908		855	855	
LBV	S1	893	0.001	893	864.3	845	845	808
20% ASP	S2	871	0.001	871		808	808	
5%	S3	829	0.001	829		771	771	
LBV	S1	889	0.001	889	884.3	849	849	836
20% ASP	S2	878	0.001	878		843	843	
10%	S3	886	0.001	886		816	816	

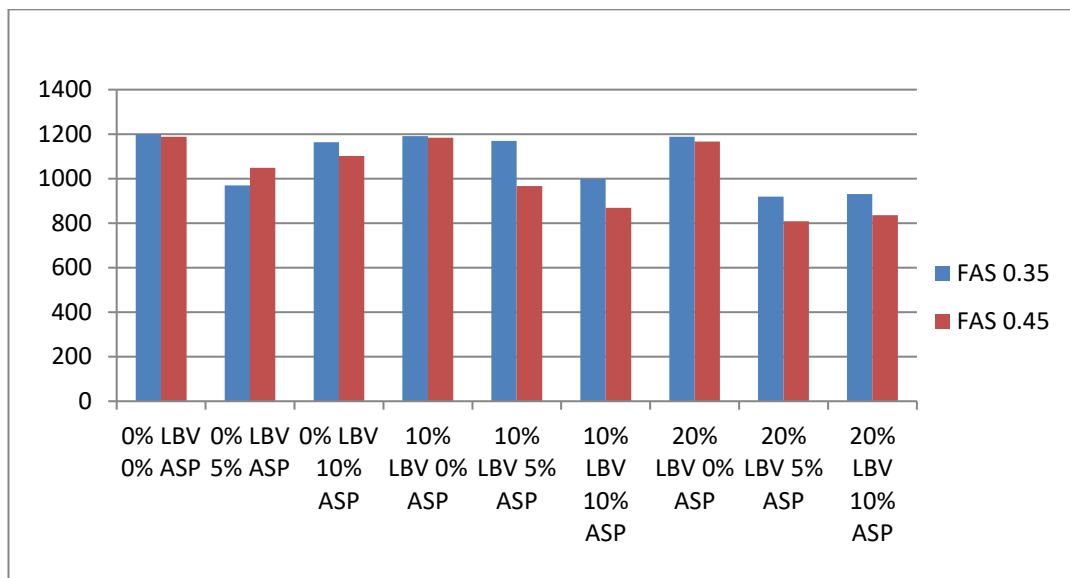
Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*) saat basah dan kering untuk pengujian kuat tekan. Kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan pada variasi sampel.



Gambar 4.2: Grafik Berat Jenis Basah Rata-Rata

Dari Gambar 4.2 di atas 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 LBV bertambah dan berkurang seiring penambahan variasi pengganti pasir (LBV). Namun perbedaan nilai densitas yang terjadi sangat signifikan. Pada gambar di atas juga menunjukkan bahwa nilai berat jenis beton (*density*) beton busa LBV minimum terdapat pada variasi FAS 0.45 LBV 20% dan ASP 10%. Sedangkan nilai densitas terbesar terdapat pada variasi FAS 0.35 dengan penggunaan LBV 0% ASP 0% .

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



Gambar 4.3: Grafik Berat Jenis Kering Rata-Rata

Pada gambar di atas juga menunjukkan bahwa nilai berat jenis beton (*density*) beton busa LBV minimum terdapat pada variasi FAS 0.45 dengan pengganti pasir dan semen 20% ASP 10%. Sedangkan nilai densitas terbesar terdapat pada variasi FAS 0.35 dengan penggunaan LBV 0% ASP 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*).

Tabel 4.15: Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.35.

Sampel	LBV % ASP %	Volume (cm ³)	Luas penampang (cm ²)	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
				28 Hari	28 Hari	28 Hari
1	2	3	4	5	6	7
1	LBV 0% ASP 0%	0.001	100	127.49	12.75	12.26
2		0.001	100	122.58	12.26	
3		0.001	100	117.68	11.77	
1	LBV 0% ASP 5%	0.001	100	100.56	10.05	10.31
2		0.001	100	101.97	10.20	
3		0.001	100	106.89	10.67	
1	LBV 0% ASP 10%	0.001	100	93.46	9.34	9.21
2		0.001	100	92.23	9.22	
3		0.001	100	90.69	9.06	
1	LBV 10% ASP 0%	0.001	100	78.45	7.84	7.35
2		0.001	100	73.55	7.35	
3		0.001	100	68.65	6.86	
1	LBV 10% ASP 5%	0.001	100	58.02	5.80	5.74
2		0.001	100	56.90	5.69	
3		0.001	100	57.34	5.73	
1	LBV 10% ASP 10%	0.001	100	52.67	5.26	5.16

Tabel 4.15: Lanjutan.

1	LBV 20% ASP 0%	0.001	100	44.13	4.41	4.47
2		0.001	100	39.22	3.92	
3		0.001	100	50.99	5.1	
1	LBV 20% ASP 5%	0.001	100	42.08	4.20	4.22
2		0.001	100	43.66	4.36	
3		0.001	100	41.03	4.10	
1	LBV 20% ASP 10%	0.001	100	37.55	3.75	3.68
2		0.001	100	36.21	3.62	
3		0.001	100	36.83	3.68	

Tabel 4.16: Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.45.

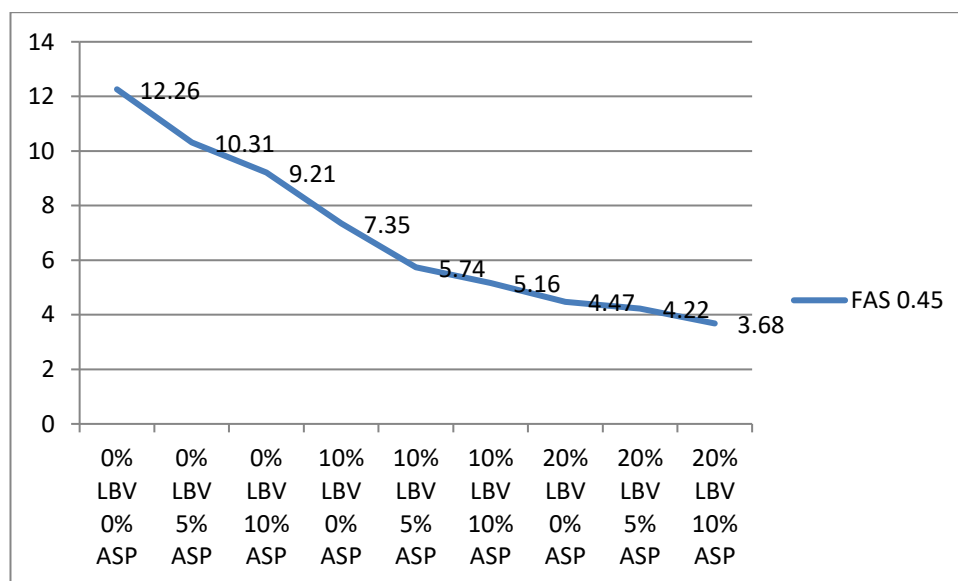
Sampel	LBV % ASP %	Volume (cm ³)	Luas penampang (cm ²)	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
				28 Hari	28 Hari	28 Hari
1	2	3	4	5	6	7
1	LBV 0% ASP 0%	0.001	100	107.87	10.78	10.27
2		0.001	100	98.06	9.80	
3		0.001	100	102.5	10.25	
1	LBV 0% ASP 5%	0.001	100	97.47	9.74	9.65
2		0.001	100	96.09	9.60	
3		0.001	100	96.21	9.62	
1	LBV 0% ASP 10%	0.001	100	92.66	9.26	9.51
2		0.001	100	93.92	9.39	
3		0.001	100	94.07	9.40	
1	LBV 10% ASP 0%	0.001	100	73.55	7.35	7.35
2		0.001	100	70.60	7.06	
3		0.001	100	76.49	7.65	
1	LBV 10% ASP 5%	0.001	100	60.34	6.03	6.23
2		0.001	100	64.01	6.40	
3		0.001	100	62.78	6.27	

Tabel 4.16: Lanjutan.

1	LBV 10% ASP 10%	0.001	100	38.39	3.83	3.76
2		0.001	100	37.56	3.75	
3		0.001	100	37.07	3.70	
1	LBV 20% ASP 0%	0.001	100	29.42	2.94	2.84
2		0.001	100	31.38	3.13	
3		0.001	100	24.51	2.45	
1	LBV 20% ASP 5%	0.001	100	23.79	2.38	2.36
2		0.001	100	23.90	2.40	
3		0.001	100	22.94	2.30	
1	LBV 20% ASP 10%	0.001	100	20.40	2.04	2.12
2		0.001	100	21.41	2.14	
3		0.001	100	21.75	2.18	

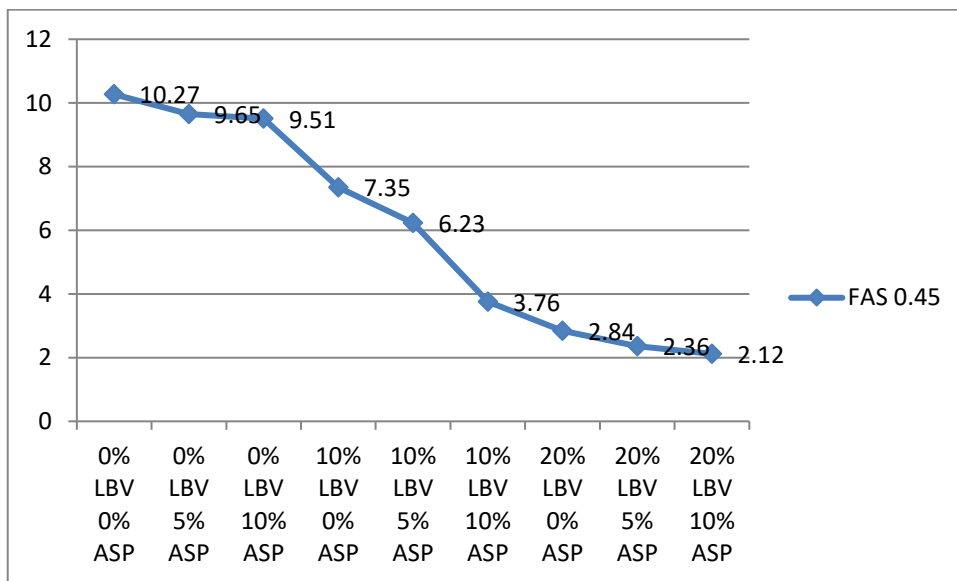
Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tekan tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran LBV dan ASP variasi 0% pada FAS 0.35 dengan kekuatan tekan rata-rata sebesar 12.26 Mpa dan kekuatan terendah terdapat pada beton dengan campuran LBV 20% dan ASP 10% dan pada FAS 0.45 yaitu dengan kekuatan tekan rata-rata hanya sebesar 2.12 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 4.15 dan Gambar 4.4 diatas, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 12.26 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi LBV 20% ASP 10% yaitu 3.68 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 4.5: Grafik Kuat Tekan Rata-Rata FAS 0.45.

Dari hasil analisa Tabel 4.16 dan Gambar 4.5 diatas, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 10.27 Mpa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi LBV 20% ASP 10% yaitu 2.12 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.

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. Hasil dari penambahan LBV beton busa (*foam concrete*) memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa :
 - a. Diperoleh nilai *slump flow* maksimum yaitu sebesar 865 mm pada sampel kuat tekan variasi 0% pada FAS 0.45 Sedangkan nilai *slump flow* minimum adalah sebesar 445 mm sampel kuat tekan variasi LBV 20% ASP 10% pada FAS 0.35.
 - b. Pada pemeriksaan *density* terhadap variasi campuran 0%, 10%, dan 20% untuk masing-masing variasi cenderung menurun pada tiap variasi 0% hingga 20%.
 - c. Semakin banyak penambahan karet ban vulkanisir pada beton busa maka nilai kuat tekan beton yang di hasilkan pada tiap variasi di masing masing FAS menjadi menurun.
2. Hasil dari penambahan limbah ban vulkanisir pada beton busa (*foam concrete*) memberikan pengaruh terhadap nilai densitas sebagai berikut:
 - a. Berat jenis (*density*) beton busa karet rata-rata adalah sebesar 800 kg/m^3 – 1200 kg/m^3 , sesuai dengan nilai *density* rencana yaitu sebesar 1200 kg/m^3 dan telah memenuhi persyaratan SNI 03-3449-2002 yaitu tidak melebihi 1800 kg/m^3 .
 - b. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi 0% pada FAS 0.35 yaitu tanpa penggunaan LBV pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 12.26 MPa. Sedangkang nilai kuat tekan minimum terjadi pada variasi LBV 20% ASP 10% pada FAS 0.45 yaitu sebesar 2.12 MPa.
3. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan LBV dengan persentase paling optimum terjadi pada variasi LBV 10% ASP

5% pada FAS 0.35 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 5.74 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 semen dengan campuran LBV dan ASP.
2. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai beton busa karet, seperti penggunaan variasi 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 limbah ban vulkanisir (LBV) dan abu sekam padi (ASP) yang lebih baik dari pada penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmonem, A., El-Feky, M. S., Nasr, E. S. A. R., & Kohail, M. (2019). Performance of high strength concrete containing recycled rubber. *Construction and Building Materials*, 227, 116660.
- Aly, A. M., El-Feky, M. S., Kohail, M., & Nasr, E. S. A. R. (2019). Performance of geopolymer concrete containing recycled rubber. *Construction and Building Materials*, 207, 136–144.
- Amran YH, Mugahed, Farzadnia N, A. A. (2015). Properties and applications of foamed concrete. *Construction and Building Materials*, 101.
- Chandra, Y. (2015). Studi Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Menggunakan Limbah Ban (Tire) Sebagai Agregat. In *Anzdoc*.
- D. Snelson, JM Kinuthia, P. Davies, S. C. (2009). Sustainable construction: composite use of tyres and ash in concrete. *Waste Manage*.
- Djaka Suhirkam, Gunawan Tanzil, I. F. A. (2012a). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Superplasticizer Terhadap Kekuatan Beton Mutu K - 500*.
- Farhan, M., Kusuma, M., Faizah, R., & Nugroho, G. (2021). *Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Beton Terhadap Daya Redam Getaran*. 1(1), 25–28.
- G. Girskas, D. N. (2017). Crushed rubber waste impact of concrete basic properties. *Constr. Membangun. Mater*.
- Gunawan, P., Prayitno, S., & Cahyadi, A. (2013). *Pengaruh Penambahan Serat Galvalum Az 150 Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Modulus Elastisitas, Kuat Tarik Dan Kuat Tekan*. 2(September), 213–220.
- Hariato, A. (2017). *Uji Kuat Tekan Beton Komposit Cangkang Kelapa Sawit Dan Penambahan Lateks Pada Beton Untuk Aplikasi Konstruksi Bangunan*. 22.
- Hilal, A. A. (2011). Effect of Crumb Tyres Rubber on Some Properties of Foamed Concrete. *Anbar Journal for Engineering Sciences AJES-2011*, 4(2).

- li, B. A. B., & Pustaka, T. (2001). *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)*. 6–30.
- Karimah, R. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1).
- Lhokseumawe, P. N., Pengantar, K.(2010). Analisa Kuat Tarik Beton Busa (*Foam Concrete*) Dengan Kombinasi Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa, Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Menggunakan Metode Eksperimen Laboratorium. In *Jurnal Volume 18, Nomor 1 Maret 201* (Vol. 2, Issue 1).
- Mills, J., & Skinner, B. (2018). Crumbed Rubber Concrete: A Promising Material for Sustainable Construction • scientia.global. *Scientia*.
- Najib, M. A., & Nadia. (2014). Beton Normal Dengan Menggunakan Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Konstruksia*, 6(1), 95–102.
- 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.
- Nugraha, Y., Prayuda, H., & Saleh, F. (2017). Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5%. *Semesta Teknika*, 20(2), 116–124.
- Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 24(2), 139–144.
- 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.
- Penelitian, P., Lipi, B., Raya, J., Km, B., & Bogor, C. (2015). *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan*.
- Pertanian, I., Teknologi, D., Pertanian, I., Pertanian, F. T., & Barat, J. (2019). *Pemanfaatan agent dari*. 29(3), 308–316.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., Mondoringin, M., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., Manado, R., Apung, B., Padi, A. S., Parsial, S., & Belakang, L. (2016). *Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung)*. 4(3).

- Raharja, S. (2013). *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan*. 1(4), 503–510.
- Ramamurthy K, Nambiar RK, R. G. 2009. (2009). A classification of studies on properties of foam concrete. *Cem. Concr. Compos.* 31(6):388– 396., 31(6).
- Rivai M, Hambali E, Suryani A, F. R., & Firmansyah S, P. J. (2017). Synthesis of palm oil fatty acid as foaming agent for firefighting application. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 65.
- Rommel, E., Rusdianto, Y., Utari, R. P., & Riyanto, A. S. (2017). Pengaruh Pemakaian Fly-Ash Terhadap Karakteristik Beton Busa (Tinjauan Pada Konduktivitas Termal Dan Sound Absorption Beton). *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2017*, 1–8.
- Roychand, R., Gravina, R. J., Zhuge, Y., Ma, X., Youssf, O., & Mills, J. E. (2020). A comprehensive review on the mechanical properties of waste tire rubber concrete. *Construction and Building Materials*, 237, 117651.
- Safitri, F., Dapas, Abdul Rajak Servie, & Sumajouw, Marthin D. J. (2020). Pengujian Kuat Tekan Mortar Dan Beton Ringan Dengan Menggunakan Agregat Ringan Batu Apung Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(4), 271–278.
- Siddika, A., Mamun, M. A. Al, Alyousef, R., Amran, Y. H. M., Aslani, F., & Alabduljabbar, H. (2019). Properties and utilizations of waste tire rubber in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 224, 711–731.
- Tata, A., & Sultan, M. A. (2016a). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *SIPILsains*, 06, 23–30.
- Tata, A., & Sultan, M. A. (2016b). *Sebagai Campuran Bahan Baku Beton*. 06, 23–30.
- Triasruti, T., Nugroho, A., R. (2016). Karakteristik beton busa menggunakan abu cangkang kerang hijau sebagai bahan pengganti semen portland. *Rekayasa Sipil Mercu Buana*, 5(1), 35–41.
- Trilok Gupta and Sandeep Chaudhary and Ravi Kumar Sharma. (2014). Penilaian sifat mekanik dan durabilitas beton yang mengandung limbah ban karet sebagai agregat halus. *Bahan Konstruksi Dan Bangunan*, 73, 562–574.

Tumbel, G. W. Y., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2020). *Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton*. 8(3), 293–298.

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.