

TUGAS AKHIR

NILAI TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

M. RIZKY RIZALDI NST
1607210159



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MSU
[Cerdas] Terpercaya

menjawab surat ini agar disebutkan
nama dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12

Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M. Rizky Rizaldi Nst
NPM : 1607210159
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa
(*Foam Concrete*) Terhadap Penambahan Serat Sabut
Kelapa Dengan Serbuk Cangkang Telur Dan Abu
Sekam Padi
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 4 November 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fetra Venny Riza

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M. Rizky Rizaldi Nst

NPM : 1607210159

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa (*Foam Concrete*) Terhadap Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi

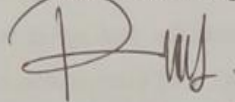
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 13 November 2020

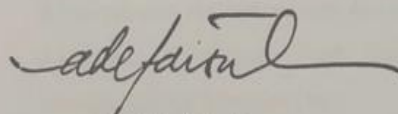
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



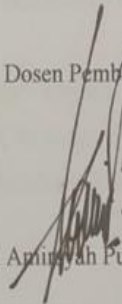
(Dr. Fetra Venny Riza)

Dosen Pembimbing I



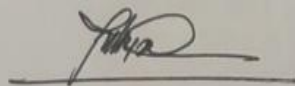
(Dr. Ade Faisal)

Dosen Pembimbing II



(Tondi Anindya Putera, ST., M.T)

Ketua Prodi Teknik Sipil



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M. Rizky Rizaldi Nst
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 18 Oktober 1998
NPM : 1607210159
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa (*Foam Concrete*) Terhadap Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi”

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


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

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

Medan, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,




M. Rizky Rizaldi Nst

ABSTRAK

NILAI TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI

M. Rizky Rizaldi Nst
1607210159
Dr. Fetra Venny Riza

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Dengan pemanfaatan limbah industri pangan seperti abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa dapat diolah menjadi bahan substitusi seperti semen dalam membuat beton yang diharapkan mampu menghasilkan suatu beton dengan kekuatan yang baik, ramah lingkungan, dan dapat dilihat penggunaannya pada bangunan yang tepat dari jenis beton ini. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai tegangan kuat lentur balok beton busa terhadap penambahan serat sabut kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi. Variasi abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan bahan tambahan serat sabut kelapa dalam campuran beton diambil mulai dari 0%, 10%, 15%, dan 20%. Sampel pengujian dipakai pada balok beton dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 8,04 Mpa; Variasi I (10%) = 6,68 Mpa; Variasi II (15%) = 2,81 Mpa; Variasi III (20%) = 2,26 Mpa. Sedangkan buat nilai kuat lentur berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 2,7 Mpa; Variasi I (10%) = 1,5 Mpa; Variasi II (15%) = 1,5 Mpa; Variasi III (20%) = 1,35 Mpa. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa dengan mendapatkan nilai tertinggi di variasi I (10%) sebesar 1,5 Mpa.

Kata Kunci: Beton Busa, Kuat Tekan, Kuat Lentur

ABSTRACT

THE VALUE FOAM CONCRETE BLOCK STRONG STRENGTH OF TO ADDITION OF COCONUT FIBER WITH EGG POWDER AND RICE HUSK ASH

M. Rizky Rizaldi Nst
1607210159
Dr. Fetra Venny Riza

The use of lightweight concrete in a variety of modern constructions is growing rapidly because there are advantages that can be obtained from the use of lightweight concrete technology, including a smaller density of concrete so as to reduce the weight of the structural elements, which results in smaller cross-section dimensions. With the use of food industry waste such as rice husk ash, eggshell powder, and coconut fiber, it can be processed into substitution materials such as cement in making concrete which is expected to be able to produce concrete with good strength, environmentally friendly, and its use can be seen in the right building. of this type of concrete. This study aims to study the flexural strength value of foam concrete blocks against the addition of coconut fiber with eggshell powder and rice husk ash. Variations of rice husk ash, eggshell powder, and coconut fiber additives in the concrete mixture were taken from 0%, 10%, 15%, and 20%. The test sample is used on a concrete block with a size of 10 x 10 x 60 cm³ as many as 12 specimens. To determine the value of compressive strength and flexural strength of concrete tested for 28 days. The compressive strength value based on variation is Normal (0%) = 8.04 Mpa; Variation I (10%) = 6.68 Mpa; Variation II (15%) = 2.81 Mpa; Variation III (20%) = 2.26 Mpa. Meanwhile, for the flexural strength value based on variation is Normal (0%) = 2.7 Mpa; Variation I (10%) = 1.5 Mpa; Variation II (15%) = 1.5 Mpa; Variation III (20%) = 1.35 Mpa. In this study, it can be concluded that concrete with a mixture of rice husk ash, eggshell powder, and coconut fiber with the highest value in variation I (10%) is 1.5 Mpa.

Keywords: Foam Concrete, Compressive Strength, Flexural Test

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah **“Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa (*Foam Concrete*) Terhadap Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi”**.

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

1. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, selaku Dosen Pembimbing yang selama ini bersedia meluangkan waktu dan memberikan bantuannya kepada penulis dalam mempersiapkan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan.
3. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansuri S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu materi pembelajaran Teknik Sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kedua orang tua, Ayahanda Drs. M. Uzeir Nst dan Ibunda Erningsih tercinta yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus dan tak terhingga sampai akhir hayat serta telah memberikan dorongan, semangat, doa serta cinta kasih yang begitu dalam kepada penulis.
10. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Terimakasih atas bantuan, kebersamaannya, waktu serta dan dukungannya selama ini kepada penulis. Semoga ALLAH SWT membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, semoga laporan magang ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Medan, November 2020

Penulis

M. Rizky Rizaldi Nst
NPM.1607210159

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Busa (<i>Foam Concrete</i>)	5
2.1.1 <i>Foam Agent</i>	9
2.2 Abu Sekam Padi	11
2.3 Serat Sabut Kelapa	15
2.4 Serbuk Cangkang Telur	19
2.5 Kuat Tekan Beton	20
2.6 Kuat Lentur	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Diagram Alir	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	29
3.3.1 Alat Untuk Pengerjaan Beton	29
3.3.2 Bahan Untuk Pembuatan Beton	36

3.4	Metode Penelitian	39
3.5	Langkah-Langkah Pemeriksaan Bahan	40
3.5.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	40
3.5.2	Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	41
3.5.3	Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	42
3.5.4	Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	42
3.5.5	Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur	43
3.6	Pembuatan Rencana Campuran (<i>Mix Design</i>)	43
3.7	Pembuatan Benda Uji	44
3.8	Pemeliharaan/Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji	46
3.9	Pengujian Sampel	46
3.9.1.	Pengujian <i>Slump Flow</i>	46
3.9.2.	Pengujian Kuat Tekan	47
3.9.3.	Pengujian Kuat Lentur	48
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		51
4.1	Hasil Analisa Pengujian Agregat Halus	51
4.1.1.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	51
4.1.2.	Kadar Lumpur Agregat Halus	52
4.1.3.	Kadar Air Agregat Halus	53
4.1.4.	Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	54
4.1.5.	Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur	55
4.2	Perhitungan Rencana Campuran (<i>Mix Design</i>)	55
4.2.1.	Perhitungan <i>Mix Design</i> Kuat Tekan	55
4.2.2.	Perhitungan <i>Mix Design</i> Kuat Lentur	59
4.3	Perhitungan <i>Slump Flow</i>	62
4.4	Berat Isi Kuat Tekan	63
4.5	Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan	64
4.6	Berat Isi Kuat Lentur	67
4.7	Hasil Uji Kuat Lentur Beton Ringan	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	72

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar hasil penelitian beton busa yang telah dilakukan	7
Tabel 2.2. Daftar hasil penelitian <i>foam agent</i> yang telah dilakukan	10
Tabel 2.3. Komposisi kimia abu sekam padi (Hadipramana & Riza, 2016)	11
Tabel 2.4. Daftar hasil penelitian abu sekam padi yang telah dilakukan	13
Tabel 2.5. Daftar hasil penelitian serat kelapa yang telah dilakukan	17
Tabel 2.6. Daftar hasil penelitian cangkang telur yang telah dilakukan	19
Tabel 2.7. Daftar hasil penelitian cangkang telur yang sebelumnya dilakukan	20
Tabel 2.8. Ukuran benda uji kuat tekan	21
Tabel 2.9. Daftar hasil penelitian beton dengan nilai kuat tekan yang sebelumnya dilakukan	23
Tabel 2.10. Daftar hasil penelitian beton dengan nilai kuat lentur yang sebelumnya dilakukan	27
Tabel 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	29
Tabel 3.2. Jumlah semua sampel yang akan dibuat	44
Tabel 4.1. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	51
Tabel 4.2. Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	52
Tabel 4.3. Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus	53
Tabel 4.4. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan ASP	54
Tabel 4.5. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan SCT	55
Tabel 4.6. Bahan campuran beton untuk 1 kali <i>mix</i> (3 sampel) pada kuat tekan	56
Tabel 4.7. Bahan campuran beton untuk 1 kali <i>mix</i> (3 sampel) pada kuat lentur	59
Tabel 4.8. Nilai berat isi beton kuat tekan	63
Tabel 4.9. Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan	64
Tabel 4.10. Hasil pengujian kuat tekan beton ringan	65
Tabel 4.11. Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan	65
Tabel 4.12. Nilai berat isi beton kuat lentur	67
Tabel 4.13. Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan	68
Tabel 4.14. Hasil pengujian kuat lentur beton ringan	68
Tabel 4.15. Nilai rata-rata kuat lentur beton ringan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Abu sekam padi	12
Gambar 2.2 Serat sabut kelapa	15
Gambar 2.3 Beban tekan pada benda uji silinder	21
Gambar 2.4 Daerah patah pada balok uji	26
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	28
Gambar 3.2 Saringan agregat halus No.4	29
Gambar 3.3 (a) Saringan no.50 dan (b) Saringan no.100	30
Gambar 3.4 Oven	30
Gambar 3.5 Timbangan digital	30
Gambar 3.6 Ember	31
Gambar 3.7 (a) Cetakan benda uji silinder dan (b) cetakan benda uji balok	31
Gambar 3.8 Sekop tangan	31
Gambar 3.9 Piknometer	32
Gambar 3.10 Pan	32
Gambar 3.11 Gelas ukur	32
Gambar 3.12 Plastik 10 kg	33
Gambar 3.13 Kuas	33
Gambar 3.14 Bak perendam	33
Gambar 3.15 Spritus	34
Gambar 3.16 Kawat kasa dan Kaki tiga	34
Gambar 3.17 Kerucut abram	34
Gambar 3.18 Mesin pengaduk beton (molen)	35
Gambar 3.19 Mesin pengaduk <i>foam agent</i>	35
Gambar 3.20 (a) <i>Digital Compression Machine Test</i> dan (b) <i>Flexural Test</i>	35
Gambar 3.21 Agregat halus (pasir)	36
Gambar 3.22 Semen	36
Gambar 3.23 Air	37
Gambar 3.24 <i>Foam agent</i>	37
Gambar 3.25 Sika	38
Gambar 3.26 Abu sekam padi	38

Gambar 3.27 Serbuk cangkang telur	39
Gambar 3.28 Serat sabut kelapa	39
Gambar 3.29 Bak perendaman	46
Gambar 3.30 Uji <i>slump flow</i>	47
Gambar 3.31 <i>Digital Compression Machine Test</i>	48
Gambar 3.32 Ilustrasi beban tekan pada benda uji silinder	48
Gambar 3.33 <i>Flexural test</i>	50
Gambar 3.34 Ilustrasi pengujian kuat lentur balok beton	50
Gambar 4.1 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan	66
Gambar 4.2 Grafik nilai rata-rata kuat tekan beton ringan	66
Gambar 4.3 Perbandingan nilai berat isi beton dengan nilai kuat tekan	67
Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil nilai kuat lentur	69
Gambar 4.5 Grafik nilai rata-rata kuat lentur beton ringan	70
Gambar 4.6 Perbandingan nilai berat isi beton dengan nilai kuat lentur	70

DAFTAR NOTASI

f^c	=	Kuat Tekan	(Mpa)
P	=	Gaya Tekan Maksimum	(N)
A	=	Luas Penampang	(mm ²)
σ	=	Kuat Lentur Benda Uji	(Mpa)
P	=	Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji	(Ton)
L	=	Jarak antara dua garis perletakan	(mm)
b	=	Lebar tampang lintang patah arah horizontal	(mm)
h	=	Lebar tampang lintang patah arah vertikal	(mm)
a	=	Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang	(m)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton sebagai material konstruksi sudah dikenal dan digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Walaupun istilah semen *Portland* baru dikenal pada abad 19, namun bangunan dengan menggunakan beton sudah dikenal sejak jaman Romawi, seperti Colosseum di Roma atau Pont du Gard di Perancis. Pada abad ke 17, Perkembangan beton terus mengalami peningkatan seiring berkembangnya bahan-bahan pembentuknya, terutama semen. Pada masa sekarang ini beton merupakan material yang dibuat atas dasar perencanaan yang teliti, sehingga dapat dioptimalkan kekuatannya, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang lebih dahulu melalui proses terpilih dan diketahui sifat-sifatnya.

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Berat jenis yang lebih ringan ini berpengaruh terhadap beban mati struktural yang lebih kecil pula dan juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan. (Rahamudin et al., 2016)

Penggunaan limbah-limbah tersebut dalam pembuatan beton ini juga berguna untuk mengurangi permasalahan lingkungan hidup karena biasanya material tersebut hanya dibuang begitu saja. Dengan penggunaan material itu, beton akan menjadi lebih ringan tetapi tetap memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding beton konvensional.

Dengan pemanfaatan limbah industri pangan seperti abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa dapat diolah menjadi bahan substitusi seperti semen dalam membuat beton yang diharapkan mampu menghasilkan suatu beton dengan kekuatan yang baik, ramah lingkungan, dan dapat dilihat penggunaannya pada bangunan yang tepat dari jenis beton ini. Selain itu, beton

yang disubstitusikan dari limbah industri pangan ini diharapkan menjadi beton yang lebih ekonomis dibandingkan dengan beton busa tanpa substitusi limbah lainnya. Oleh karena itu peneliti mengambil judul “Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa (*Foam Concrete*) Terhadap Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi” sebagai penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah rancangan campuran beton busa (*foam concrete*) dengan tambahan serat kelapa, cangkang telur, dan abu sekam padi?
2. Berapakah pengaruh penambahan cangkang telur, abu sekam padi, serta bahan tambahan serat kelapa sebagai material terhadap kuat lentur (*flexural strength*) pada beton busa (*foam concrete*)?
3. Berapakah persentasi maksimum dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan penambahan serbuk cangkang telur, abu sekam padi, dan 2% bahan tambahan serat sabut kelapa sebagai pengganti semen untuk mendapatkan nilai kuat lentur beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada:

1. Jenis beton yang akan diteliti adalah beton busa (*foam concrete*).
2. Karakteristik beton busa yang diuji adalah kuat lentur dari hasil eksperimen.
3. Bahan tambah yang digunakan adalah campuran abu sekam padi, cangkang telur serta serat sabut kelapa sebagai pengganti semen.
4. Bahan tambah yang digunakan untuk menaikkan nilai kuat lentur adalah serat kelapa.
5. Tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin, dan kelembapan udara tidak dibahas secara mendalam.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui rancangan campuran beton ringan pada *filler*.
2. Untuk mengetahui efek penambahan pada filler sebagai material terhadap kuat lentur pada beton busa (*foam concrete*).
3. Untuk mengetahui persentasi maksimum dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan penambahan serbuk cangkang telur, abu sekam padi, dan 2% bahan tambahan serat kelapa sebagai pengganti semen untuk mendapatkan nilai kuat lentur beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai rujukan atau penelitian dan dapat dikembangkan sebagai penelitian berkelanjutan dalam pengembangan pembuatan beton ringan pada industri konstruksi.
2. Beton ringan dapat menjadi solusi alternatif yang efektif dan efisien.
3. Pemanfaatan abu sekam padi, serbuk cangkang telur serta serat kelapa dan mencari inovasi terbaru dari beton ringan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas.
4. Untuk mengurangi dan memanfaatkan limbah abu sekam padi, serat kelapa, dan serat cangkang telur menjadi bahan pembuatan beton ringan.

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 ANALISA DATA 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. Beton Busa (*Foam Concrete*)

Sejarah beton busa berawal pada tahun 1920-an sehingga produksi diautoklaf beton aerasi, yang akan digunakan utama sebagai isolasi. Sebuah studi merinci mengenai komposisi, sifat fisik dan produksi beton busa pertama kali dilakukan pada tahun 1950-an dan tahun 1960-an. Setelah penelitian ini, bahan-bahan tambahan ini dikembangkan pada tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an, yang menyebabkan penggunaan komersial beton busa dalam proyek konstruksi. Awalnya, digunakan di Belanda untuk mengisi kekosongan dan untuk stabilisasi tanah. Penelitian lebih lanjut dilakukan di Belanda membantu membawa tentang penggunaan lebih luas beton busa sebagai bahan bangunan. Dan prakteknya beton busa sering digunakan pada aplikasi konstruksi di berbagai negara seperti Jerman, Inggris, Filipina, Turki, dan Thailand.

Beton busa, juga dikenal sebagai *foam concrete*, beton ringan selular atau dikurangi beton kepadatan, adalah bubur yang dibuat dengan menyuntikkan mortar atau semen pasta dengan busa sintetik diangin-anginkan. Hampir tidak ada agregat kasar yang digunakan dalam memproduksi beton busa, sehingga beton istilah teknis keliru.

Menurut (Rommel et al., 2017) 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 beton ringan, *ready mix*, dan bentuk khusus.

Menurut (Karimah et al., 2017) adapun proses tahapan pembuatan beton ringan adalah sebagai berikut:

- 1) Campurlah semen *portland* dengan 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.

Hasil penelitian sebelumnya pada beton busa yang dilakukan oleh:

1. Gunawan dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan bahan tambahan serat aluminium. (Gunawan et al., 2014)
2. Triastuti dan Nugroho melakukan penelitian beton busa dengan campuran abu sekam padi. (Triastuti & Nugroho, 2017)
3. Triastuti dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan bahan tambahan abu ampas tebu. (Triastuti et al., 2017)
4. Rommel dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan bahan tambahan *fly ash*. (Rommel et al., 2017)
5. Sari dan Mahyudin melakukan penelitian beton busa dengan menggunakan bahan tambahan serat ecek gondok. (Sari & Mahyudin, 2017)
6. Rommel dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan menggunakan bahan tambahan serat ijuk dan *foam agent*. (Rommel et al., 2018)

Terdapat nilai kuat tekan dan kuat lentur dari hasil penelitian kedalam Tabel

2.1

Tabel 2.1. Daftar hasil penelitian beton busa yang telah dilakukan

No	Judul, Nama, Tahun	Bahan / Cara	Kuat Tekan	Kuat Lentur
1.	Kuat Lentur, Toughness, Dan Stiffness Pada Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Aluminium (Gunawan et al., 2014)	Serat aluminium		0% = 1,043 MPa 0,25% = 1,3 MPa 0,5% = 1,6 MPa 1% = 1,076 MPa
2.	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan (Triastuti & Nugroho, 2017)	Abu sekam padi	7 hari = 0,84-0,92 MPa 14 hari = 1,06-1,122 MPa 28 hari = 1,41-1,474 Mpa	0% = 0,76 MPa 10% = 0,72 MPa 15% = 0,75 MPa 20% = 0,64 MPa
3.	Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dalam Pembuatan Beton Busa Ringan (Triastuti et al., 2017)	Abu ampas tebu	Pada umur 28 hari 1,4 – 1,9 Mpa	12% = 1,38 MPa
4.	Pengaruh Pemakaian Fly-Ash Terhadap Karakteristik Beton Busa (Tinjauan Pada Konduktivitas Termal Dan Sound Absorption Beton) (Rommel et al., 2017)	Abu terbang (<i>Fly ash</i>)	a) <i>Foam agent</i> (0%) 7 hari = 7,32 MPa 14 hari = 8,04 MPa 21 hari = 10,32 MPa 28 hari = 10,48 MPa b) <i>Foam agent</i> (2%) 28 hari = 13,24 MPa c) <i>Foam agent</i> (3%) 28 hari = 10,62 MPa d) <i>Foam agent</i> (4%) 28 hari = 8,36 Mpa	

Tabel 2.1. *Lanjutan* daftar hasil penelitian beton busa yang telah dilakukan

5.	Pengaruh Persentase Serat Eceng Gondok terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Busa (Sari & Mahyudin, 2017)	Serat eceng gondok	a) 0% = 100 kg/cm ² 2,5% = 70 kg/cm ² 5% = 80 kg/cm ² 7,5% = 95 kg/cm ² 10% = 90 kg/cm ²	b) 0% = 40 kg/cm ² 2,5% = 60 kg/cm ² 5% = 50 kg/cm ² 7,5% = 42 kg/cm ² 10% = 45 kg/cm ²
6.	Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam-Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa (Rommel et al., 2018)	Serat ijuk dan <i>foam agent</i>	a) Serat ijuk 0% = 21,60 MPa 1% = 19,73 MPa 2% = 16,67 MPa b) <i>Foam agent</i> 0% = 19,6 MPa 1% = 16,53 MPa 2% = 14,13 MPa	

2.1.1. *Foam Agent*

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

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

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

Penggunaan *foam agent* bertujuan untuk mengurangi jumlah material yang digunakan, karena berkurangnya berat beton tetapi dengan volume yang tetap meskipun berarti kuat tekan beton tersebut berkurang dikarenakan pori-pori udara didalam beton tersebut.

Hasil penelitian sebelumnya pada *foam agent* yang dilakukan oleh:

1. Husin dan Setiadji melakukan penelitian bata beton dengan penambahan *foam agent*. (Husin & Setiadji, 2008)
2. Karimah dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan campuran *foam agent*. (Karimah et al., 2017)
3. Rommel dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan menggunakan bahan tambahan serat ijuk dan *foam agent*. (Rommel et al., 2018)

Terdapat nilai kuat tekan dan kuat lentur dari hasil penelitian kedalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Daftar hasil penelitian *foam agent* yang telah dilakukan

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

2.2. 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.

Inti dari upaya membuat kandungan silica sekam padi menjadi silica yang reaktif terletak pada sistem pembakaran sekam tersebut. Sehingga banyak penelitian yang dilakukan untuk menciptakan alat berupa tungku/tanur pembakaran yang rumit. Namun, pada prinsipnya tungku pembakaran tersebut harus dapat membakar sekam itu secara merata dengan suplay oksigen sesedikit mungkin serta menghasilkan suhu 450°C (ASP Standard ASTM C618-72). Suhu pembakaran juga mempengaruhi berat konstan ASP, dimana berat konstan dicapai pada suhu 500°C. Adapun untuk menguji reaktifitas ASP dapat diuji menggunakan metode X'Ray. (Rahamudin et al., 2016:227)

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. (Tata et al., 2016)

Model ini merupakan redesain dari tungku yang dikembangkan diberikan kedalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Komposisi kimia abu sekam padi (Hadipramana & Riza, 2016)

<i>Rice Husk Ash</i>	
<i>Formula</i>	<i>Concentration</i>
CO ₂	0.10%
SiO ₂	89.90%
K ₂ O	4.50%
P ₂ O ₅	2.45%
CaO	1.01%
MgO	0.79%

Tabel 2.3 *Lanjutan* komposisi kimia abu sekam padi

Fe ₂ O ₃	0.47%
Al ₂ O ₃	0.46%
MnO	0.14%
S	0 < LLD



Gambar 2.1 Abu sekam padi
Sumber: (Hadipramana & Riza, 2016)

Hasil penelitian sebelumnya pada abu sekam padi yang dilakukan oleh:

1. Rahamudin dan kawan-kawan melakukan penelitian beton ringan dengan campuran abu sekam padi. (Rahamudin et al., 2016)
2. Tata dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan campuran abu sekam padi. (Tata et al., 2016)
3. Triastuti dan Nugroho melakukan penelitian beton busa dengan campuran abu sekam padi. (Triastuti & Nugroho, 2017)
4. Fitriani dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan campuran serbuk cangkang telur, abu sekam padi, dan *copper slag*. (Fitriani et al., 2017)
5. Wibowo dan Setiawan melakukan penelitian beton ringan dengan dengan campuran abu sekam padi. (Wibowo & Setiawan, 2019)

Terdapat nilai kuat tekan dan kuat lentur dari hasil penelitian kedalam Tabel

2.4

Tabel 2.4. Daftar hasil penelitian abu sekam padi yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Campuran	Kuat Tekan	Kuat Lentur
1.	Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen (Rahamudin et al., 2016)	0%	11,73 Mpa	
		10%	13,14 Mpa	
		15%	14,59 Mpa	
		20%	10,32 Mpa	
2.	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton (Tata et al., 2016)	0%	15,23 Mpa	5,68 Mpa
		2,5%	16,37 Mpa	6,46 Mpa
		5%	15,69 Mpa	5,92 Mpa
		7,5%	21,15 Mpa	5,56 Mpa
3.	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan (Triastuti & Nugroho, 2017)	0%	7 Hari 0,84 Mpa – 0,92 Mpa	0,76 Mpa
		10%	14 Hari 0,72 Mpa	0,72 Mpa
		15%	1,06 Mpa – 1,122 Mpa	0,74 Mpa
		20%	28 Hari 1,41 Mpa – 1,474 Mpa	0,64 Mpa
4.	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen (Fitriani et al., 2017)	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan <i>Copper Slag</i> Umur 3, 14, dan 21 hari	4,9 Mpa 10,8 Mpa 14 Mpa	

Tabel 2.4. Lanjutan daftar hasil penelitian abu sekam padi yang telah dilakukan

5.	Penggunaan Abu Sekam Padi Dan Fly Ash Sebagai Pen-Substitusi Semen Pada Beton (Tobing et al., 2017)	Abu sekam padi dan <i>Fly ash</i>	28 hari a) ASPF = 25,1 Mpa b) ASPF 1 = 24,8 Mpa c) ASPF 2 = 21,8 Mpa d) ASPF 3 = 20,2 Mpa e) ASPF 4 = 24,8 Mpa f) ASPF 5 = 21,6 Mpa g) ASPF 6 = 21,2 Mpa	
6.	(Wibowo & Setiawan, 2019)	10% 30%		Yang semula 3,03 MPa menjadi 3,21 MPa meningkat sebesar 6%. Yang semula 2,60 MPa menjadi 2,79 MPa meningkat sebesar 7,05%.

2.3. Serat Sabut Kelapa

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain.

Diberbagai negara serat sebagai penguat dan peningkat sifat deformasi beton bukan lagi barang asing. Beton diperkuat serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur. (Sahrudin & Nadia, 2016:15)

Sebelum digunakan sebagai bahan substitusi beton berbuisa, serat kelapa di rendam dengan air bersih selama ± 24 jam agar serat lebih lentur dan tidak mudah patah saat akan digunakan.



Gambar 2.2 Serat sabut kelapa
Sumber: (Elhusna et al., 2011)

Hasil penelitian sebelumnya pada serat sabut kelapa yang dilakukan oleh:

1. Handani melakukan penelitian beton dengan campuran serat sabut kelapa. (Handani, 2009)
2. Elhusna dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dengan campuran serat sabut kelapa. (Elhusna et al., 2011)
3. Marpaung dan Karolina melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dengan penambahan serat kelapa. (Marpaung & Karolina, 2014)
4. Prahara dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% dengan penambahan serat sabut kelapa. (Prahara et al., 2015)
5. Sahrudin dan Nadia melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 0,125%, 0,250%, dan 0,500% dengan penambahan serat sabut kelapa. (Sahrudin & Nadia, 2016)
6. Patandung melakukan penelitian beton dengan variasi A = 50 g, B = 100 g, C = 150 g, D = 200 g, E = 250 g, dan F = 300 g dengan penambahan serat sabut kelapa. (Patandung, 2017)
7. Fatmi dan Mahyudin melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2% dengan penambahan serat kelapa dan *foam agent*. (Fatmi & Mahyudin, 2017)
8. Zainuri dan Megasari melakukan penelitian beton dengan variasi 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9% dengan campuran *cocofiber*. (Zainuri & Megasari, 2019)

Terdapat nilai kuat tekan dan kuat lentur dari hasil para penelitian kedalam Tabel 2.5

Tabel 2.5. Daftar hasil penelitian serat kelapa yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Campuran	Kuat Tekan	Kuat Lentur
1.	Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton (Handani, 2009)	Serat sabut kelapa Umur 28 hari	$73,40 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$	$29,95 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$
2.	Pengaruh Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 (Elhusna et al., 2011)	0%	0,0%	
		1%	8,7%	
		2%	13,7%	
		3%	19,2%	
		4%	25,9%	
		5%	30,0%	
2.	Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara (Marpaung & Karolina, 2014)	0%	25,59 Mpa	
		5%	22,49 MPa	
		10%	17,46 MPa	
		15%	12,59 MPa	
		20%	7,9 Mpa	
3.	Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi (Prahara et al., 2015)	0%	a) 14 Hari = 31,29 MPa 28 Hari = 40,4 MPa	
		1,5%	b) 14 Hari = 32,19 MPa 28 Hari = 44,1 MPa	
		2%	c) 14 Hari = 30,2 MPa 28 Hari = 37,53 MPa	
		2,5%	d) 14 Hari = 20,24 MPa 28 Hari = 26,4 MPa	
		3%	e) 14 Hari = 18,8 MPa	

Tabel 2.5. *Lanjutan* daftar hasil penelitian serat kelapa yang telah dilakukan

			28 Hari = 23,21 Mpa	
4.	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton (Sahrudin & Nadia, 2016)	0% 0,125% 0,250% 0,500%	17,106 Mpa 19,936 MPa 15,008 MPa 22,159 Mpa	
5.	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Pembuatan Beton “Knock Down” (Patandung, 2017)	Penambahan serat sabut kelapa dari beton <i>knok down</i>	A = 190 kg/cm ² B = 200 kg/cm ² C = 208 kg/cm ² D = 209,34 kg/cm ² E = 190 kg/cm ² F = 173,49 kg/cm ²	
6.	Pengaruh Persentase Serat Sabut Kelapa dan Foam Agent Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton (Fatmi & Mahyudin, 2017)	Serat sabut kelapa dan <i>Foam agent</i>	a) 0% = 90 Mpa b) 0,3% = 100 Mpa c) 0,6% = 82 Mpa d) 0,9% = 80 Mpa e) 1,2% = 58 Mpa	a) 0% = 65 Mpa b) 0,3% = 78 Mpa c) 0,6% = 85 Mpa d) 0,9% = 90 Mpa e) 1,2% = 80 Mpa
7.	Analisis Penambahan Cocofiber Pada Campuran Beton (Zainuri & Megasari, 2019)	0% 1% 3% 5% 7% 9%	30,018 Mpa 27,038 MPa 29,942 MPa 31,413 MPa 32,261 MPa 32,337 Mpa	

2.4. Serbuk Cangkang Telur

Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Menurut data Direktorat Jenderal Peternakan (2009), produksi telur Jawa Barat dan Indonesia tahun 2009, masing-masing sebesar 105.046 ton dan 1.013.543 ton. (Fitriani et al., 2017)

Secara umum struktur cangkang telur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lamelar. Lapisan kutikula merupakan permukaan terluar yang mengandung sejumlah protein. Lapisan spons dan lamelar membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat dalam cangkang telur. Cangkang telur mewakili 11% dari total bobot telur dan tersusun oleh kalsium karbonat (94%), kalsium fosfat (1%), material organik (4%), dan magnesium karbonat (1%). Sebagian besar kalsium dalam cangkang telur mengendap dalam kurun waktu 16 jam. Tidak ada ayam yang dapat mengkonsumsi 21 kalsium begitu cepat untuk memenuhi tuntutan ini. Sebagai gantinya, kalsium dipasok oleh massa-massa tulang khusus yang terdapat pada tulang ayam, yang mengumpulkan cadangan kalsium dalam jumlah besar untuk pembentukan cangkang. Jika ayam diberi pakan rendah kalsium, cangkang telurnya menjadi semakin tipis, ayam dapat menggunakan 10% dari jumlah seluruh kalsium dalam tulangnya hanya untuk membentuk sebutir telur. Bila pakannya terus-menerus rendah kalsium, produksi telur pada akhirnya akan berhenti. Biasanya, bahan bakunya ion Ca^{2+} dan ion CO_3^{2-} , dipasok oleh darah ke kelenjar cangkang. Proses kalsifikasinya adalah reaksi pengendapan: $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \leftrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$ Dalam darah, ion Ca^{2+} bebas akan berada dalam kesetimbangan dengan ion kalsium yang terikat pada protein.

Tabel 2.6 Komposisi kimia cangkang telur (Syahwati & Wahyuni, 2019)

No.	Mineral	% Dari Berat Total	g/Berat Total
1.	Kalsium (Ca)	37,30	2,30
2.	Magnesium (Mg)	0,38	0,02
3.	Fosfor (P)	0,35	0,02
4.	Karbonat (CO_3)	58,00	3,50
5.	Mangan (Mn)	7	Ppm

Hasil penelitian sebelumnya pada serbuk cangkang telur yang dilakukan oleh:

1. Fitriani dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan umur 3, 14, dan 21 hari dengan campuran serbuk cangkang telur, abu sekam, dan *copper slag*. (Fitriani et al., 2017)
2. Syahwati dan Wahyuni melakukan penelitian mortar dengan variasi 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dengan campuran bubuk cangkang telur. (Syahwati & Wahyuni, 2019)

Terdapat nilai kuat tekan dari hasil para penelitian kedalam Tabel 2.7

Tabel 2.7. Daftar hasil penelitian cangkang telur yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Campuran	Kuat Tekan
1.	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen (Fitriani et al., 2017)	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan <i>Copper Slag</i> Umur 3, 14, dan 21 hari	4,9 Mpa 10,8 MPa 14 Mpa
2.	Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar (Syahwati & Wahyuni, 2019)	Bubuk Cangkang Telur dan Absorpsi Mortar	a) 0% = 10,5 Mpa b) 2,5% = 11 Mpa c) 5,0% = 12 Mpa d) 7,5% = 13,49 Mpa e) 10,0% = 13,49 Mpa f) 12,5% = 13,49 Mpa g) 15% = 10,5 Mpa

2.5. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton atau *compressive strength* merupakan salah satu sifat atau karakteristik yang paling penting dari beton yang ingin dicapai pada perencanaan campuran beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur beton mencapai 7, 14, 21, dan 28 hari. Pada umur 28 hari beton mencapai kekuatan tekan rencana. Kekuatan tekan beton yang umum digunakan untuk struktur beton bertulang berkisar antara 17 Mpa sampai dengan 30 Mpa, dan untuk struktur beton prategang berkisar antara 30 Mpa sampai dengan 45 Mpa. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton antara lain faktor air semen, jenis agregat yang digunakan, jenis semen yang digunakan,

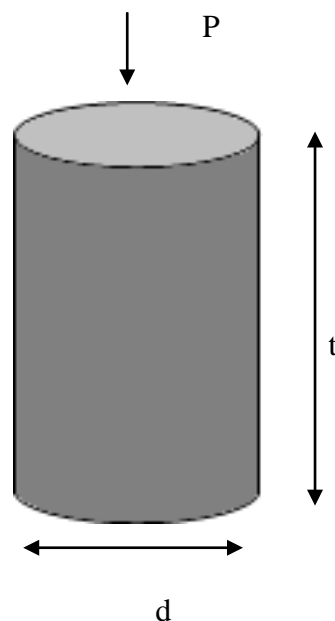
penggunaan bahan tambah (*admixtures*), umur beton, serta perawatan beton. (Jacky, 2018)

Sifat pada beton yang menonjol adalah kuat tekannya, maka dari itu dalam pembuatan beton sifat ini yang ditargetkan. Pengujian kuat tekan pada beton ada dua macam, yaitu pengujian destruktif dan non destruktif. Uji destruktif, yaitu pengujian yang dilaksanakan dengan cara merusak benda ujinya, sedangkan non destruktif tanpa merusak benda uji. Uji destruktif seperti pengujian sampel berbentuk kubus atau silinder, atau bentuk lainnya. Terdapat kedalam Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Ukuran benda uji kuat tekan

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

Sumber: SK SNI M-62-1990-03



Gambar 2.3 Beban tekan pada benda uji silinder.

Secara matematis rumus kuat tekan beton dinyatakan kedalam Pers.2.1 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dimana:

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm²)

Hasil penelitian sebelumnya pada beton dengan nilai kuat tekan yang dilakukan oleh:

1. Rahamudin dan kawan-kawan melakukan penelitian beton ringan dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan campuran abu sekam padi. (Rahamudin et al., 2016)
2. Fitriani dan kawan-kawan melakukan penelitian beton dengan campuran serbuk cangkang telur, abu sekam padi, dan *copper slag*. (Fitriani et al., 2017)
3. Triastuti dan Nugroho melakukan penelitian beton busa dengan umur 7, 14, dan 28 hari dengan campuran abu sekam padi. (Triastuti & Nugroho, 2017)
4. Triastuti dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan umur 28 hari dengan bahan tambahan abu ampas tebu. (Triastuti et al., 2017)
5. Rommel dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan variasi 0%, 2%, 3%, dan 4% dengan bahan tambahan *fly ash*. (Rommel et al., 2017)
6. Sari dan Mahyudin melakukan penelitian beton busa dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dengan bahan tambahan serat ecek gondok. (Sari & Mahyudin, 2017)
7. Rommel dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan variasi 0%, 1%, dan 2% dengan bahan tambahan serat ijuk dan *foam agent*. (Rommel et al., 2018)

Terdapat nilai kuat tekan dari hasil para penelitian kedalam Tabel 2.9

Tabel 2.9. Daftar hasil penelitian beton dengan nilai kuat tekan yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Campuran	Kuat Tekan
1.	Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen (Rahamudin et al., 2016)	0%	11,73 Mpa
		10%	13,14 Mpa
		15%	14,59 Mpa
		20%	10,32 Mpa
2.	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen (Fitriani et al., 2017)	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan <i>Copper Slag</i> Umur 3, 14, dan 21 hari	4,9 Mpa 10,8 Mpa 14 Mpa
3.	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan (Triastuti & Nugroho, 2017)	Abu sekam padi	7 hari = 0,84-0,92 MPa 14 hari = 1,06-1,122 MPa 28 hari = 1,41-1,474 Mpa
4.	Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dalam Pembuatan Beton Busa Ringan (Triastuti et al., 2017)	Abu ampas tebu	Pada umur 28 hari 1,4 – 1,9 Mpa
5.	Pengaruh Pemakaian Fly-Ash Terhadap Karakteristik Beton Busa (Tinjauan Pada Konduktivitas Termal Dan Sound Absorption Beton) (Rommel et al., 2017)	Abu terbang (<i>Fly ash</i>)	e) <i>Foam agent</i> (0%) 28 hari = 10,48 MPa f) <i>Foam agent</i> (2%) 28 hari = 13,24 MPa g) <i>Foam agent</i> (3%) 28 hari = 10,62 MPa h) <i>Foam agent</i> (4%) 28 hari = 8,36 Mpa

Tabel 2.9. *Lanjutan* daftar hasil penelitian beton dengan nilai kuat tekan yang telah dilakukan

6.	Pengaruh Persentase Serat Eceng Gondok terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Busa (Sari & Mahyudin, 2017)	Serat eceng gondok	c) 0% = 100 kg/cm ² 2,5% = 70 kg/cm ² 5% = 80 kg/cm ² 7,5% = 95 kg/cm ² 10% = 90 kg/cm ²
6.	Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam-Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa (Rommel et al., 2018)	Serat ijuk dan <i>foam agent</i>	c) Serat ijuk 0% = 21,60 MPa 1% = 19,73 MPa 2% = 16,67 MPa d) <i>Foam agent</i> 0% = 19,6 MPa 1% = 16,53 MPa 2% = 14,13 MPa

2.6. Kuat Lentur

Menurut (Manuahe et al., 2014) kuat lentur merupakan ukuran kemampuan suatu bahan menahan lentur (beban) yang bekerja tegak lurus sumbu memanjang serat di tengah-tengah bahan yang di tumpu pada kedua ujungnya tanpa terjadi perubahan bentuk yang tetap.

Kuat Lentur dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu kuat Lentur statik dan kuat Lentur pukul. Kuat Lentur statik menunjukkan kekuatan bambu dalam menahan gaya yang mengenainya perlahan-lahan, sedangkan kuat Lentur pukul adalah kekuatan bambu dalam menahan gaya yang mengenainya secara mendadak. Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dengan 2 titik pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton maka kuat lentur beton dihitung menurut Pers.2.2:

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (2.2)$$

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut Pers.2.3:

$$\sigma = \frac{3.P.a}{b.h^2} \quad (2.3)$$

Dengan:

σ = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)

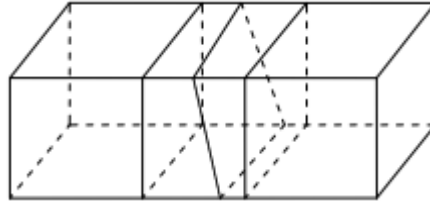
L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

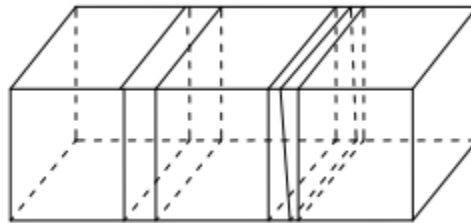
h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m)

3. Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Patah pada pusat 1/3 bentang (L) (Rumus 1)



Patah di luar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% dari bentang (Rumus 2)

Gambar 2.4 Daerah patah pada balok uji
(Sumber: SNI 03-4431-2011)

Hasil penelitian sebelumnya pada beton dengan nilai kuat lentur yang dilakukan oleh:

1. Handani melakukan penelitian beton dengan campuran serat sabut kelapa. (Handani, 2009)
2. Gunawan dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan variasi 0%, 0,25%, 0,5%, dan 1% dengan bahan tambahan serat aluminium. (Gunawan et al., 2014)
3. Triastuti dan Nugroho melakukan penelitian beton busa dengan umur 7, 14, dan 28 hari dengan campuran abu sekam padi. (Triastuti & Nugroho, 2017)
4. Triastuti dan kawan-kawan melakukan penelitian beton busa dengan umur 28 hari dengan bahan tambahan abu ampas tebu. (Triastuti et al., 2017)
5. Wibowo dan Setiawan melakukan penelitian beton ringan dengan variasi 10% dan 30% dengan campuran abu sekam padi. (Wibowo & Setiawan, 2019)

Terdapat nilai kuat lentur dari hasil para penelitian kedalam Tabel 2.10

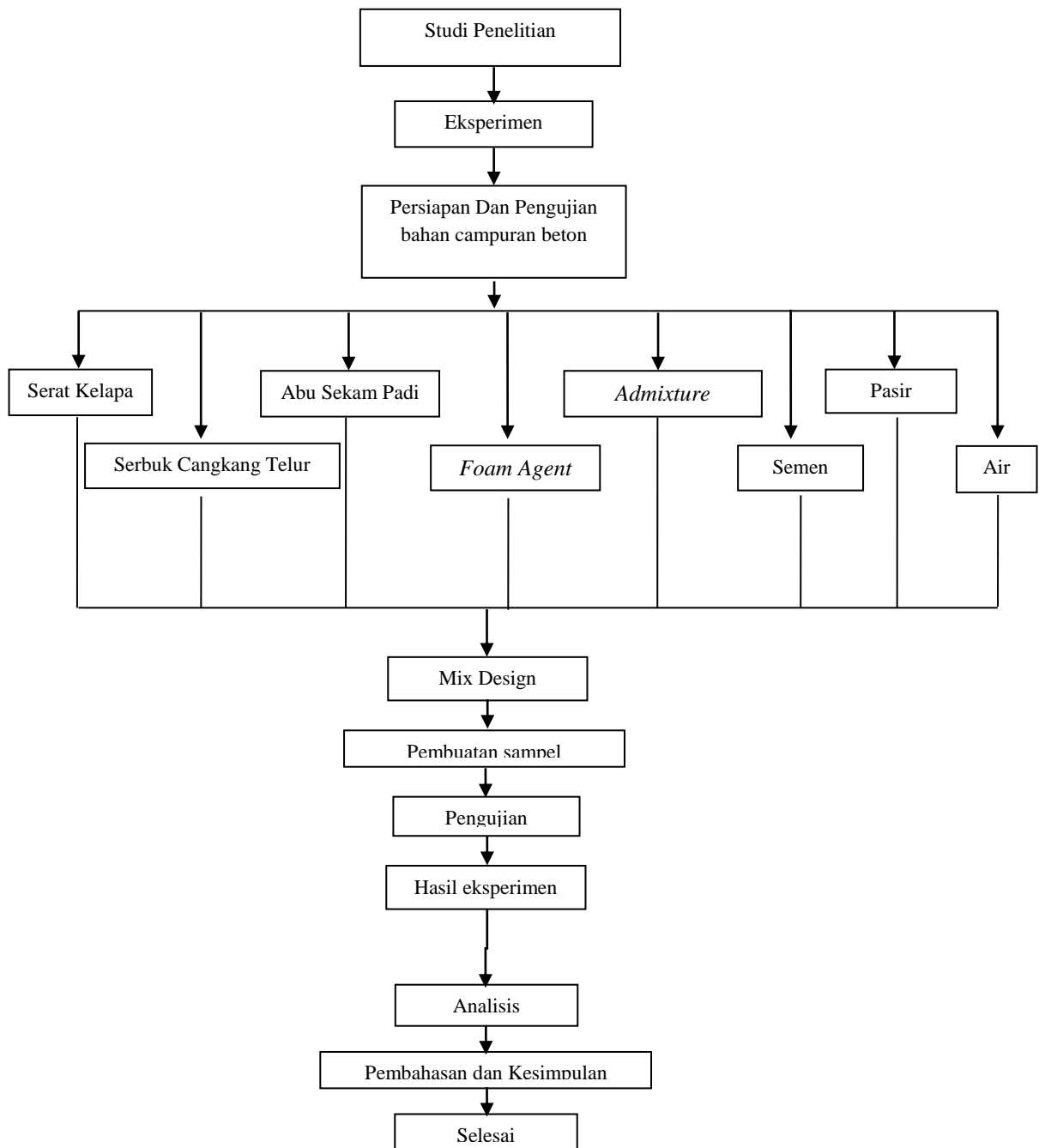
Tabel 2.10 Daftar hasil penelitian beton dengan nilai kuat lentur yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Campuran	Kuat Lentur
1.	Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton (Handani, 2009)	Serat sabut kelapa Umur 28 hari	$29,95 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$
2.	Kuat Lentur, Toughness, Dan Stiffness Pada Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Aluminium (Gunawan et al., 2014)	Serat aluminium	0% = 1,043 MPa 0,25% = 1,3 MPa 0,5% = 1,6 MPa 1% = 1,076 MPa
3.	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan (Triastuti & Nugroho, 2017)	Abu sekam padi	0% = 0,76 MPa 10% = 0,72 MPa 15% = 0,75 MPa 20% = 0,64 MPa
4.	Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dalam Pembuatan Beton Busa Ringan (Triastuti et al., 2017)	Abu ampas tebu	12% = 1,38 MPa
6.	Perilaku Mekanik Beton Ringan Styrofoam Dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi (Wibowo & Setiawan, 2019)	10% 30%	Yang semula 3,03 MPa menjadi 3,21 MPa meningkat sebesar 6%. Yang semula 2,60 MPa menjadi 2,79 MPa meningkat sebesar 7,05%.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

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



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian dirangkum kedalam Tabel 3.1

Tabel 3.1 Tempat dan waktu penelitian

No	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Persiapan alat dan bahan	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Maret 2020
2	Proses penimbangan bahan-bahan sampel yang akan diuji	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2020
3	Proses pembuatan sampel beton	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Agustus 2020
4	Proses perendaman sampel beton	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Agustus 2020
5	Proses pengangkatan benda uji setelah direndam	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	September 2020
6	Proses pengujian kuat tekan dan kuat lentur	Laboratorium Teknologi Beton USU	September 2020

3.3. Persiapan Alat dan Bahan Membuat Beton

3.3.1. Peralatan Pembuatan Beton

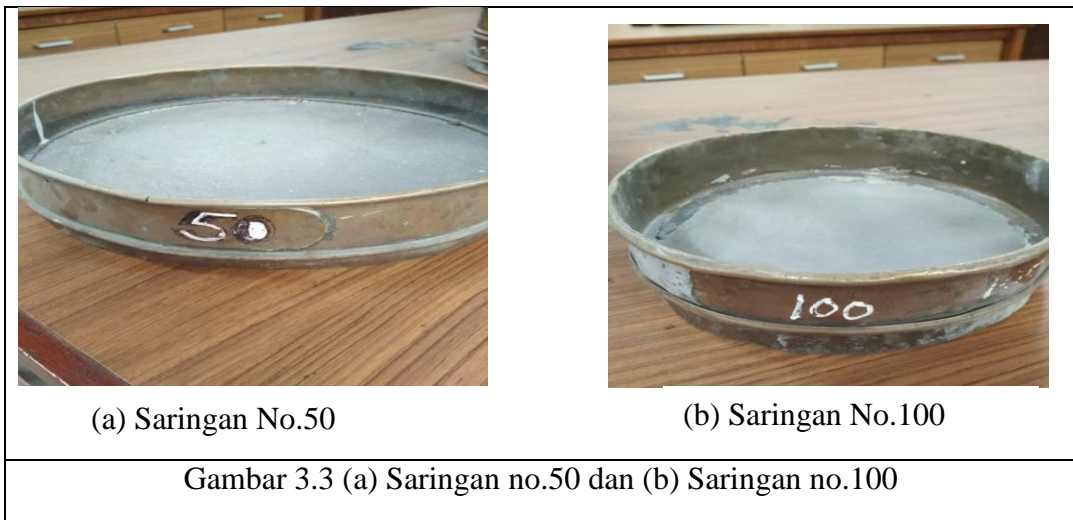
Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan agregat halus No.4.



Gambar 3.2 Saringan agregat halus no.4

2. Saringan untuk Serbuk Cangkang Telur (SCT) No.50 dan saringan untuk Abu Sekam Padi (ASP) No. 100



3. Oven



4. Timbangan digital



5. Ember



Gambar 3.6 Ember

6. Cetakan benda uji berbentuk silinder dan balok



(a) Silinder



(b) Balok

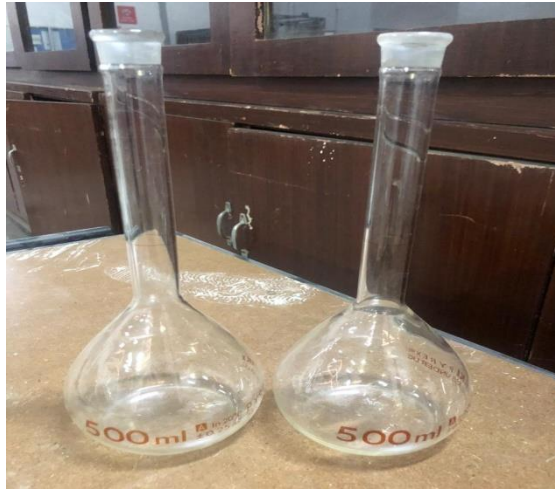
Gambar 3.7 (a) Cetakan benda uji silinder dan (b) Cetakan benda uji balok

7. Sekop tangan



Gambar 3.8 Sekop tangan

8. Piknometer



Gambar 3.9 Piknometer

9. Pan



Gambar 3.10 Pan

10. Gelas ukur



Gambar 3.11 Gelas ukur

11. Plastik 10kg



Gambar 3.12 Plastik 10 kg

12. Kuas



Gambar 3.13 Kuas

13. Bak perendam



Gambar 3.14 Bak perendam

14. Spritus



Gambar 3.15 Spritus

15. Kawat kasa dan Kaki tiga



Gambar 3.16 Kawat kasa dan kaki tiga

16. Kerucut Abram



Gambar 3.17 Kerucut abram

17. Mesin pengaduk beton (molen)



Gambar 3.18 Mesin pengaduk beton

18. Mesin pengaduk *foam agent* (bor)



Gambar 3.19 Mesin pengaduk *foam agent*

19. Alat pengujian beton:

- 1) *Digital Compression Machine Test*
- 2) *Flexural Test*



(a) *Digital Compression Machine Test*



(b) *Flexural Test*

Gambar 3.20 (a) *Digital Compression Machine Test* dan (b) *Flexural Test*

3.3.2. Bahan Pembuatan Beton

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. Agregat halus (pasir)

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



Gambar 3.21 Agregat Halus

2. Semen

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



Gambar 3.22 Semen Andalas

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air dalam adukan di perlukan untuk bereaksi dengan semen dan melumasi butiran agregat agar mudah dikerjakan dan

dipadatkan. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semennya. Penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras.

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (SNI 03-2847-2002).



Gambar 3.23 Air

4. *Foam agent*

Komponen utama penyusun dari *foaming agent* adalah *Alcohol* dan *Sulfuric Ester*. Zat tersebut sangat baik untuk digunakan dalam pembuatan beton ringan. Perbandingan pemakaian airnya 1:20 s/d 1:40.

Penggunaan *foam agent* bertujuan untuk mengurangi jumlah material yang digunakan, karena berkurangnya berat beton tetapi dengan volume yang tetap meskipun berarti kuat tekan beton tersebut berkurang dikarenakan pori-pori udara didalam beton tersebut.

Standart yang digunakan pada *foam agent* adalah ASTM C 869-91 “Spesifikasi *Foaming Agent* Dalam Pembuatan Busa Untuk Beton Selular”.



Gambar 3.24 *Foam agent*

5. *Chemical admixture*

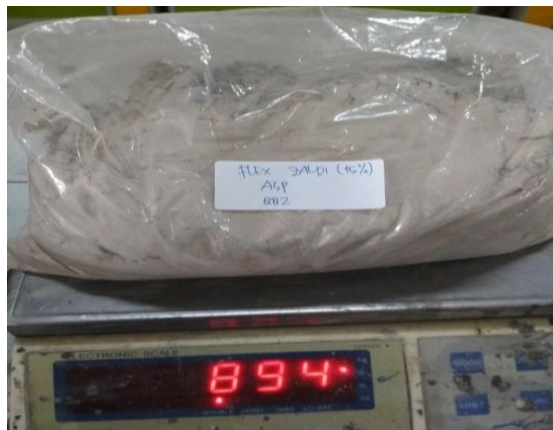
Standart yang digunakan pada *admixture* adalah ASTM C 494 “Spesifikasi *Chemical Admixture* Untuk Beton”.



Gambar 3.25 Sika

6. Abu sekam padi

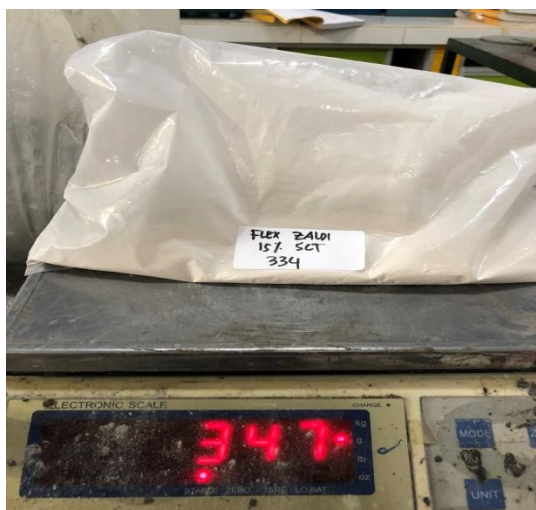
Abu sekam padi diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Abu sekam padi yang digunakan adalah abu yang diambil dari sisa pembakaran sekam padi. Saat diayak, abu sekam padi yang lolos saringan No.100.



Gambar 3.26 Abu sekam padi

7. Serbuk cangkang telur

Cangkang telur yang digunakan adalah cangkang telur ayam hasil dari limbah pangan di sekitaran medan. Cangkang telur akan dibersihkan terlebih dahulu, lalu di jemur sampai cangkang telur benar-benar mengering. Setelah dijemur, cangkang telur dihaluskan sampai menjadi serbuk yang lolos saringan No.50.



Gambar 3.27 Serbuk Cangkang Telur

8. Serat sabut kelapa

Serat kelapa yang digunakan diambil dari produksi rumahan di daerah Rambung Barat, Binjai. Serat kelapa diolah menjadi ukuran sekitaran 3 atau 4 cm. Sebelum digunakan serat kelapa direndam terlebih dahulu menggunakan air bersih selama ± 24 jam agar serat lebih lentur dan tidak patah saat digunakan. Pada penelitian ini, serat kelapa yang digunakan adalah konstan.



Gambar 3.28 Serat kelapa

3.4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimen di laboratorium, campuran semen dan pasir 1:2, nilai FAS 0,55, (FA/Water) 1:40, *chemical admixtures* 0,2% dari berat semen.

1. Variasi 0% (Normal)
Variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.
2. Variasi 10%
Semen dikurangi sebesar 10% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 5% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.
3. Variasi 15%
Semen dikurangi sebesar 15% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 10% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.
4. Variasi 20%
Semen dikurangi sebesar 20% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 15% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.
Penelitian dilakukan dengan memperlakukan sampel benda uji dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan sistematis sehingga diperoleh data yang valid.

3.5. Langkah-Langkah Pemeriksaan Bahan

3.5.1. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir)

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 1970-2008 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah-langkah cara pengerjaan berat jenis dan penyerapan:

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

6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
7. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
10. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

3.5.2. Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti buku panduan praktikum. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

Langkah-langkah cara pengerjaan pada kadar lumpur:

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

3.5.3. Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

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

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 1971-2011 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

Langkah-langkah cara pengerjaan pada kadar air:

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

3.5.4. Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

Saringan pada berat jenis dan penyerapan abu sekam padi digunakan antara lain saringan No.100.

Langkah-langkah cara pengerjaan berat jenis dan penyerapan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
3. Membuang air dari piknometer.
4. Memasukkan abu sekam padi sebanyak 100 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
5. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
6. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.

7. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
8. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

3.5.5. Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

Saringan pada berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur digunakan antara lain saringan No.50.

Langkah-langkah cara pengerjaan berat jenis dan penyerapan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
3. Membuang air dari piknometer.
4. Memasukkan serbuk cangkang telur sebanyak 200 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
5. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
6. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
7. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
8. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

3.6. Pembuatan Rencana Campuran (*Mix Design*)

Pada penelitian ini dengan menggunakan sampel beton busa menggunakan bahan tambahan seperti serat sabut kelapa dengan serbuk cangkang telur serta abu sekam padi sebagai bahan alternatif menggantikan semen sebagian sebanyak 12 sampel yang diuji dengan pembagian kadar abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yang berbeda-beda. Pada benda uji ini dibuat dengan adanya menambahkan variasi-variasi pada bahan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%, sedangkan campuran serat kelapa yang bernilai konstan sebanyak 2%. Digunakan rasio 1:2 untuk semen dan pasir, sedangkan untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,55 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.

3.7. Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standar SNI 03-2824-2002 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. Dengan campuran serat kelapa, serbuk cangkang telur, dan abu sekam padi yang sudah direncanakan. Komposisi serat sabut kelapa yang akan digunakan adalah konstan sebanyak 2%. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ berjumlah 12 sampel.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variasi campuran beton yang dibuat, dengan bahan tambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai pengganti semen sebagian dan serat sabut kelapa sebagai pengganti pasir sebagian, dengan nilai SSK konstan sebesar 2% dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Jumlah semua sampel yang akan dibuat

Variasi Beton Ringan	Uji Kuat Tekan	Uji Kuat Lentur
	28 Hari	28 Hari
Normal (0% campuran ASP, SCT, dan SSK)	3	3
Variasi I (10%) 5% ASP dan 5% SCT (dari semen) + 2% SSK (dari pasir)	3	3
Variasi II (15%) 10% ASP dan 5% SCT (dari semen) + 2% SSK (dari pasir)	3	3
Variasi III (20%) 15% ASP dan 5% SCT (dari semen) + 2% SSK (dari pasir)	3	3
Jumlah benda uji	12	12

Langkah-langkah pembuatan benda uji:

1. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa.
2. Merencanakan proporsi campuran beton (*job mix design*).

3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *job mix design*.
4. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari semen, pasir, bahan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa kedalam mesin pengaduk (*mixer*).
5. Menyalakan mesin pengaduk (*mixer*) kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air dan bahan tambah berupa *superplastisizer* (sika) kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
7. Memompa *foam generator* yang berisi campuran air dan *foam agent* dengan perbandingan 1:40 hingga menghasilkan busa yang stabil.
8. Memasukkan busa *foam agent* kedalam adonan beton ringan yang berada di dalam *mixer*.
9. Setelah semuanya tercampur merata, matikan mesin pengaduk atau *mixer*.
10. Menyiapkan pan serta kerucut abram untuk *slump flow*.
11. Menuangkan adonan beton ke *slump flow*.
12. Mengukur *slump flow* adonan beton yang berada di pan.
13. Mengisi cetakan (bekisting) dengan adonan beton ringan secara bertahap hingga penuh dan rata.
14. Meratakan permukaan adonan beton ringan pada cetakan dengan sendok spesi.
15. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton ringan mengeras dengan sendirinya.
16. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan beton ringan hingga benar-benar mengering.
17. Setelah mengering, beton ringan direndam kedalam air selama umur rencana 28 hari.
18. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test* dan pengujian kuat lentur dengan menggunakan mesin *flexural test*.

3.8. Pemeliharaan/Perawatan (*Curing*) Benda Uji

Sesudah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perendaman benda uji dengan ketentuan SNI 2493:2011. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

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

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



Gambar 3.29 Bak perendaman

3.9. Pengujian Sampel

3.9.1. Pengujian *Slump Flow*

ASTM C 1611 “*Standard Test Method for Slump Flow of Self Consolidating Concrete*”. Pengujian *slump flow* dengan nilai minimum 660 mm sedangkan nilai maksimum 750 mm. Pengujian *slump flow* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

Langkah-langkah cara pengerjaan uji *slump flow*:

1. Mempersiapkan peralatan 1 set *slump flow*.
2. Membasahi kerucut abram tanpa menyebabkan penambahan air.
3. Masukkan adonan beton ke kerucut corong abram tanpa dirojok.
4. Mengangkat kerucut secara vertikal dengan satu gerakan tanpa mengganggu aliran beton.
5. Mengukur penyebaran aliran terbesar D1 dan ukur aliran terbesar D2 pada plat.



Gambar 3.30 Uji *slump flow*

3.9.2. Pengujian Kuat Tekan

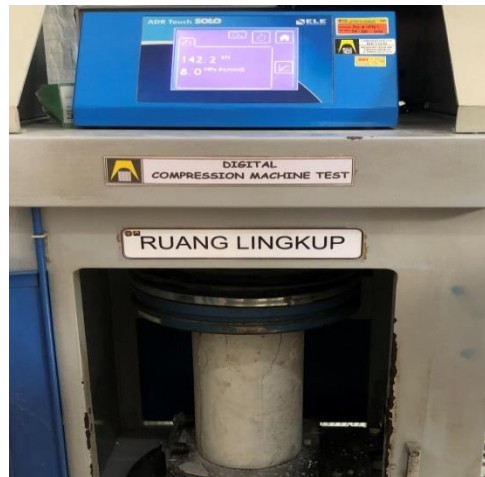
Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Kuat tekan beton tersebut dapat dihitung berdasarkan SNI 03-1974-2011 dapat digunakan dengan Pers.3.1. (Zainuri & Megasari, 2019)

Langkah-langkah cara pengujian kuat tekan:

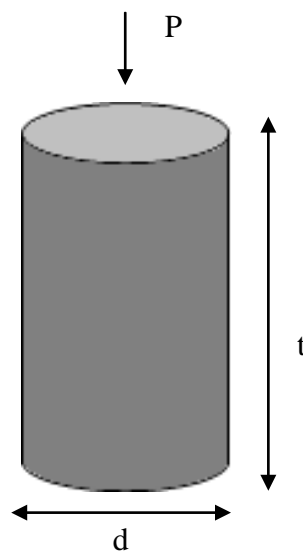
1. Setelah proses pembuatan dan perendaman selesai, benda uji yang sudah mengering bisa diuji.
2. Menimbang berat benda uji sebelum di tes uji.
3. Meletakkan benda uji kedalam mesin *compression machine test*.
4. Pengujian dilakukan dengan pembebanan maksimum sehingga benda uji jadi hancur.
5. Untuk pengambilan data, dengan mencatat nilai beban maksimum pada benda uji.

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

Dimana: f_c = Kuat tekan (N/mm²)
 P = Gaya tekan maksimum (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 3.31 *Digital Compression Machine Test*



Gambar 3.32 Ilustrasi beban tekan pada benda uji silinder.

3.9.3. Pengujian Kuat Lentur

Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau

juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. (Gunawan et al., 2014)

Metode yang digunakan pada pengujian kuat lentur, yaitu SNI 4431-2011 “Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan”.

Pengujian kuat lentur akan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran $10 \times 10 \times 60 \text{ cm}^3$.

Langkah-langkah cara pengujian kuat lentur:

1. Setelah proses pembuatan dan perendaman selesai, benda uji yang sudah mengering bisa diuji.
2. Menimbang berat benda uji sebelum di tes uji.
3. Ditandai dengan digarisi pada benda uji, agar waktu saat diuji terlihat patahan pada benda uji.
4. Meletakkan benda uji kedalam mesin *flexural test*.
5. Pengujian dilakukan dengan pembebanan tertinggi sehingga benda uji jadi terbelah atau patah menjadi dua.
6. Untuk pengambilan data, dengan mencatat nilai beban maksimum pada benda uji.

Pembebanan dilakukan sampai balok beton patah. Beban maksimum yang dicapai balok adalah beban yang diperhitungkan untuk menentukan kuat lentur beton yang diberikan kedalam Pers.3.2

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3.2)$$

Dimana:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)

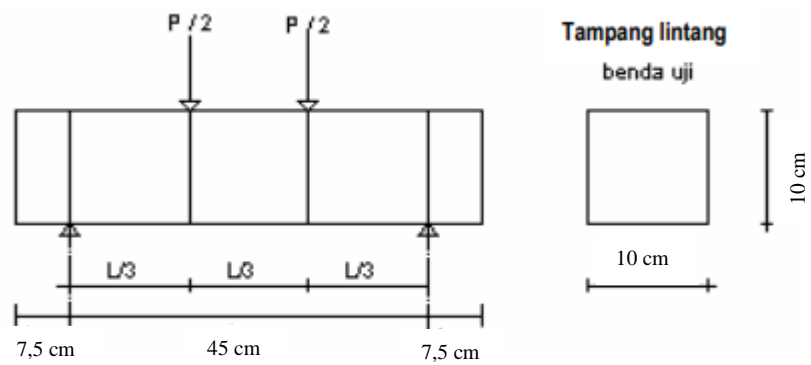
L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)



Gambar 3.33 *Flexural Test*



Gambar 3.34 Ilustrasi pengujian kuat lentur balok beton

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dikemukakan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengamatan sesuai dengan metodologi penelitian dan pembahasan. Hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal yang dikumpulkan untuk menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini, karena belum adanya SNI atau ASTM yang mengatur untuk syarat-syarat pembuatan beton ringan (*Foam Concrete*). Pada bab ini juga ditampilkan hasil sifat mekanis beton yaitu kuat lentur dengan variasi campuran 0%, 10%, 15% dan 20%, 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 Analisa Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.1, sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 4.1 Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Lolos ayakan No. 4	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven (110 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	492	491	490	491
Berat Piknometer penuh air (D)	696	693	695	694,6
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	971	969	969	969,67
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	2,18	2,19	2,16	2,17

Tabel 4.1 *Lanjutan* data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

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

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

4.1.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

Tabel 4.2. Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

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

Tabel 4.2. *Lanjutan* data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2,4	2	4	2,8
---	-----	---	---	-----

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

4.1.3. Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Dari hasil penelitian didapat data-data sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa kedalam Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3. Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	655	657	663	658,3
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	644	646	652	647,3
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 pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar air rata-rata sebesar 2,25%. Percobaan

ini dilakukan sebanyak tiga kali, percobaan pertama nilai kadar air sebesar 2,25% sedangkan percobaan yang kedua sebesar 2,25% dan percobaan yang ketiga sebesar 2,25%. Hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu 2,0% – 4,0%.

4.1.4. Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

Dalam penelitian mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan abu sekam padi kedalam Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi.

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 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	95	90	95	93,3
Berat Piknometer penuh air (D)	700	693	695	696
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	734	725	731	730
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 (<i>Absorbtion</i>) $[(B - E) / E] \times 100 \%$	0,052	0,11	0,052	0,07

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi adalah nilai rata-rata berat jenis contoh kering 1,41, berat jenis contoh SSD sebesar 1,51, berat jenis contoh semu sebesar 1,57, dan nilai rata-rata penyerapan sebesar 0,07.

4.1.5. Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

Dalam penelitian mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur kedalam Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur.

Lolos ayakan No. 50	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	200	200	200	200
Berat contoh SSD kering oven (110 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	182	189	179	183,3
Berat Piknometer penuh air (D)	693	693	697	694,3
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	731	745	740	738,6
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	1,12	1,27	1,14	1,17
Berat jenis contoh SSD $B / (B + D - C)$	1,23	1,35	1,27	1,28
Berat jenis contoh semu $E / (E + D - C)$	1,26	1,37	1,31	1,31
Penyerapan (<i>Absorbition</i>) $[(B - E) / E] \times 100 \%$	0,098	0,058	0,117	0,091

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur adalah nilai rata-rata berat jenis contoh kering 1,17, berat jenis contoh SSD sebesar 1,28, berat jenis contoh semu sebesar 1,31, dan nilai rata-rata penyerapan sebesar 0,091.

4.2. Perhitungan Rencana Campuran (*Mix Design*)

4.2.1. Perhitungan *Mix Design* Kuat Tekan

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan sampel pada tiap-tiap variasi, dimana tiap variasinya memiliki 3 sampel yang di cetak. Jumlah campuran yang

dibutuhkan untuk membuat 3 sampel dalam satu kali *mix* dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji Silinder} &= 0,0053 \text{ m}^3 \\
 4V &= 0,0053 \times 4 \\
 &= 0,0212 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana x 4V} &= 1200 \times 0,0212 \\
 &= 25,447 \text{ kg / 3 bagian} \\
 \text{Maka, berat isi rencana / bagian} &= 25,447/3 \\
 &= 8,482 \text{ kg/bagian}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali *mix* pada sampel kuat tekan dengan 3 variasi dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Bahan campuran beton untuk 1 kali *mix* (3 sampel) pada kuat tekan

Uraian		Variasi			
		0%	10%	15%	20%
Semen (kg)		8,482	7,634	7,210	6,786
Pasir (kg)		16,965	16,626	16,626	16,626
Air (L)		4,665	4,198	3,965	3,732
F/A (ml)		21,2:848	21,2:848	21,2:848	21,2:848
Sika (ml)		17	15,2	14,4	13,5
Filler	ASP (kg)	0	0,424	0,848	1,272
	SCT (kg)	0	0,424	0,424	0,424
	SSK (kg)	0	0,339	0,339	0,339

Data dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

1. Normal (0%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian = 8,482 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian = 2 x 8,482

			= 16,964 kg
c) Air (L)	= Semen x 0,55	= 8,482 x 0,55	= 4,665 L
d) F/A (ml)	= 1/40		= 21,2 <i>foam agent</i> : 848 air
e) Sika (ml)	= 2 % x semen	= 2% x 8,482	= 17 ml
f) ASP (kg)	= 0 % x semen	= 0 % x 8,482	= 0 kg
g) SCT (kg)	= 0 % x semen	= 0 % x 8,482	= 0 kg
h) SSK (kg)	= 0 % x pasir	= 0 % x 16,965	= 0 kg

2. Variasi I (10%)

a) Berat semen (kg)	= 1 bagian – semen terganti		
	= 8,482 – (10% x 8,482)		
	= 7,634 kg		
b) Berat Pasir (kg)	= 2 bagian – pasir terganti		
	= 16,964 – (2% x 16,964)		
	= 16,626 kg		
c) Air (L)	= Semen x 0,55	= 7,634 x 0,55	= 4,198 L
d) F/A (ml)	= 1/40		= 21,2 <i>foam agent</i> : 848 air
e) Sika (ml)	= 2 % x semen	= 2% x 7,634	= 15,2 ml
f) ASP (kg)	= 5 % x semen	= 5 % x 7,634	= 0,424 kg
g) SCT (kg)	= 5 % x semen	= 5 % x 7,634	= 0,424 kg
h) SSK (kg)	= 2 % x pasir	= 2 % x 16,626	= 0,339 kg

3. Variasi II (15%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= $8,482 - (15\% \times 8,482)$
= 7,210 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= $16,964 - (2\% \times 16,964)$
= 16,626 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55 = $7,210 \times 0,55$
= 3,965 L
- d) F/A (ml) = 1/40 = 21,2 *foam agent* : 848 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen = $2\% \times 7,210$
= 14,4 ml
- f) ASP (kg) = 10% x semen = $10\% \times 7,210$
= 0,848 kg
- g) SCT (kg) = 5% x semen = $5\% \times 7,210$
= 0,424 kg
- h) SSK (kg) = 2% x pasir = $2\% \times 16,626$
= 0,339kg

4. Variasi III (20%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= $8,482 - (20\% \times 8,482)$
= 6,786 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= $16,964 - (2\% \times 16,964)$
= 16,626 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55 = $6,786 \times 0,55$
= 3,732 L
- d) F/A (ml) = 1/40 = 21,2 *foam agent* : 848 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen = $2\% \times 6,786$
= 13,5 ml
- f) ASP (kg) = 15 % x semen = $15\% \times 6,786$

$$\begin{aligned}
 &= 1,272 \text{ kg} \\
 \text{g) SCT (kg)} &= 5\% \times \text{semen} = 5\% \times 6,786 \\
 &= 0,424 \text{ kg} \\
 \text{h) SSK (kg)} &= 2\% \times \text{pasir} = 2\% \times 16,626 \\
 &= 0,339 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.2. Perhitungan *Mix Design* Kuat Lentur

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* dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji Balok} &= 0,006 \text{ m}^3 \\
 3,5\text{V} &= 0,006 \times 3,5 \\
 &= 0,021 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana x 3,5V} &= 1200 \times 0,021 \\
 &= 25,2 \text{ kg} / 3 \text{ bagian} \\
 \text{Maka, berat isi rencana / bagian} &= 25,2/3 \\
 &= 8,4 \text{ kg/bagian}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali *mix* pada sampel kuat lentur dengan 3 variasi dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Bahan campuran beton untuk 1 kali *mix* (3 sampel) pada kuat lentur

Uraian	Variasi				
	0%	10%	15%	20%	
Semen (kg)	8,400	7,560	7,140	6,720	
Pasir (kg)	16,800	16,464	16,464	16,464	
Air (L)	4,62	4,158	3,927	3,696	
F/A (ml)	21:840	21:840	21:840	21:840	
Sika (ml)	16,8	15,12	14,28	13,44	
<i>Filler</i>	ASP (kg)	0	0,42	0,84	1,26
	SCT (kg)	0	0,42	0,42	0,42
	SSK (kg)	0	0,336	0,336	0,336

Data dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

1. Normal (0%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian = 8,4 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian = 2 x 8,4
= 16,8 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55 = 8,4 x 0,55
= 4,62 L
- d) F/A (ml) = 1/40 = 21 *foam agent* : 840 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen = 2% x 8,4
= 16,8 ml
- f) ASP (kg) = 0 % x semen = 0 % x 8,4
= 0 kg
- g) SCT (kg) = 0 % x semen = 0 % x 8,4
= 0 kg
- h) SSK (kg) = 0 % x pasir = 0 % x 16,8
= 0 kg

2. Variasi I (10%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= 8,4 – (10% x 8,4)
= 7,56 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= 16,8 – (2% x 16,8)
= 16,464 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55 = 7,56 x 0,55
= 4,158 L
- d) F/A (ml) = 1/40 = 21 *foam agent* : 840 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen = 2% x 7,56
= 15,12 ml
- f) ASP (kg) = 5 % x semen = 5 % x 8,4
= 0,42 kg
- g) SCT (kg) = 5 % x semen = 5 % x 8,4

$$\begin{aligned}
 &= 0,42 \text{ kg} \\
 \text{h) SSK (kg)} &= 2 \% \times \text{pasir} = 2 \% \times 16,8 \\
 &= 0,336 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Variasi II (15%)

$$\begin{aligned}
 \text{a) Berat semen (kg)} &= 1 \text{ bagian} - \text{semen terganti} \\
 &= 8,4 - (15\% \times 8,4) \\
 &= 7,14 \text{ kg} \\
 \text{b) Berat Pasir (kg)} &= 2 \text{ bagian} - \text{pasir terganti} \\
 &= 16,8 - (2\% \times 16,8) \\
 &= 16,464 \text{ kg} \\
 \text{c) Air (L)} &= \text{Semen} \times 0,55 = 7,14 \times 0,55 \\
 &= 3,927 \text{ L} \\
 \text{d) F/A (ml)} &= 1/40 = 21 \text{ foam agent} : 840 \text{ air} \\
 \text{e) Sika (ml)} &= 2 \% \times \text{semen} = 2\% \times 7,14 \\
 &= 14,28 \text{ ml} \\
 \text{f) ASP (kg)} &= 10\% \times \text{semen} = 10\% \times 8,4 \\
 &= 0,84 \text{ kg} \\
 \text{g) SCT (kg)} &= 5\% \times \text{semen} = 5\% \times 8,4 \\
 &= 0,42 \text{ kg} \\
 \text{h) SSK (kg)} &= 2\% \times \text{pasir} = 2\% \times 16,8 \\
 &= 0,336 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Variasi III (20%)

$$\begin{aligned}
 \text{a) Berat semen (kg)} &= 1 \text{ bagian} - \text{semen terganti} \\
 &= 8,4 - (20\% \times 8,4) \\
 &= 6,72 \text{ kg} \\
 \text{b) Berat Pasir (kg)} &= 2 \text{ bagian} - \text{pasir terganti} \\
 &= 16,8 - (2\% \times 16,8) \\
 &= 16,464 \text{ kg} \\
 \text{c) Air (L)} &= \text{Semen} \times 0,55 = 6,72 \times 0,55 \\
 &= 3,696 \text{ L}
 \end{aligned}$$

d) F/A (ml)	= 1/40	= 21 foam agent : 840 air
e) Sika (ml)	= 2 % x semen	= 2% x 6,72 = 13,44 ml
f) ASP (kg)	= 15 % x semen	= 15% x 8,4 = 1,26 kg
g) SCT (kg)	= 5% x semen	= 5% x 8,4 = 0,42 kg
h) SSK (kg)	= 2% x pasir	= 2% x 16,8 = 0,336 kg

4.3. Perhitungan *Slump Flow*

Nilai *slump flow* minimum 600 mm dan maksimum 750 mm.

1. Hasil *Slump Flow* Kuat Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{SF Normal} &= \frac{D1+D2}{2} \\
 &= \frac{680+700}{2} \\
 &= 690 \text{ mm} \rightarrow 69.0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SF Variasi 1} &= \frac{D1+D2}{2} \\
 &= \frac{640 + 670}{2} \\
 &= 655 \text{ mm} \rightarrow 65.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SF Variasi 2} &= \frac{D1+D2}{2} \\
 &= \frac{600 + 640}{2} \\
 &= 620 \text{ mm} \rightarrow 62 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SF Variasi 3} &= \frac{D1+D2}{2} \\
 &= \frac{700 + 720}{2} \\
 &= 710 \text{ mm} \rightarrow 71.0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Hasil *Slump Flow* Kuat Lentur

$$\begin{aligned} \text{SF Normal} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{700 + 720}{2} \\ &= 710 \text{ mm} \rightarrow 71.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 1} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{650 + 670}{2} \\ &= 660 \text{ mm} \rightarrow 66 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 2} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{610 + 630}{2} \\ &= 620 \text{ mm} \rightarrow 62 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 3} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{640 + 660}{2} \\ &= 650 \text{ mm} \rightarrow 65 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4. Berat Isi Beton Kuat Tekan

Berat isi rencana = 1200 kg/ m³

Volume = 0,006 m³

Untuk perhitungan nilai berat isi beton dimasukkan kedalam Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Nilai berat isi beton kuat tekan

Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Silinder (kg)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
Normal (0%)	5,3	8,691	1639,81	1619,68
		8,350	1575,47	
		8,712	1643,77	
Variasi I (10%)	5,3	8,328	1571,32	1576,35
		8,045	1517,92	
		8,691	1639,81	
Variasi II (15%)	5,3	7,261	1370	1311,13
		6,834	1289,43	
		6,752	1273,96	

Tabel 4.8 *Lanjutan* nilai berat isi beton kuat tekan

Variasi III (20%)	5,3	6,911	1303,96	1313,20
		6,823	1287,35	
		7,146	1348,30	

Berdasarkan data pengujian, berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing-masing untuk normal (0%) sebesar 1619,68 kg/m³, variasi I (10%) sebesar 1576,35 kg/m³, variasi II (15%) sebesar 1311,13 kg/m³, dan variasi III (20%) sebesar 1313,20 kg/m³. Nilai berat isi beton yang paling tinggi di campuran variasi I (10%), yaitu sebesar 1576,35 kg/m³.

4.5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Uji kuat tekan beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat tekan beton ringan (f_c'). Sampel penelitian yang dibuat untuk melakukan pengujian sebanyak 3 sampel di tiap variasi dengan umur rencana 28 hari. Pada pengujian ini terdapat 12 sampel beton ringan, 3 sampel untuk beton ringan normal, dan sebanyak 9 sampel beton untuk total ketiga variasi dengan cetakan berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dimana, setiap variasinya menggunakan *filler* abu sekam padi, serbuk cangkang telur dan serat sabut kelapa.

Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada tabel 4.1, sebagai berikut :

Tabel 4.9 Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		Umur Rencana	Beban Tekan Beton f_c' (KN)
				Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman		
1	Normal (0%)			8,772	8,691	28 Hari	142,2
2	0%	0%	0%	8,370	8,350		100,5
3				8,606	8,712		135,4
1	Variasi I (10%)			8,454	8,328	28 Hari	102,6
2	5%	5%	2%	8,134	8,045		82,8
3				8,822	8,691		81,2
1	Variasi II (15%)			7,695	7,261	28 Hari	49,8
2	10%	5%	2%	6,932	6,834		40,1
3				6,908	6,752		39,5
1	Variasi III (20%)			7,130	6,911	28 Hari	39,0
2	15%	5%	2%	7,102	6,823		40,1
3				7,190	7,146		39,4

Berdasarkan Tabel 4.9 maka didapatkan hasil pengujian kuat tekan beton ringan yang dirincikan kedalam Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan beton ringan

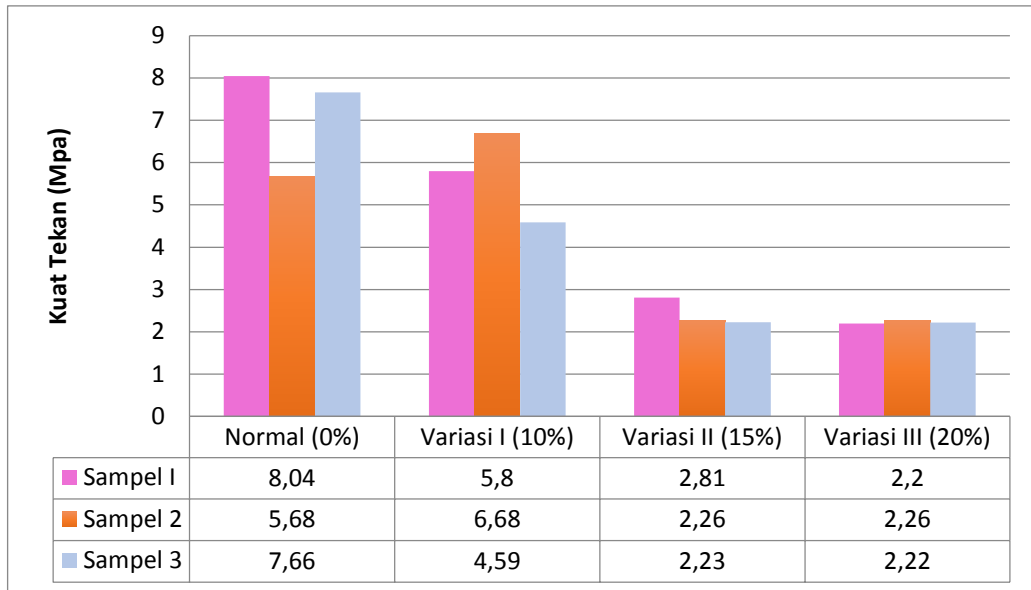
Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Kuat Tekan Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	0%	8,04
2	0%	0%	0%	5,68
3				7,66
Rata-Rata				7,12
1	5%	5%	2%	5,80
2	5%	5%	2%	4,68
3				4,59
Rata-Rata				5,02
1	10%	5%	2%	2,81
2				2,26
3				2,23
Rata-Rata				2,43
1	15%	5%	2%	2,20
2				2,26
3				2,22
Rata-Rata				2,22

Berdasarkan Tabel 4.10 maka didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton ringan yang dirincikan kedalam Tabel 4.11 sebagai berikut.

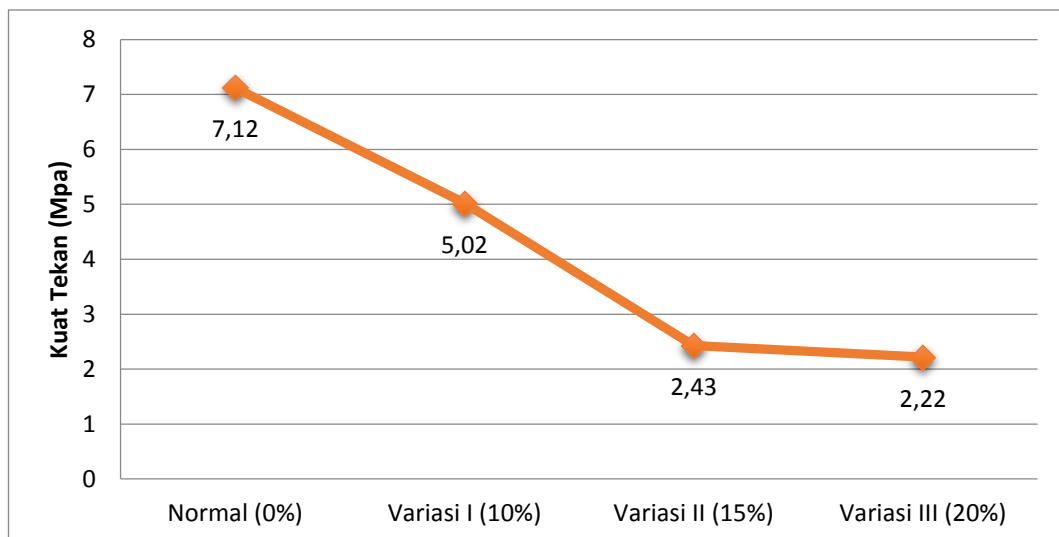
Tabel 4.11 Nilai rata-rata kuat tekan beton ringan

Variasi	Nilai rata-rata kuat tekan beton ringan (Mpa)
Normal (0%)	7,12
Variasi I (10%)	5,02
Variasi II (15%)	2,43
Variasi III (20%)	2,22

Terdapat perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton ringan yang dibuat dalam bentuk grafik kedalam gambar 4.1 dan nilai rata-rata kuat tekan beton ringan dibuat dalam bentuk grafik kedalam gambar 4.2

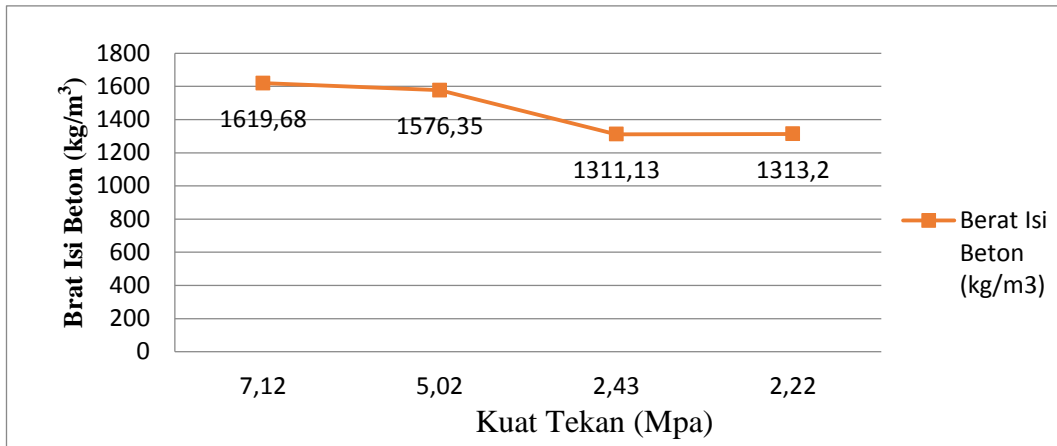


Gambar 4.1 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan beton ringan



Gambar 4.2 Grafik nilai rata-rata kuat tekan beton ringan

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi setiap variasinya, yaitu 6,68 Mpa pada variasi I (10%), sedangkan nilai kuat tekan terendah pada variasi III (20%), yaitu 2,2 Mpa pada umur 28 hari.



Gambar 4.3 Perbandingan nilai berat isi beton dengan nilai kuat tekan

Berdasarkan nilai berat isi beton dengan nilai kuat tekan, nilai tertinggi pada campuran variasi terdapat pada variasi I (10%) dengan nilai 5,02 Mpa dan nilai berat isi betonnya sebesar 1576,35 kg/m³.

4.6. Berat Isi Beton Kuat Lentur

$$\text{Berat isi rencana} = 1200 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Volume} = 0,006 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan nilai berat isi beton dimasukkan kedalam Tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4.12 Nilai berat isi beton kuat lentur

Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Balok (kg)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
Normal (0%)	6	10,100	1683,33	1627,77
		9,900	1650	
		9,300	1550	
Variasi I (10%)	6	9,000	1500	1399,99
		8,200	1366,66	
		8,000	1333,33	
Variasi II (15%)	6	8,000	1333,33	1294,44
		7,800	1300	
		7,500	1250	
Variasi III (20%)	6	6,000	1000	1188,88
		7,800	1300	
		7,600	1266,66	

Berdasarkan data pengujian, berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing-masing untuk normal (0%) sebesar 1627,77 kg/m³, variasi I (10%) sebesar 1399,99 kg/m³, variasi II (15%) sebesar 1294,44 kg/m³, dan variasi III (20%)

sebesar 1188,88 kg/m³. Nilai berat isi beton yang paling tinggi di campuran variasi I (10%), yaitu sebesar 1399,99 kg/m³.

4.7. Hasil Uji Kuat Lentur Beton Ringan

Uji kuat lentur beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat lentur beton ringan (σ). Sampel penelitian yang dibuat untuk melakukan pengujian sebanyak 3 sampel di tiap variasi dengan umur rencana 28 hari. Pada pengujian ini terdapat 12 sampel beton ringan, 3 sampel untuk beton ringan normal, dan sebanyak 9 sampel beton untuk total ketiga variasi dengan cetakan berbentuk balok ukuran 10 x 10 x 60 cm³. Dimana, setiap variasinya menggunakan *filler* abu sekam padi, serbuk cangkang telur dan serat sabut kelapa. Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada Tabel 4.13, sebagai berikut:

Tabel 4.13 Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		Umur Rencana	Beban Tekan Beton f_c' (KN)
				Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman		
1	Normal (0%)			10,491	10,100	28 Hari	5
2	0%	0%	0%	10,040	9,900		6
3				9,357	9,300		4
1	Variasi I (10%)			9,474	9,000	28 Hari	3
2	5%	5%	2%	8,537	8,200		4
3				8,466	8,000		3
1	Variasi II (15%)			8,163	8,000	28 Hari	3
2	10%	5%	2%	7,906	7,800		4
3				7,789	7,500		3
1	Variasi III (20%)			6,576	6,000	28 Hari	3
2	15%	5%	2%	7,801	7,800		2
3				7,618	7,600		2

Berdasarkan Tabel 4.13 maka didapatkan hasil pengujian kuat lentur yang dirincikan kedalam Tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Kuat Lentur Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	0%	2,25
2				2,7

Tabel 4.14 *Lanjutan* hasil pengujian kuat lentur beton ringan

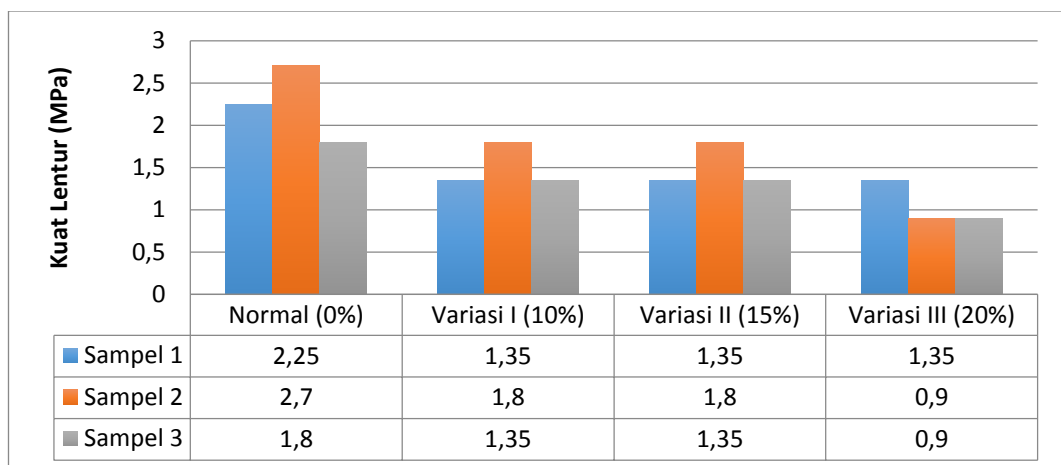
3	0%	0%	0%	1,8
Rata-Rata				2,25
1	5%	5%	2%	1,35
2				1,8
3				1,35
Rata-Rata				1,5
1	10%	5%	2%	1,35
2				1,8
3				1,35
Rata-Rata				1,5
1	15%	5%	2%	1,35
2				0,9
3				0,9
Rata-Rata				1,05

Berdasarkan Tabel 4.14 maka didapatkan nilai rata-rata kuat lentur beton ringan yang dirincikan kedalam Tabel 4.15 sebagai berikut.

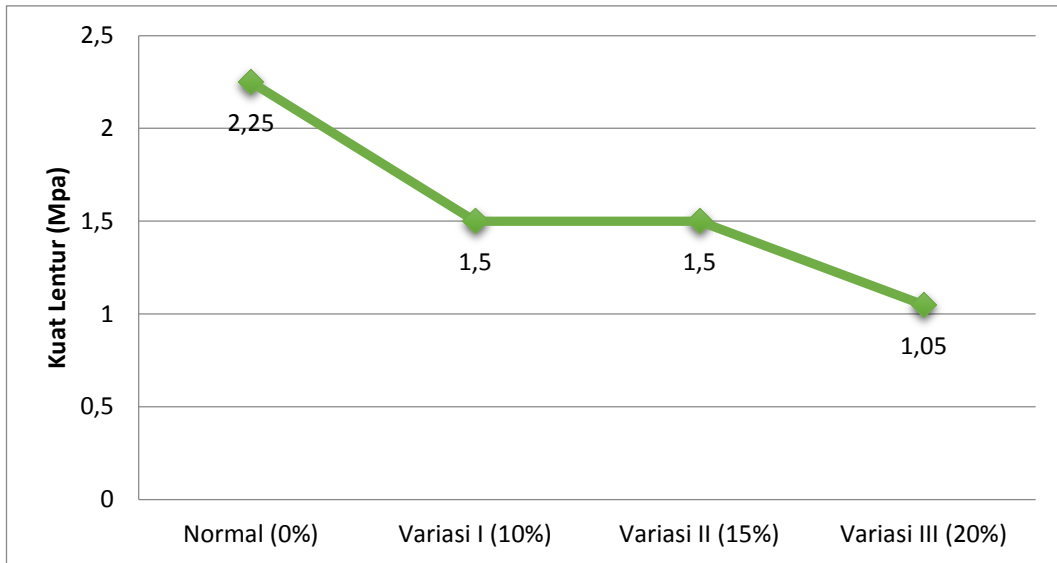
Tabel 4.15 Nilai rata-rata kuat lentur beton ringan

Variasi	Nilai rata-rata kuat lentur beton ringan (Mpa)
Normal (0%)	2,25
Variasi I (10%)	1,5
Variasi II (15%)	1,5
Variasi III (20%)	1,05

Terdapat perbandingan hasil pengujian kuat lentur beton ringan yang dibuat dalam bentuk grafik kedalam gambar 4.3 dan nilai kuat lentur beton ringan dibuat dalam bentuk grafik kedalam gambar 4.4

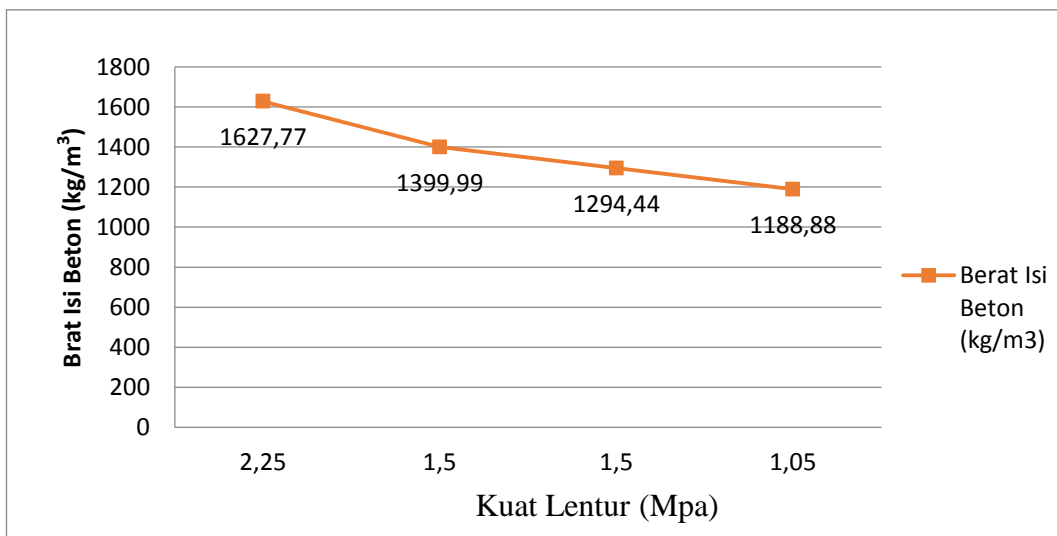


Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil nilai kuat lentur



Gambar 4.5 Grafik nilai rata-rata kuat lentur beton ringan

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat lentur tertinggi, yaitu 2,7 Mpa pada normal (0%) dan nilai kuat lentur terendah pada variasi III (20%), yaitu 0,9 Mpa pada umur 28 hari.



Gambar 4.6 Perbandingan nilai berat isi beton dengan nilai kuat lentur

Berdasarkan nilai berat isi beton dengan nilai kuat lentur disetiap variasi terjadi penurunan, nilai tertinggi pada campuran variasi terdapat pada variasi I (10%) dengan nilai 1,5 Mpa dan nilai berat isi betonnya sebesar 1399,99 kg/m³.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan serta diskusi, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini. Saran dikemukakan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan oleh peneliti lainnya.

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan perencanaan campuran beton busa (*foam concrete*) dengan campuran serbuk cangkang telur, abu sekam padi, dan bahan tambahan serat sabut kelapa untuk penelitian uji kuat lentur. Untuk mengetahui nilai perencanaan campuran beton:
 - a) Normal (0%), Semen = 8,4 kg, Pasir = 16,8 kg, Air = 4,62 liter, F/A = 21:840 ml, Sika = 16,8 ml, Abu Sekam Padi = 0, Serbuk Cangkang Telur = 0, dan Serat Sabut Kelapa = 0.
 - b) Variasi I (10%), Semen = 7,56 kg, Pasir = 16,464 kg, Air = 4,158 liter, F/A = 21:840 ml, Sika = 15,12 ml, Abu Sekam Padi = 0,42 kg, Serbuk Cangkang Telur = 0,42 kg, dan Serat Sabut Kelapa = 0,336.
 - c) Variasi II (15%), Semen = 7,14 kg, Pasir = 16,464 kg, Air = 3,927 liter, F/A = 21:840 ml, Sika = 14,28 ml, Abu Sekam Padi = 0,84 kg, Serbuk Cangkang Telur = 0,42 kg, dan Serat Sabut Kelapa = 0,336.
 - d) Variasi III (20%), Semen = 6,72 kg, Pasir = 16,464 kg, Air = 3,696 liter, F/A = 21:840 ml, Sika = 13,44 ml, Abu Sekam Padi = 1,26 kg, Serbuk Cangkang Telur = 0,42 kg, dan Serat Sabut Kelapa = 0,336.
2. Berdasarkan eksperimen diketahui pengaruh penambahan serbuk cangkang telur, abu sekam padi, serta bahan tambahan serat sabut kelapa di variasi 10% dengan variasi 15% terjadi kesamaan pada nilai kuat lentur sebesar 1,5 Mpa sedangkan di variasi 20% terjadi penurunan sebesar 1,35 Mpa.

3. Berdasarkan data pengujian kuat lentur beton busa dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur dan bahan tambahan serat sabut kelapa untuk umur 28 hari maka didapatkan kuat lentur maksimum sebesar 2,7 Mpa pada normal (0%) dan untuk variasinya sebesar 1,5 Mpa pada variasi 10% dan 15%.

5.2. Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut :

1. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai beton daur ulang, misalnya dengan menambahkan variasi dimensi benda uji, serta menambah variasi dari jumlah benda uji.
2. Dusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.
3. Diharapkan dalam pencampuran serat sedikit demi sedikit agar serat dan material beton lainnya dapat tercampur dengan baik.
4. Diharapkan adanya perlu dilakukan penelitian dengan interval yang lebih bervariasi lagi agar mendapatkan hasil yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, W. D. (2012). *Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton*. Universitas Indonesia.
- Elhusna, E., Supriani, F., Gunawan, A., & Islam, M. (2011). *Pengaruh Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5*. 3(1), 39–44.
- Fatmi, R., & Mahyudin, A. (2017). Pengaruh Persentase Serat Sabut Kelapa dan Foam Agent Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton. *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 324–330. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.4.324-330.2017>
- Fitriani, S., Fathul, W. M., & Farida, I. (2017). Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen. *Jurnal Konstruksi*, 15(1), 46–56. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.15-1.46>
- Gunawan, P., Budi, A. S., & Wicaksono, K. D. (2014). Kuat Lentur, Toughness, dan Stiffness Pada Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Aluminium. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 109–116.
- Hadipramana, J., & Riza, F. V. (2016). Pozzolanic Characterization Of Waste Rice Husk Ash (RHA) From Muar, Malaysia. *International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS)*, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>
- Handani, S. (2009). Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. In *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)* (Vol. 1, Issue 1, pp. 26–30). <https://doi.org/10.25077/jif.1.1.26-30.2009>
- Husin, A. A., & Setiadji, R. (2008). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton. *Jurnal Pemukiman*, 3(3), 196–207.
- Jacky, J. (2018). *Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive dan Masterrheobuild*. Universitas Internasional Batam.
- Karimah, R., Rusdianto, Y., & Hamdany, D. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 50–55. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4492>
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277–282.
- Marpaung, R. R., & Karolina, R. (2014). Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa

- Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*, 3(1), 1–10. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/39722%5Cr>
- Patandung, P. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Pembuatan Beton “Knock Down.” *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.26578/jrti.v11i1.2698>
- Prahara, E., Liong, G. T., & Rachmansyah, R. (2015). Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(2), 208–214. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Rommel, E., Karimah, R., & Ningsih, P. A. W. (2018). Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2018*, 97–103.
- 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.
- Sahrudin, S., & Nadia, N. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia*, 7(2), 13–20.
- Sari, D. E., & Mahyudin, A. (2017). Pengaruh Persentase Serat Eceng Gondok Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Busa. *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 381–386. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.4.381-386.2017>
- Syahwati, M., & Wahyuni, A. S. (2019). Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 27–32. <https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.27-32>
- Tata, A., Sultan, M. A., & Sumartini. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal SIPILsains*, 06(11), 23–30.
- Tobing, P. H. L., Artiningsih, T. P., & Budiono. (2017). *Penggunaan Abu Sekam Padi dan Fly Ash Sebagai Pen-Substitusi Semen Pada Beton*. 1–9.
- Triastuti, T., & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Triastuti, T., Nugroho, A., & Saleh, A. R. (2017). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu

Dalam Pembuatan Beton Busa Ringan. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 20–24.

Wibowo, H., & Setiawan, D. B. (2019). Perilaku Mekanik Beton Ringan Styrofoam Dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi. *Bangun Rekaprima*, 05(1), 29–40.

Zainuri, G. Y., & Megasari, S. W. (2019). Analisis Penambahan Cocofiber Pada Campuran Beton. *Seminar Nasional Pakar Ke 2 Tahun 2019, Buku 1 : Sains Dan Teknologi*, 1, 1–6.
<https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/pakar/article/viewFile/4158/3299>

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : M. Rizky Rizaldi Nst
Panggilan : Rizky
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 18 Oktober 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl. Enggang No.38 Lk.III Binjai Timur
HP/Tlpn Seluler : 0821-9522-6140

RIWAYAT PENDIDIKAN


Nomor Induk Mahasiswa : 1607210159
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	SDN 023897 Binjai Timur	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 3 Binjai	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAN 5 Binjai	2013 - 2016

ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota Rohis SMAN 5 Binjai	2016
Anggota Badminton SMAN 5 Binjai	2016

LABORATORIUM BETON		LAPORAN PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON													
 LABORATORIUM BETON FAKULTAS TEKNIK USU JURUSAN TEKNIK SIPIL MEDAN		No :								Lampiran Ke :					
		PEMOHON PENGUJIAN													
		PROYEK													
LOKASI															
Jenis Benda Uji		DIPERIKSA : 1.													
Jumlah Benda Uji		Asisten : 2.													
		3.													
No	Nomor Benda Uji	UKURAN BENDA UJI (cm)			FAS	SLUMP (cm)	BAHAN TAMBAHAN	TANGGAL		UMUR BETON (hari)	BERAT uji (kg)	BEBAN TEKAN (kN)	BENTANG PERLETAKAN TUMPUAN L (cm)	KUAT LENTUR BENDA UJI, σ (kg/cm ²)	s (cm)
		l	b	h				cetak	uji						
1	FL ZAL 10%									7.6	7.6	3.0			
2	FL ZAL 10%									7.6	8.0	4.0			
3	FL ZAL 10%									7.6	7.4	3.0			
										7.7	7.5				
										7.7	7.8				
										7.7	8.0				
										7.1	7.8				
										7.1	7.6				
										7.1	6.0				

Disaksikan oleh:

MEDAN, 1 SEPTEMBER 2020
 LABORATORIUM BETON FT - USU
 ASISTEN

NB : - Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium.
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji.

AN. Fauzi
 KKA 1804 15



**LABORATORIUM
BETON**
FAKULTAS TEKNIK USU
JURUSAN TEKNIK SIPIL
MEDAN

LAPORAN PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

No: _____

PEMOHON PENGUJIAN _____ Lembar Ke _____
 PROYEK _____
 LOKASI _____

Jenis Benda Uji _____
 Jumlah Benda Uji _____
 DIPERIKSA: 1.
 Asisten: 2.
 3.

No	Nomor Benda Uji	UKURAN BENDA UJI (cm)			SLUMP (cm)	BAHAN TAMBAHAN	TANGGAL		UMUR BETON (hari)	BERAT uji (kg)	BEBAN TEKAN (kN)	BENTANG PERLETAKAN TUMPUAN L (cm)	KUAT LENTUR BENDA UJI, σ (kg/cm ²)	s (cm)
		l	b	h			F A S	cetak						
1	ZAL 15%	60	10	10			12	AGT 20		7,5	3,0			
2	ZAL 15%	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	7,0	4,0			
3	ZAL 15%									0,0	3,0			
1	ZAL 20%									7,0	3,0			
2	ZAL 20%	7,0	2,0											
3	ZAL 20%	6,0	2,0											

Disaksikan oleh: _____

 NB: - Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium.
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji

LABORATORIUM BETON FT - USU
ASISTEN



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. RIZKY RIZALDI NST
NPM : 1607210159
JUDUL : STUDI PERBANDINGAN TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI ANTARA UJI LABORATORIUM DAN SIMULASI PEMODELAN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	28 November 2019	1. Revisi Bab I 2. Lanjut Kerjakan Bab II dan Bab III	
2.	08 Januari 2020	1. Revisi Bab I 2. Revisi Bab II 3. Revisi Bab III	
3.	24 Januari 2020	1. Revisi Bab II 2. Revisi Bab III	
4.	26 Januari 2020	Revisi Bab III	
5.	28 Januari 2020	ACC Seminar Proposal	

Dosen Pembimbing

(Dr. Fetra Venny R)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. RIZKY RIZALDI NST
NPM : 1607210159
JUDUL : NILAI TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	12 September 2020	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki judul- Susunan sub Bab 2 diperbaiki- Masukkan gambar ke Bab 3 selama kegiatan penelitian	
2	05 Oktober 2020	<ul style="list-style-type: none">- Tambah materi atau penelitian sebelumnya di Bab 2- Bab 3 dibuat cara pengerjaan di lapangan- Pindahkan data-data di Bab 3 ke Bab 4- Kesimpulan menjawab dari rumusan masalah	
3	19 Oktober 2020	ACC!!! Lanjut Semhas	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Dr. Fetra Venny Riza)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. RIZKY RIZALDI NST
NPM : 1607210159
JUDUL : NILAI TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	29 September 2020	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki abstrak- Masukkan referensi di latar belakang masalah- Buat ilustrasi benda uji kuat tekan sama kuat lentur- Perbaiki penulisan	
2.	03 November 2020	<ul style="list-style-type: none">- Bagian tabel dirapikan lagi- Perbaiki kesimpulan	
3.	04 November 2020	ACC!!! Lanjut ke sidang	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Dr. Fetra Venny Riza)

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Rizky Rizaldi Nst
NPM : 1607210159
Judul T.Akhir : Nilai Tegangan Kuat Lentur Balok Beton Busa (Foam Cocrete)
Terhadap Penambahan Serat Sabut Kelapa Dengan Serbuk Cang-
Kang Telur Dan Abu Sekam Padi.

Dosen Pembimbing - I : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Tondi Amirsyah.P.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : DR.Fetra Venny Riza

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*perbaikan mengenai kepastian
lihat in skripsi utl koleksi*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

*... telah dikoreksi 1
ade faisal 04/20*

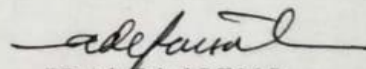
Medan 09 Rab.Awal 1442H
26 Oktober 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding- I



DR.Ade Faisal S.T.M.Sc



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. RIZKY RIZALDI NST
NPM : 1607210159
JUDUL : NILAI TEGANGAN KUAT LENTUR BALOK BETON BUSA (FOAM CONCRETE) TERHADAP PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
①	2/11-2020	Azc Desidengkan	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing II

(Tondi Amirsyah Putera, ST., M.T)