

TUGAS AKHIR

**ANALISIS MODULUS ELASTISITAS KOMBINASI SERAT KELAPA
DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN SERBUK
CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN
SEBAGIAN PADA BETON BUSA (*FOAM CONCRETE*)
DALAM STUDI EKSPERIMEN**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

DENI SAPRIANDI LUBIS
1607210091



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



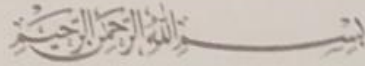
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

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

Ma'afarrahman surat ini agar dicetak dan Nomor
atau tanggalnya



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Deni Sapriandi Lubis
NPM : 1607210091
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian Pada Beton Busa (*Foam Concrete*) Dalam Studi Eksperimen (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, November 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fetra Venny Riza

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Deni Sapriandi Lubis

NPM : 1607210091

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian Pada Beton Busa (*Foam Concrete*) Dalam Studi Eksperimen.

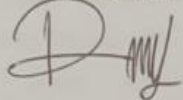
Bidang Ilmu : Struktur

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, November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



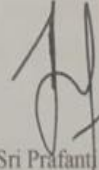
Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Pembanding I



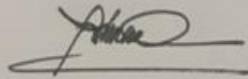
Dr. Ade Faisal

Dosen Pembanding II



Sri Prafant S.T.,M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Deni Sapriandi Lubis
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 02 Agustus 1998
NPM : 1607210091
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian Pada Beton Busa (*Foam Concrete*) Dalam Studi Eksperimen”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara 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/kesarjana 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, November 2020

Saya yang menyatakan,



Deni Sapriandi Lubis

ABSTRAK

Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian Pada Beton Busa (*Foam Concrete*) Dalam Studi Eksperimen

DENI SAPRIANDI LUBIS

1607210091

Dr. Fetra Venny Riza

Beton busa (*foam concrete*) adalah salah satu jenis beton ringan yang terdiri dari pasta semen atau mortar, dimana ruang udara atau pori-pori strukturnya terbentuk dengan menambahkan *foaming agent* kedalam campuran beton. Limbah sekam padi perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang penggunaannya sesuai sifat fisis, mekanisnya serta dapat dikembangkan menjadi material bahan bangunan. Beton ringan dari campuran sekam padi dapat digunakan sebagai bahan bangunan pada struktur elemen ringan dan non struktur. Kulit telur kering mengandung 95% kalsium karbonat kandungan kalsium yang besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai modulus elastisitas beton busa terhadap penambahan serat sabut kelapa dengan bahan tambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur. Penelitian ini menggunakan variasi campuran beton mulai dari 0%, 10%, 15%, 20%. Sampel pengujian menggunakan beton berbentuk silinder 15 x 30 cm sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai modulus elastisitas berdasarkan variasi adalah sebesar (0%) = 13117,33; (10%) = 8644,44 Mpa; (15%) = 8401,26 Mpa; (20%) = 7972,22 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar (0%) = 7,15 Mpa; (10%) = 5 Mpa; (15%) = 2,43Mpa; (20%) = 2,23 Mpa.

Kata Kunci: Beton Busa, *Foam Concrete*, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas

ABSTRACT

Analysis of Modulus of elasticitys Combination With Coconut Fiber Materials Ash Added Rice Husk Powder Eggshell And Egg As Substitute Cement Most On Foam Concrete (Foam Concrete) in Experimental Study

DENI SAPRIANDI LUBIS

1607210091

Dr. Fetra Venny Riza

Concrete foam (foam concrete) is one type of lightweight concrete comprising cement paste or mortar, whereby the air space or pore structure is formed by adding a foaming agent into the concrete mix. Rice husk waste needs to be developed as a composite material whose use is in accordance with its physical, mechanical properties and can be developed into building materials. Lightweight concrete from a mixture of rice husks can be used as a building material for lightweight and non-structural elements. Dried egg shells contain 95% calcium carbonate, a large calcium content, which has the potential to be used as an added material for cement production. This study aims to study the elastic modulus value of foam concrete on the addition of coconut coir fiber with added ingredients of rice husk ash and eggshell powder. This study uses a variety of concrete mixtures ranging from 0%, 10%, 15%, 20%. The test sample used 12 cylindrical concrete 15 x 30 cm. To determine the compressive strength and modulus of elasticity, the test was carried out for 28 days. The modulus of elasticity based on variation is (0%) = 13117.33; (10%) = 8644.44 Mpa; (15%) = 8401.26 Mpa; (20%) = 7972.22 Mpa. While the compressive strength value based on variation is (0%) = 7.15 Mpa; (10%) = 5 Mpa; (15%) = 2.43Mpa; (20%) = 2.23 Mpa.

Keywords: Foam Concrete, Foam Concrete, Compressive Strength, Modulus of Elasticity

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal ini dengan judul “Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian Pada Beton Busa (*Foam Concrete*) Dalam Studi Eksperimen Dan Simulasi”. Shalawat dan salam senantiasa tercurah untuk Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang cerah benderang ini. Penyusunan skripsi ini meminta sebagian persyaratan-guna guna meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Fahrizal, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, selaku dosen pembimbing, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
4. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
6. Bapak Sapar Lubis dan Ibu Eva Desmi Nasution sebagai orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.

7. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
8. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.

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

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, November 2020

Penulis,

DENI SAPRIANDI LUBIS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Busa	5
2.2 Abu Sekam Padi	7
2.3 Serat Kelapa	10
2.4 Cangkang Telur	11
2.5 Foam Agent	12
2.6 Admixture	13
2.6.1 Jenis dari bahan pencampur	13
2.6.2 Sebagai Superplastisizer	14
2.6.3 Sebagai Water Reducer	14
2.7. Berat Jenis (<i>Density</i>)	14
2.8. Modulus Elastisitas Pada Beton	15
2.9. Kuat Tekan Beton	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Metode Penelitian Umum	20

3.2.1 Data Primer	20
3.2.2 Data Sekunder	20
3.3 Pelaksanaan Penelitian	20
3.3.1. Tempat dan waktu penelitian	20
3.3.2. Rancangan penelitian	22
3.4 Bahan dan Peralatan	22
3.4.1. Bahan	22
3.4.1.1. Semen	23
3.4.1.2. Agregat Halus	23
3.4.1.3. Air	23
3.4.1.4. Abu sekam padi	24
3.4.1.5. Serbuk cangkang telur	25
3.4.1.6. Serat kelapa	25
3.4.1.7. <i>Foam agent</i>	26
3.4.1.8. <i>Chemical Admixture</i>	26
3.4.2. Peralatan	27
3.5 Persiapan penelitian	32
3.6 Pemeriksaan Agregat Halus	33
3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	33
3.6.2 Kadar Air Agregat Halus	34
3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	34
3.7 Pemeriksaan Bahan Tambah	35
3.7.1. Berat jenis dan penyerapan ASP	35
3.7.2. Berat jenis dan penyerapan SCT	36
3.8. <i>Mix Design</i>	36
3.9. Pembuatan Benda Uji	37
3.9.1. Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji	37
3.9.2. <i>Slump Flow</i>	39
3.9.3. Perawatan Benda Uji	39
3.10. Berat jenis (<i>Density</i>)	40
3.11. Kuat tekan beton	40
3.11. Modulus elastisitas	41
BAB 4 ANALISA DATA	43
4.1. Pemeriksaan Agregat Halus	43
4.1.1. Berat Jenis Dan Penyerapan	43
4.1.2. Kadar Air Agregat Halus	44

4.1.3. Kadar Lumpur Agregat Halus	45
4.2. pemeriksaan bahan tambah ASP dan SCT	46
4.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan ASP	46
4.2.2. Berat Jenis dan Penyerapan SCT	47
4.3. Pengujian <i>Slump Flow</i>	48
4.3.1. <i>Slump Flow</i> Benda Uji Kuat Tekan	48
4.3.2. Grafik <i>Slump Flow</i> Benda Uji Kuat Tekan	49
4.3.3. <i>Slump Flow</i> Benda Uji Modulus Elastisitas	49
4.3.4. Grafik <i>Slump Flow</i> Benda Uji Modulus Elastisitas	50
4.4. Berat Jenis Beton Busa (<i>Density</i>)	50
4.4.1. Berat Jenis beton busa Kuat Terhadap Tekan Beton	50
4.4.2. Berat Jenis Beton Busa Terhadap Modulus Elastisitas	52
4.5. Perhitungan Mix Design Beton Ringan	53
4.5.1. Perhitungan <i>Mix Design</i> Kuat Tekan	53
4.5.2. Perhitungan <i>Mix Design</i> Modulus Elastisitas	56
4.6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan	60
4.7. Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton Ringan	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Pengujian beton <i>foam concrete</i>	6
Tabel 2.2. Nilai Pengujian Beton Abu Sekam Padi	8
Tabel 2.3. Komposisi kimia abu sekam padi	9
Tabel 2.4. Nilai Pengujian Beton Serat Kelapa	10
Tabel 2.5. Nilai Pengujian Beton Cangkang Telur	11
Tabel 2.6. Komposisi kimia serbuk cangkang kulit telur	12
Tabel 2.7. Penelitian Sebelumnya Dengan Analisis Modulus Elastisitas	16
Tabel 2.8. Pengujian Sebelumnya Analisis Kuat Tekan	17
Tabel 3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	21
Tabel 3.2. Variasi Sampel Yang Dibuat	37
Tabel 4.1. Data-Data Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	43
Tabel 4.2. Data-Data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	45
Tabel 4.3. Data-Data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	46
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan ASP	46
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan SCT	47
Tabel 4.6. Berat Jenis Beton Busa Untuk Kuat Tekan	50
Tabel 4.7. Berat Jenis Beton Busa Terhadap Modulus Elastisitas	52
Tabel 4.8. Bahan Campuran Beton Untuk 1 Kali <i>Mix</i> (3 Sampel) Pada Kuat Tekan	53
Tabel 4.9. Bahan Campuran Beton Untuk 1 Kali <i>Mix</i> (3 Sampel) Pada Modulus Elastisitas	57
Tabel 4.10. Data Hasil Pengerjaan Kuat Tekan Beton Ringan	60
Tabel 4.11. Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton Ringan	61
Tabel 4.12. Data Hasil Pengerjaan Modulus Elastisitas Beton Ringan	64
Tabel 4.11. Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas Beton Ringan	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Langkah-langkah penelitian	19
Gambar 3.2. Semen	23
Gambar 3.3. Gambar Agregat Halus	23
Gambar 3.4. Air	24
Gambar 3.5. Abu Sekam Padi	24
Gambar 3.6. Serbuk Cangkang Telur	25
Gambar 3.7. Serat Kelapa	25
Gambar 3.8. <i>Foam Agent</i>	26
Gambar 3.9. <i>Chemical Admixture</i>	26
Gambar 3.10. Ember	27
Gambar 3.11. Saringan Halus	27
Gambar 3.12. Sekop Tangan	28
Gambar 3.13. Plastik	28
Gambar 3.14. Kuas	28
Gambar 3.15. Pan	29
Gambar 3.16. Timbangan Digital	29
Gambar 3.17. Piknometer	29
Gambar 3.18. Gelas Ukur	30
Gambar 3.19. Bekisting	30
Gambar 3.20. Satu Set <i>Slump Flow</i>	30
Gambar 3.21. Bak Perendaman	31
Gambar 3.22. Oven	31
Gambar 3.23. Mesin Pengaduk Semen	31
Gambar 3.24. Mesin Kuat Tekan	32
Gambar 3.25. Mesin Modulus Elastisitas	32
Gambar 3.26. <i>slump flow</i>	39
Gambar 3.27. <i>Digital Compression Machine Test</i>	41
Gambar 3.28. Gambar Pengujian Modulus Elastisitas	42
Gambar 4.1. Grafik <i>Slump Flow</i> Kuat Tekan	49

Gambar 4.2. Grafik <i>Slump Flow</i> Modulus Elastisitas	50
Gambar 4.3. Grafik Berat Jenis Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan	51
Gambar 4.4. Grafik Nilai Berat Jenis Beton Terhadap Modulus Elastisitas	52
Gambar 4.5. Grafik Nilai Kuat Tekan Beton busa	61
Gambar 4.6. Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton	62
Gambar 4.7. Grafik Nilai Modulus Elastisitas Beton Busa	65
Gambar 4.8. Grafik Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas	66

DAFTAR NOTASI

f_c'	= Kuat Tekan Beton	(N/mm ²)
P	= Gaya Tekan Maksimum	(N)
A	= Luas Penampang Benda Uji	(mm ²)
E	= Modulus Elastisitas	(Mpa)
S1	= Tegangan Pada Nilai Kurva Regangan ϵ_1	(Mpa)
S2	= Tegangan 40% Tegangan Runtuh	(Mpa)
ϵ_1	= 0,00050	(Mpa)
ϵ_2	= Nilai Kurva Regangan Yang Terjadi Pada S ₂	(Mpa)
ASP	= Abu Sekam Padi	
SCT	= Serbuk Cangkang Telur	
SSK	= Serbuk Serat Kelapa	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dengan semakin pesatnya pertumbuhan pengetahuan dan teknologi di bidang teknologi beton yang mendorong kita lebih memperhatikan standar mutu serta produktivitas kerja yang lebih berkualitas. Pemakaian bahan khususnya beton sebagai bahan bangunan mulai menjadi pilihan masyarakat. Hal ini dikarenakan keunggulannya, seperti beton mempunyai kesesuaian material struktural dan arsitektur, ekonomis, perawatan yang mudah, tahan panas dan bahan penyusunnya mudah didapat. Bahan dasar dan perbandingan campuran dari adukan yang akan digunakan untuk suatu bangunan akan mempengaruhi kekuatan dan keawetan beton itu sendiri. Teknologi beton memunculkan penggunaan beton busa, juga dikenal sebagai beton berbusa, *foam concrete*, beton ringan selular atau dikurangi beton kepadatan. Beton busa atau *foam concrete* terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), air, pasir, dan *foam agent*. Namun beton tersebut biasanya digunakan pada beton non struktural dan dapat dipakai sebagai pengganti bata, ini dikarenakan bahwa beton *foamconcrete* mempunyai kuat tekan yang relatif rendah (Karimah, 2017).

Limbah industri pangan (*agro waste*) dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya, limbah yang semakin banyak dan menumpuk dan berbau akan menjadi sarang kuman dan sumber berkembangnya mikroba yang pada akhirnya dapat menimbulkan penyakit. Dengan pemanfaatan industri pangan seperti serat kelapa, cangkang telur dan abu sekam padi dapat diolah menjadi bahan substitusi dari semen dalam pembuatan beton yang mampu menghasilkan suatu beton dengan kekuatan yang baik, ramah lingkungan.

Produksi dan konsumsi telur ayam menghasilkan limbah berupa cangkang telur dan jumlah yang banyak. Dari banyaknya jumlah cangkang telur ayam yang tersedia tidak dimanfaatkan dengan baik, tidak optimalnya pemanfaatan limbah cangkang telur tersebut memicu pencemaran lingkungan yang semakin parah. Hal tersebut diperparah dengan tingginya produksi dan penggunaan telur ayam

diseluruh dunia pada tingkat industri atau domestik yang menyebabkan jumlah cangkang telur cukup banyak yang dianggap sebagai limbah. Limbah cangkang telur ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah penguatan semen pada pembuatan beton (Mahdi & Hadi, 2019)

Serat kelapa dapat diolah secara tradisional dari sabut kelapa, pohon kelapa (*Cocos Nucifera L*). Ditanam diseluruh dunia seluas sekitar 12 juta hektar oleh lebih 10 juta rumah tangga. Sabut kelapa merupakan limbah buah kelapa yang pemanfaatannya masih terbatas, sabut kelapa dilaporkan bersifat tahan lama, ulet, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tahan terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama.

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. Produksi telur di Indonesia tahun 2009 sekitar 1.013.543 ton. Kulit telur kering mengandung 95% kalsium karbonat dan berat 5,5 gram, kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen (Fitriani. 2017)

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan campuran beton busa (*foam concrete*) dengan tambahan serat kelapa, cangkang telur, dan abu sekam padi.
2. Bagaimana pengaruh penambahan cangkang telur, abu sekam padi, serta bahan tambah serat kelapa sebagai material terhadap modulus elastisitas pada beton busa (*foam concrete*).
3. Bagaimana persentasi maksimum dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% cangkang telur, abu sekam padi, dan serat kelapa untuk mendapatkan nilai pada modulus elastisitas beton.

1.3 Ruang lingkup masalah

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada :

1. Jenis beton yang akan diteliti dan dianalisis adalah beton busa (*foam concrete*)
2. Filler dan bahan tambah yang digunakan adalah abu sekam padi, serat kelapa, dan serbuk cangkang telur.
3. Tinjauan analisis pada beton busa (*foam concrete*) ini adalah modulus elastisitas
4. Tinjauan kimia, angin, pengaruh suhu, dan kelembapan udara tidak dibahas secara mendalam.

1.4 Tujuan penelitian

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

1.5 Manfaat penelitian

1. Beton busa (*foam concrete*) dapat menjadi solusi alternatif pada material konstruksi di dunia teknik sipil.
2. Beton busa (*foam concrete*) berbahan dasar dari limbah pangan (*agro waste*) seperti abu sekam padi, cangkang telur, dan serat kelapa yang dapat dilestarikan menjadi sebuah beton yang efisien.
3. Memberikan informasi mengenai perbandingan nilai modulus elastisitas hasil eksperimen laboratorium.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton Busa (*foam concrete*)

Sejarah beton busa (*foam concrete*) kembali ke awal 1920-an dan produksi diautoklaf beton aerasi, yang digunakan terutama sebagai isolasi, sebuah studi rinci yang mengenai komposisi, sifat fisik dan produksi beton berbuis pertama kali dilakukan pada tahun 1950-an dan 1960-an. Setelah penelitian ini, baru *admixture* dikembangkan ditahun 1970-an dan awal tahun 80-an, yang menyebabkan penggunaan komersial beton berbuis dalam proyek konstruksi. Awalnya itu, digunakan di Belanda untuk mengisi kekosongan dan untuk stabilitas tanah. Penelitian ini lebih lanjut dilakukan di Belanda membantu membantu membawa tentang penggunaan lebih luas beton busa sebagai bahan bangunan.

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

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

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

Tabel 2.1. Nilai Pengujian beton *foam concrete*

No	Tahun dan Judul	Filler	Hasil
1	Studi Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Teknologi Foam Concrete Dengan Bahan Tambah Serat <i>Polyster</i> Purnawan Gunawan, Sunarmasto, & Andi Dwi Yunanto. (2014)	serat <i>polyester</i>	Kuat tekan : 0%= 14,15 Mpa 0,25%=15,38 Mpa 0,5%=16,60 Mpa 0,75%=19,29 Mpa 1%=18,24 Mpa Modulus Elastisitas : 0%= 12562,41 Mpa 0,25%=13383,82 Mpa 0,5%=15513,19 Mpa 0,75%=17017,34 Mpa 1%=15909,26 Mpa
2	Pengaruh Penambahan Styrofoam Dengan Pelarut Toluena Terhadap Modulus Elastisitas Beton Ringan (Simamora & Harahap, 2015)	Styrofoam	Modulus elastisitas 0%= 3853,8 Mpa 12%=3818,3 Mpa 14%=3731,6 Mpa 16%=3627,6 Mpa 18%=3914,9 Mpa 20%=4672 Mpa
3	Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Dalam Pembuatan Beton Busa Nugroho et al., (2017)	Abu ampas tebu	Kuat tekan : 0%= 1,4 Mpa 6%=1,5 Mpa 9%= 1,7 Mpa 12%= 1,9 Mpa
4	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan Nugroho, A. (2017)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 7 hari= 0,84-0,92 Mpa 14 hari=1,06-1,12 Mpa 28hari=1,41-1,474 mpa

Lanjutan Tabel 2.1

No	Tahun dan Judul	Filler	Hasil
5	Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Pegganti Bahan Sebagian Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan, Dan Penyerapan Air Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar <i>bottom ash</i> (Farid Jananda & FIRMANSYAH SOFIANTO, 2018)	Cangkang kerang	Kuat tekan : 0%=3,26 Mpa 2%=3,35 Mpa 4%=3,38 Mpa 6%=3,34 Mpa 8%=3,32 Mpa

2.2. Abu sekam padi

Salah satu bahan serat yang berupa limbah dengan jumlahnya melimpah adalah sekam padi yang belum dimanfaatkan secara optimal. Berbagai penelitian menyebutkan bahwa sekam padi dapat dikembangkan sebagai bahan bangunan struktural. Limbah sekam padi perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang penggunaannya sesuai sifat fisis, mekanisnya serta dapat dikembangkan menjadi material bahan bangunan. Beton ringan dari campuran sekam padi dapat digunakan sebagai bahan bangunan pada struktur elemen ringan dan non struktur (Puro, 2014)

Warna abu sekam padi (*rice husk ash*) dipengaruhi oleh jenis padi dan suhu pembakaran kulit padinya. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai kehitam-kehitaman. Karakteristik beton dapat ditingkatkan dengan penambahan abu sekam padi, untuk mengurangi masalah lingkungan pembuatan material semen dapat menggunakan tambahan abu sekam padi, serta tidak memerlukan proses tambahan yang dapat mengurangi emisi gas CO di atmosfer. Telah ada penelitian-penelitian yang dilakukan saat ini untuk mencoba memanfaatkan bahab-bahan sisa industri yang masih memiliki karakter sebagai *pozzolan*. Abu sekam padi mengandung *pozzolan* lebih dari 70% dan mengandung silika yang tinggi (Rahmayanti, 2019)

Adapun beberapa penelitian beton menggunakan bahan abu sekam padi yang telah dibuat dari penelitian sebelumnya, pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2.Nilai Pengujian Beton Abu Sekam Padi

No	Nama dan Judul	Filler dan campuran	Hasil
1	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K225 (Hidayat, 2008)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 0%=22,43 Mpa 2,5%=22,90 Mpa 5%=23,46 Mpa 7,5%=24,50 Mpa 10%=22,81 Mpa
2	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Semen Sebagian Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi (Raharja, 2013)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 0%= 85,55 Mpa 2,5%=88,65Mpa 5%=91,41 Mpa 7,5%=94,17 Mpa 10%=101,07 Mpa 15%=84,17 Mpa Modulus elastisitas 0%= 47843,00 Mpa 2,5%=48648,33 Mpa 5%= 50384,00 Mpa 7,5%= 53288,67 Mpa 10%= 54181,33 Mpa 15%= 45068,00 Mpa
3	Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi (Adi Sambowo & Rismunarsi, 2014)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 0%= 41,31Mpa 13%= 42,56Mpa 15%= 48,50Mpa 16%= 53,20Mpa 17%= 58,21Mpa 20%= 44,12Mpa Modulus elastisitas : 0%= 28460,33 Mpa 13%=28713,00 Mpa 15%=30411,67 Mpa 16%=37105,33 Mpa 17%=38436,67 Mpa 20%=34053,33 Mpa
4	Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif <i>Besmittel</i> 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Nugraha, Prayuda, & Saleh, 2017)	Abu sekam padi dan zat adiktif <i>besmittel</i>	Kuat tekan : 5%=32,23 Mpa 10%=31,34 Mpa 15%=27,71 Mpa
5	Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton (Samsudin & Hartantyo, 2017)	Abu sekam padi	0%=17,25 Mpa 8%=15,60 Mpa 10%=14,65 Mpa 12%=13,47 Mpa

Lanjutan Tabel 2.2.

No	Nama dan Judul	Filler dan campuran	Hasil
6	Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan <i>Visconcrete</i> 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan Upv Test (Rahmayanti, 2019)	Abu Sekam padi dan visconcrete 1003	Kuat tekan : 0%= 26,23 Mpa 5%= 30,75 Mpa 10%= 32,64 Mpa 15%= 33,76 Mpa 20%= 34,11 Mpa Modulus elastisitas : 0%= 21210 Mpa 5%=25511 Mpa 10%=26154 Mpa 15%=28754 Mpa 20%=29399 Mpa

Abu sekam padi (*rice husk ash*) memiliki kandungan kimia yang dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3. Komposisi kimia abu sekam padi

Komponen	Kandungan (%)
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%
Fe ₂ O ₃	0,47%
Al ₂ O ₃	0,46%
MnO	0,14%
S	0<LLD

Sumber : (J. Hadi Pramana, et al, 2017.)

2.3. Serat Kelapa

Serat kelapa merupakan salah satu serat yang melimpah dan berpotensi sebagai pengganti serat sintetis. Komposisi kimia dari serat kelapa adalah 16,8% hemiselulosa, 78,02% selulosa, dan 33,06% lignin. Serat kelapa adalah jenis serat yang memiliki kuat tarik yang besar dan memiliki keuletan (*elongation*) sebesar 30% yang merupakan nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan serat alam yang lain. Berdasarkan komposisi kimia, kuat tarik, dan keuletannya, serat kelapa sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai filler. Penggunaan serat sabut kelapa terhadap sifat mekanik beton ringan. Hasil kuat lentur maksimum diperoleh pada 0,4% serat sabut kelapa dengan panjang serat 34 mm yaitu 12,8 kg/cm² (Jatmika & Mahyudin, 2017) .

Serat kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serat yang diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari segi teknis serat kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, seperti tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan, dan pekerjaan mekanis (pukulan dan gosokan) dan lebih ringan dari serat lain (Sahrudin & Nadia, 2016)

Adapun beberapa penelitian beton menggunakan bahan serat kelapa yang telah dibuat dari penelitian sebelumnya, pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4. Nilai Pengujian Beton Serat Kelapa

No	Nama dan Judul	Filler dan campuran	Hasil
1	Peningkatan Kuat Tarik Beton Akibat Penambahan Serat Serabut Kelapa (Suwandi, 2002)	Serat Kelapa	Kuat tarik belah : 0%= 1,72 1%=1,81 2%=2,17 3%=2,41 4%=2,55 5%=2,83
2	Modulus Elastisitas Beton Serat Serabut Kelapa (Jaya, 2010)	Serat kelapa	Modulus elastisitas : 0%=19403,96 Mpa 0,5%=20251,20Mpa 1%=21537,02Mpa 1,5%=22267,81Mpa 2%=22177,87 Mpa

Lanjutan tabel 2.4

No	Nama dan Judul	Filler dan campuran	Hasil
3	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton (Sahrudin & Nadia, 2016)	Serat kelapa	Kuat tekan : 0%= 17,106 Mpa 0,125%=19,936 Mpa 0,250%=15,008 Mpa 0,500%=22,159 Mpa
4	Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Dalam Persentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi (Prahara, Liong, & Rachmansyah, 2015)	Serat kelapa	Kuat tekan 0%=40,4 Mpa 1,5%=44,1 Mpa 2%=37,5 Mpa 2,5%=26,4 Mpa 3%=23,21 Mpa

2.4. Cangkang Telur

Kulit telur kering mengandung 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram dan kulit telur mengandung 3% fosfor, dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga. Kandungan kalsium yang besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen. (Fitriani et al., 2017)

Tabel 2.5. Nilai Pengujian Beton Cangkang Telur

No	Nama dan Judul	Filler dan bahan	Hasil
1	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam Padi, Dan <i>Copper Slag</i> Sebagai Material Pegganti Semen Sebagian (Fitriani et al., 2017)	Serbuk cangkang telur	Kuat tekan beton : Umur beton 3 hari = 4,9 Mpa Umur beton 14 hari =10,8 Mpa Umur beton 21 hari =14 Mpa
2	Kekuatan Lentur Hasil Kombinasi Serat Ijuk Dan Cangkang Telur (Mahdi & Hadi, 2019)	Serbuk cangkang telur dan ijuk	Kuat lentur : Serbuk CT 1% dan ijuk 4% = 11,5 Mpa Serbuk CT 4% dan ijuk 4% = 40,9 Mpa Serbuk CT 6% dan ijuk 4% = 32,3 Mpa
3	Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton (Tumbel, Teknik, Sipil, Sam, & Manado, 2020)	Serbuk cangkang telur	Kuat tekan : 0%= 26,31 Mpa 2,5%=21,99 Mpa 5%=22,15Mpa 7,5%=15,08 Mpa 10%=14,18 Mpa

Cangkang telur memiliki kandungan kimia yang dapat dilihat pada tabel 2.6. dibawah ini:

Tabel 2.6. Komposisi kimia serbuk cangkang kulit telur

No.	Komponen	Kandungan (%)
1.	CaCO ₃	98,7
2.	Na	0,9
3.	P	0,02
4.	Mg	0,05
5.	Fe, Cu, Ni, B, Zn, dan Si	0,2

2.5. *Foam agent*

Foam agent sebagai bahan material terpenting dalam pembuatan beton busa ringan. Adanya rongga-rongga udara yang dihasilkan oleh beton busa ringan, akan menghasilkan sifat penahan panas yang lebih baik dari pada beton normal.

(Nugroho et al., 2017)

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

2.6. Bahan Pencampur (*admixture*)

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

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

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

- Type G, *High Range Water Reducer* dan *Retarder admixture* yang digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai *slump* 12 persen atau lebih besar dan memperlambat reaksi hidrasi pada beton.

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

2.6.2. Sebagai *Superplasticizer*:

- *Workability* sangat meningkat, meningkatkan *placeability* di komponen yang langsing dengan pengaturan yang memenuhi.
- Mengurangi jumlah dari getaran yang diperlukan, normal di set tanpa keterlambatan.
- Mengurangi resiko dari pemisahan (*Segregasi*) secara signifikan.

2.6.3. Sebagai *Water Reducer*:

- Mengurangi air sampai 20% dan akan menghasilkan 40% peningkatan *Compressive Strength* pada hari ke 28.
- Kekuatan tinggi dalam 12 jam.

2.7. Berat jenis (*Density*)

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

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

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad \text{Pers 2.1}$$

Dimana:

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

m = Massa benda uji (kg)

v = Volume benda uji (m²)

2.8. Modulus Elastisitas Pada Beton

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang. Beton tidak memiliki modulus elastisitas yang pasti. Nilainya tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik serta perbandingan semen dan agregat. (Soentpiet, Wallah, & Manalip, 2018)

Modulus elastisitas beton adalah tolak ukur umum dari sifat elastis suatu bahan, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang. Modulus elastisitas beton dapat berubah-ubah menurut kekuatan, tergantung umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM 469-02:

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \quad \text{Pers (2.2)}$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas (Mpa)

S_2 = tegangan 40% tegangan runtuh (kg)

S_1 = tegangan pada saat nilai kurva regangan $\epsilon_1 = 0,000050$ (m^3)

ϵ_2 = nilai kurva regangan yang terjadi pada S_2 (m^3)

ϵ_1 = regangan sebesar 0,000050 (m^3)

(Pade, , & Pandaleke, 2013)

Modulus elastisitas pada beton bervariasi, ada beberapa hal yang mempengaruhi modulus elastisitas beton antara lain :

- Kelembapan

Beton dengan kandungan air yang lebih tinggi memiliki modulus elastisitas yang juga lebih tinggi dari pada beton dengan spesifikasi yang sama.

- Agregat

Nilai modulus elastisitas dan proporsi volume agregat dalam campuran mempengaruhi modulus elastisitas beton, semakin tinggi modulus agregat dan

semakin besar proporsi agregat dalam beton, semakin tinggi pula modulus elastisitas beton tersebut.

- Umur beton

Modulus elastisitas beton meningkat seiring pertambahan umur beton seperti halnya kuat tekannya, namun modulus elastisitas meningkat lebih cepat dari pada kekuatannya.

- Mix design

Jenis beton memberikan nilai E (modulus elastisitas) yang berbeda-beda pada umur dan kekuatan yang sama. (Istanto, 2010)

Tabel 2.7. Penelitian Sebelumnya Dengan Analisis Modulus Elastisitas

No	Nama dan judul	Filler	Hasil
1	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Semen Sebagian Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi (Raharja, 2013)	Abu sekam padi	Modulus elastisitas 0%= 47843,00 Mpa 2,5%=48648,33 Mpa 5%= 50384,00 Mpa 7,5%= 53288,67 Mpa 10%= 54181,33 Mpa 15%= 45068,00 Mpa
2	Pengaruh Penambahan Styrofoam Dengan Pelarut Toluena Terhadap Modulus Elastisitas Beton Ringan (Simamora & Harahap, 2015)	Styrofoam	Modulus elastisitas 0%= 3853,8 Mpa 12%=3818,3 Mpa 14%=3731,6 Mpa 16%=3627,6 Mpa 18%=3914,9 Mpa 20%=4672 Mpa
3	Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi (Adi Sambowo & Rismunarsi, 2014)	Abu sekam padi	Modulus elastisitas : 0%= 28460,33 Mpa 13%=28713,00 Mpa 15%=30411,67 Mpa 16%=37105,33 Mpa 17%=38436,67 Mpa 20%=34053,33 Mpa

2.9. Kuat tekan beton

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. (Yanti et al., 2019)

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad \text{Pers 2.2}$$

Dimana :

f_c : Kuat Tekan (N/mm²)

P : Gaya Tekan Maksimum (N)

A : Luas Penampang Benda Uji (mm²)

Tabel 2.8. Pengujian Sebelumnya Analisis Kuat Tekan

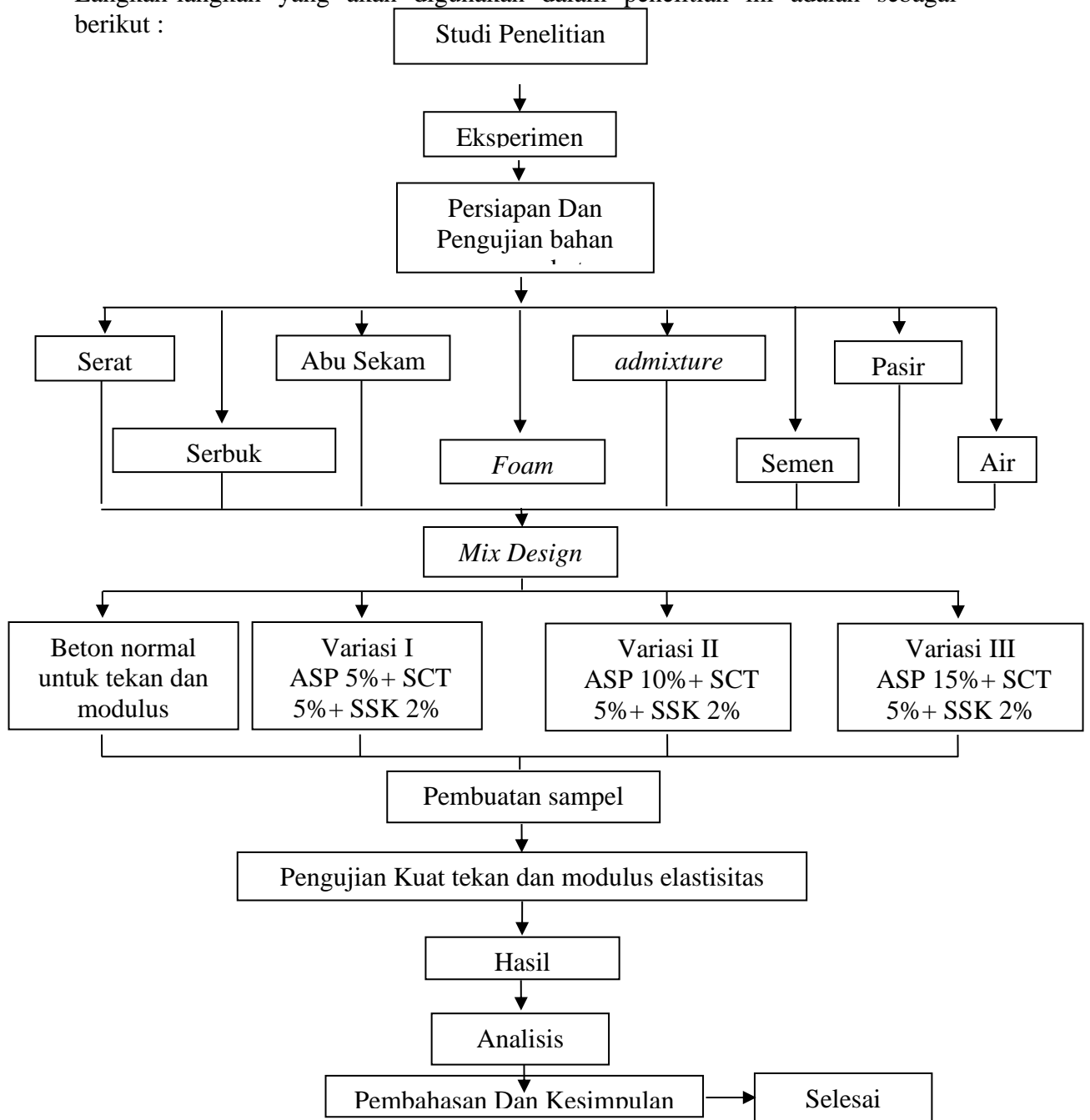
No	Nama dan judul	Filler	Hasil
1	Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif <i>Besmittel</i> 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Nugraha, Prayuda, & Saleh, 2017)	Abu sekam padi dan zat adiktif <i>besmittel</i>	Kuat tekan : 5%=32,23 Mpa 10%=31,34 Mpa 15%=27,71 Mpa
2	Pengaruh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

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

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



Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian

3.2. Metode Penelitian umum

Data-data pendukung diperlukan sebagai tuntutan dalam penyelesaian tugas akhir ini, data-data pendukung tersebut diperoleh dari:

3.2.1. Data primer

Data ini adalah data yang telah berhasil diperoleh dari data Laboratorium seperti :

- a. Berat jenis dan penyerapan
- b. Pemeriksaan kadar air
- c. Pemeriksaan kadar lumpur
- d. *Mix design*
- e. Kekentalan adukan beton segar (*slump*)
- f. Uji kuat tekan beton
- g. Uji modulus elastisitas beton

3.2.2. Data sekunder

Data ini adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan teknik beton, referensi pembuatan beton seperti buku SNI dan ASTM (*American Society For Testing And Materials*). Konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta tim pengawas laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.3. Pelaksanaan penelitian

3.3.1. Tempat dan waktu penelitian

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

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

Tabel 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Persiapan Alat Dan Bahan	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	18 Maret 2020
2	Proses Penimbangan Bahan- Bahan Sampel Yang Akan Diuji	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	12 Agustus 2020
3	Proses Pembuatan Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	12 Agustus 2020
4	Proses Perendaman Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	14 Agustus 2020
5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	14 September 2020
6	Proses Pengujian Tekan Dan Modulus Elastisitas	Lab. Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara	16 September 2020

3.3.2. Rancangan 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* 2% dari berat semen.

- Variasi 0% (Normal)

Variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

- 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.

- 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.

- 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.

3.4. Bahan dan peralatan

3.4.1. Bahan

Material pembentuk beton yang digunakan, yaitu :

3.4.1.1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Andalas PPC (*portland pozzolan cement*) type 1. 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 3.2 Semen

3.4.1.2. Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir 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).



3.3. Gambar Agregat Halus

3.4.1.3. 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 3.4 Air

3.4.1.4. Abu Sekam Padi

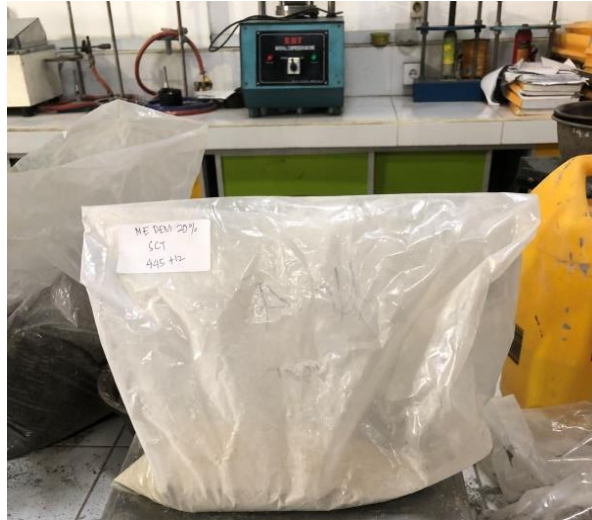
Abu sekam padi diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Abu sekam padi yang digunakan adalah abu yang diambil dari sisa pembakaran sekam padi. Saat diayak, abu sekam padi yang lolos saringan No.100.



Gambar 3.5 Abu Sekam Padi

3.4.1.5. Serbuk Cangkang Telur

Cangkang telur yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah pangan pedagang-pedagang kaki lima dan industri roti sekitaran kota Medan. Kemudian cangkang telur dibersihkan dahulu, lalu dijemur sampai cangkang telur kering dan dihaluskan sampai menjadi serbuk.



3.6 Serbuk cangkang telur

3.4.1.6. Serat 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 3.7 Serat Kelapa

3.4.1.7. Foam agent

Foam agent yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari toko bahan kimia di kota Medan. Komponen utama penyusun dari *foaming agent* adalah *Alcohol* dan *Sulfuric Ester*. Zat tersebut sangat baik untuk digunakan dalam pembuatan beton ringan ataupun bata 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.



Gambar 3.8 *Foam Agent*

3.4.1.8. Chemical admixture

Chemical admixture yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari toko bahan kimia kota Medan. Standart yang digunakan pada *admixture* adalah ASTM C 494 “Spesifikasi *Chemical Admixture* Untuk Beton”.



Gambar 3.9 *Chemical Admixture*

3.4.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Wadah atau ember



Gambar 3.10. Ember

2. Saringan halus



Gambar 3.11. Saringan Halus

3. Sekop tangan



Gambar 3.12 Sekop Tangan

4. Plastik ukuran 10 kg



Gambar 3.13. Plastik

5. Kuas



Gambar 3.14 Kuas

6. Pan



Gambar 3.15. Pan

7. Timbangan Digital



Gambar 3.16 Timbangan Digital

8. Piknometer



Gambar 3.17. Piknometer

9. Gelas Ukur



Gambar 3.18. Gelas Ukur

10. Cetakan Benda Uji Silinder



Gambar 3.19. Bekisting

11. Satu Set Alat *Slump Flow*



Gambar 3.20. Satu Set *Slump Flow*

12. Bak Perendaman



Gambar 3.21. Bak Perendaman

13. Oven



Gambar 3.22. Oven

14. Mesin Pengaduk Semen



Gambar 3.23 Mesin Pengaduk Semen

15. Mesin Kuat Tekan (*Compression Test*)



Gambar 3.24 Mesin Kuat Tekan

16. Mesin Penguji Modulus Elastisitas Beton



Gambar 3.25. Mesin Modulus Elastisitas

3.5. Persiapan penelitian

Mempersiapkan seluruh material pembentuk beton kemudian melakukan pemisahan terhadap material menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya :

3.6.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

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

Langkah-langkah pengerjaannya berat jenis dan penyerapan agregat halus:

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

3.6.2. Kadar Air Agregat Halus

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

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

Langkah-langkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Mengambil contoh bahan sebagian untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
2. Memasukkan contoh kedalam wadah lalu ditimbang.
3. Mengeringkan contoh bahan sampai berat konstan kedalam oven selama ± 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.

3.6.3. Kadar Lumpur Agregat Halus

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

Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus :

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.
5. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200 dan masukkan kedalam wadah.
6. Melakukan prosedur nomor 4 dan nomor 5 secara berulang-ulang supaya tidak mengandung kadar lumpur lagi.
7. Memasukkan benda uji kedalam oven selama ± 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.

3.7. Pemeriksaan Bahan Tambah (*filler*)

3.7.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Sekam Padi (ASP)

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.

3.7.2. Berat jenis dan penyerapan Serbuk Cangkang telur (SCT)

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.

3.8. Mix Design

Penelitian ini adalah membuat beton busa (*foam concrete*). Pada tahap *mix design* ini menentukan persentase dan komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton busa (*foam concrete*). Untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan. Benda uji ini dibuat dengan menambahkan variasi abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 10%, 15%, 20% dan serat kelapa yang bernilai konstan sebanyak 2% dari pasir. digunakan 1: 2 untuk semen dan pasir. 0,55 untuk nilai rasio faktor air semen (FAS), dan 1: 40 untuk campuran *foam agent* dan air. Untuk nilai *chemical admixture* 2% dari semen.

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.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variasi campuran beton yang dibuat, dengan bahan tambah ASP (Abu Sekam Padi) dan SCT (Serbuk Cangkang Telur), sebagai pengganti semen sebagian, dan SSK (Serat Sabut Kelapa) sebagai pengganti pasir sebagian, dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Variasi Sampel Yang Dibuat

No	Variasi beton ringan	Uji Kuat Tekan	Uji Modulus Elastisitas
		28 hari	28 hari
1	Normal (0% campuran ASP,SCT,dan SSK)	3	3

Lanjutan Tabel 3.2.

No	Variasi beton ringan	Uji Kuat Tekan	Uji Modulus Elastisitas
		28 hari	28 hari
2	Variasi I (10%) 5% ASP dan 5% SCT (dari semen) + 2% SSK(dari pasir)	3	3
3	Variasi II (15%) 10% ASP dan 5% SCT (dari semen) +2% SSK(dari pasir)	3	3
4	Variasi III (20%) 15% ASP dan 5% SCT (dari semen) + 2% SSK(dari pasir)	3	3

3.9. .Pembuatan Benda Uji

3.9.1. Langkah-langkah pembuatan benda uji:

1. melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat 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, campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat kelapa
5. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air dan bahan tambah berupa *superplastisizer* (sika) kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
7. *Mixer foam agent* pada ember yang berisi campuran air dan *foam agent* dengan perbandingan 1:40 hingga menghasilkan busa yang stabil (tidak mudah pecah dan memiliki plastisitas yang tinggi).
8. Memasukkan busa *foam agent* kedalam adonan beton ringan yang berada di dalam *mixer*.
9. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.

10. Menuangkan adonan beton kedalam pan.
11. Mengukur *slump flow* adonan beton yang berada di pan.
12. Mengisi cetakan (bekisting) dengan adonan beton ringan secara bertahap hingga penuh dan rata.
13. Meratakan permukaan adonan beton ringan pada cetakan dengan sendok spesi.
14. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton ringan mengeras dengan sendirinya.
15. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan beton ringan hingga benar-benar mengering.
16. Setelah cukup kering, merendam beton ringan kedalam air selama umur rencana 28 hari.
17. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test* dan pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan mesin.

3.9.2. Slump Flow

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

Langkah-langkah *slump flow* :

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



Gambar 3.26 *slump flow*

3.9.3. Perawatan Benda Uji

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

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

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

3.10. Berat jenis beton (*density*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*density*) beton busa

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

ρ = berat jenis beton (kg/m³)

m = berat benda uji (kg)

v = volume beton (m³)

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

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

3.11. Kuat tekan beton

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

Langkah-langkah pengujian :

1. Setelah proses pembuatan dan perendaman selesai dan benda uji kering bisa diuji
2. Menimbang berat benda uji
3. Letakkan 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.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

Dimana :

f_c : Kuat Tekan (N/mm²)

P : Gaya Tekan Maksimum (N)

A : Luas Penampang Benda Uji (mm²)



Gambar 3.27 *Digital Compression Machine Test*

3.12. Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 12 buah dengan berbagai variasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati besarnya perubahan panjang (*regangan*) silinder beton akibat pembebanan serta besarnya beban (*P*) pada saat beton mengalami kuat tekan sebesar 40% dari kuat tekan.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menimbang berat benda uji
2. Memasang alat *Compressormeter* pada posisi nol kemudian meletakkan benda uji pada mesin kuat tekan
3. Pengujian dilakukan dengan beban pada kecepatan yang konstan dan beban bertambah secara continiu setiap 50 KN
4. Untuk pengambilan data, dengan cara mencatat besar perubahan panjang untuk setiap penambahan tekanan sebesar 50 KN yang dapat dibaca dari alat *compressormeter* dan *extensometer*.

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM 469-02:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \quad (3.3)$$

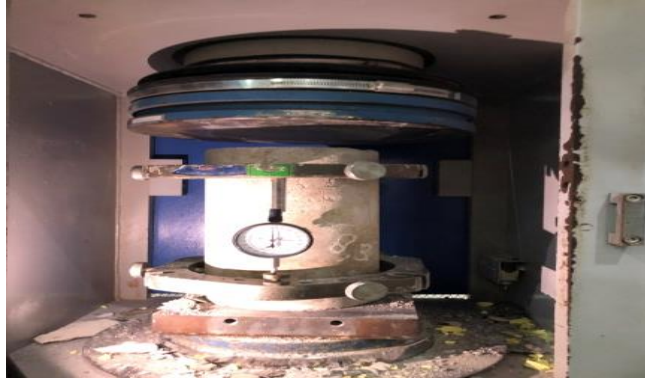
Dimana :

E = modulus elastisitas (Mpa)

S_2 = tegangan 40% tegangan runtuh (Mpa)

S_1 = tegangan pada saat nilai kurva regangan $\epsilon_1 = 0,000050$ (Mpa)

ϵ_2 = nilai kurva regangan yang terjadi pada S_2



3.28. Gambar Pengujian Modulus Elastisitas

BAB 4

ANALISA DATA

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

4.1. Pemeriksaan agregat halus

4.1.1. Berat jenis dan penyerapan

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

Tabel 4.1. 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	969,76
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	2,18	2,19	2,16	2,17

Lanjutan tabel 4.1

Lolos ayakan No. 4	1	2	3	Rata-rata
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 air agregat halus

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

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

Tabel 4.2. 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	658,5
Berat contoh kering <i>oven</i> & berat wadah (W2)	644	646	652	647,3
Berat wadah (W3)	155	157	163	158,3

Lanjutan tabel 4.2

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
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%.

4.1.3. Kadar lumpur agregat halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.3. 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 4.3: 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

Lanjutan tabel 4.3

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2,4	2	4	2,8

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

4.2. Pemeriksaan Bahan Tambah ASP dan SCT

4.2.1. Berat Jenis Dan Penyerapan ASP

Dalam penelitian ini dilakukan juga penelitian terhadap Abu Sekam Padi (ASP) untuk mendapatkan hasil berat jenis dan penyerapan ASP. Hasil analisa yang didapatkan dirangkum dalam sebuah tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan ASP

Lolos ayakan No.100	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	100	100	100	100
Berat contoh SSD kering oven (110°C) sampai konstan (E)	95	90	95	93.3
Berat piknometer penuh air (D)	700	693	695	696
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	734	725	731	730
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	1,44	1,32	1,48	1,41
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	1,51	1,47	1,56	1,51
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	1,55	1,55	1,61	1,57
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	0,052	0,11	0,052	0,07

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

4.2.2. Berat jenis dan penyerapan SCT

Dalam penelitian ini dilakukan juga penelitian terhadap Serbuk Cangkang Telur (SCT) untuk mendapatkan hasil berat jenis dan penyerapan SCT. Hasil analisa yang didapatkan dirangkum dalam sebuah tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan SCT

Lolos ayakan No.100	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	200	200	200	200
Berat contoh SSD kering oven (110°C) sampai konstan (E)	182	189	179	183,3
Berat piknometer penuh air (D)	693	693	697	694,3
Berat contoh SSD 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 $((B-E)/E) \times 100\%$	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.

4.3. Pengujian *slump flow*

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

4.3.1. *Slump Flow* Benda Uji Kuat Tekan

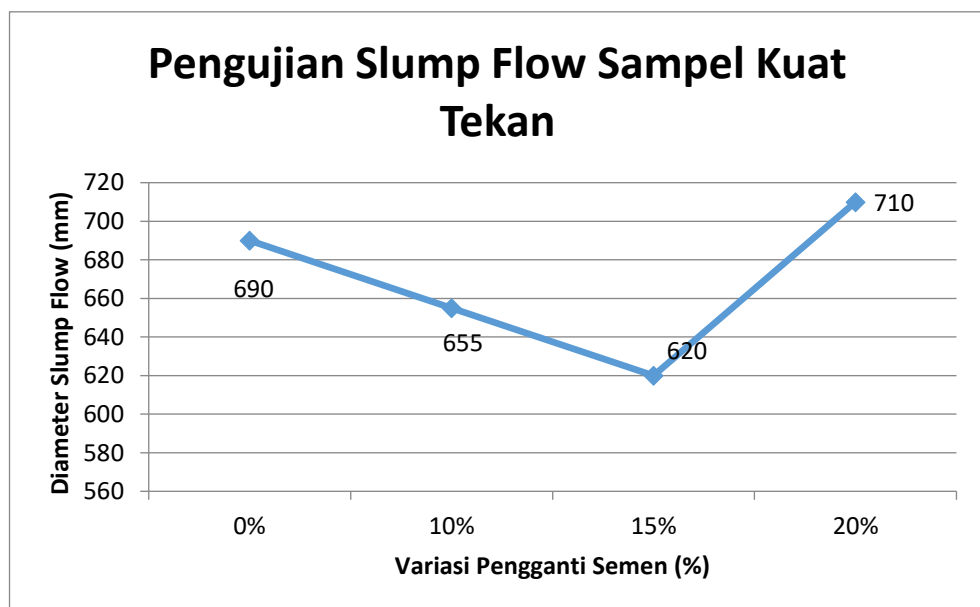
Hasil *slump flow* Kuat Tekan

$$\begin{aligned} \text{SF Normal} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (680 + 700) / 2 \\ &= 690 \text{ mm} \gg 69.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi I} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (640+670) / 2 \\ &= 655 \text{ mm} \gg 65.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi III} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (700+720) / 2 \\ &= 710 \text{ mm} \gg 71 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.1. Grafik *Slump Flow* Kuat Tekan

4.3.2. Slump Flow Benda Uji Modulus Elastisitas

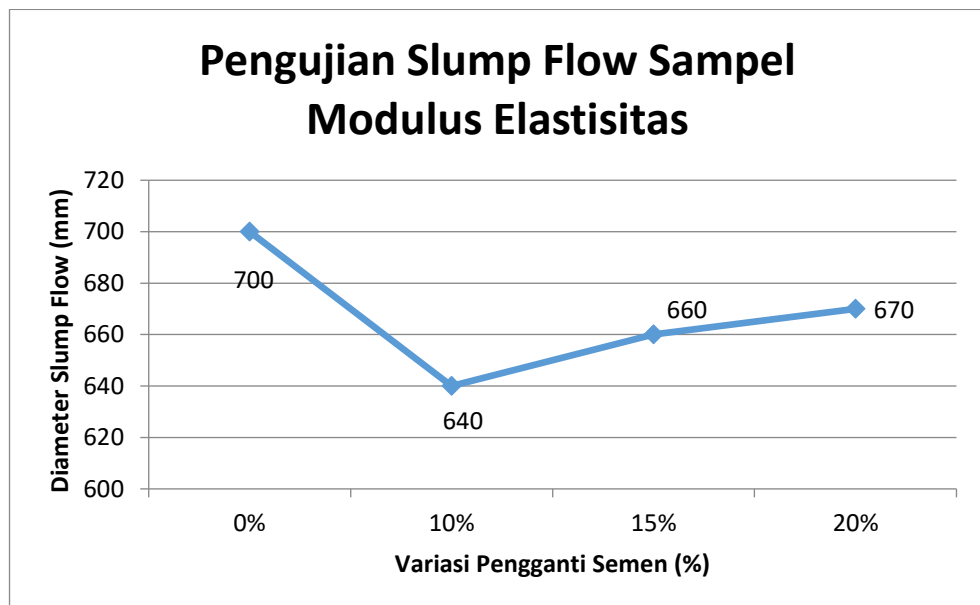
Hasil *slump flow* Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}\text{SF Normal} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (690 + 710) / 2 \\ &= 700 \text{ mm} \gg 70.0 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SF Variasi I} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (630+650) / 2 \\ &= 640 \text{ mm} \gg 64.0 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SF Variasi II} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (650+670) / 2 \\ &= 660 \text{ mm} \gg 66.0 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SF Variasi III} &= (D1+D2) / 2 \\ &= (660+680) / 2 \\ &= 670 \text{ mm} \gg 67.0 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.2. Grafik *Slump Flow* Modulus Elastisitas

4.4. Berat Jenis Beton Busa (*Density*)

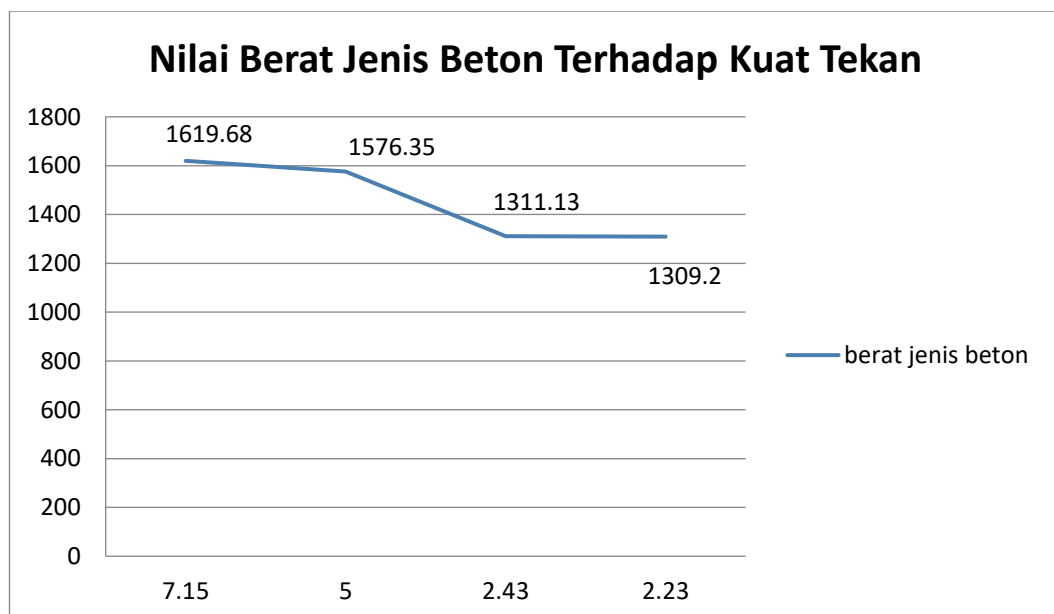
Tujuan dilakukannya pengujian berat jenis beton adalah untuk menentukan kepadatan beton segar dan beton kering setelah perendaman, serta untuk mengetahui apabila beton yang dilakukan pengujian tersebut telah memenuhi nilai berat jenis rencana.

4.4.1. Berat Jenis Beton Busa Terhadap Kuat Tekan

Tabel . 4.6. Berat Jenis Beton Busa Untuk Kuat Tekan

Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Silinder (m ³)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
Normal (0%)	0,0053	8,691	1639,81	1619,68
		8,350	1575,47	
		8,712	1643,77	
Variasi I (10%)	0,0053	8,328	1571,32	1576,35
		8,045	1517,92	
		8,691	1639,81	
Variasi II (15%)	0,0053	7,261	1370	1311,13
		6,834	1289,43	
		6,752	1273,96	
Variasi III (20%)	0,0053	6,911	1303,96	1309,20
		6,823	1287,35	
		7,146	1348,30	

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*). untuk pengujian kuat tekan, kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan grafik nilai berat jenis terhadap nilai kuat tekan beton, sebagai grafik berikut .



Gambar 4.3. Grafik Berat Jenis Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan

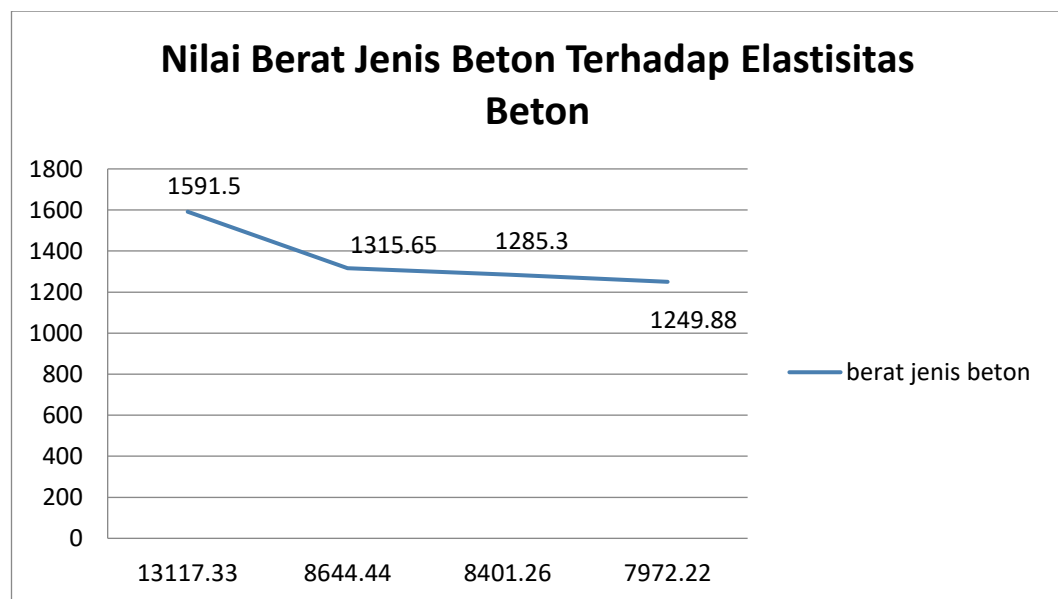
Dari gambar 4.3. diatas nilai berat jenis terbesar pada variasi 0% sekitar 1619,68 kg/m³ dan nilai kuat tekan 7,15 Mpa. Sedangkan nilai berat jenis terendah pada variasi 20% sekitar 1309,20 kg/m³ dan nilai kuat tekan 2,23 Mpa. Diketahui berat jenis beton diatas masih memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 03-3449-2002 yaitu < 1800 kg/m³.

4.4.2. Berat Jenis Beton Busa Terhadap Modulus Elastisitas

Tabel 4.7. Berat Jenis Beton Busa Terhadap Modulus Elastisitas

Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Silinder (m ³)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
Normal (0%)	0,0053	8,100	1528,30	1591,50
		8,375	1580,18	
		8,830	1666,03	
Variasi I (10%)	0,0053	6,645	1253,77	1315,65
		6,890	1300	
		7,384	1393,20	
Variasi II (15%)	0,0053	5,954	1123,39	1285,30
		7,004	1320,83	
		7,482	1411,69	
Variasi III (20%)	0,0053	5,992	1130,56	1249,88
		6,674	1259,24	
		7,398	1359,84	

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*). untuk pengujian kuat tekan, kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan grafik nilai berat jenis terhadap nilai modulus elastisitas beton, sebagai grafik berikut :



Gambar 4.4. Grafik Nilai Berat Jenis Beton Terhadap Modulus Elastisitas

Dari gambar 4.4. diatas nilai berat jenis terbesar pada variasi 0% sekitar 1591,5 kg/m³ dan nilai modulus elastisitas 13117,33 Mpa. Sedangkan nilai berat jenis terendah pada variasi 20% sekitar 1249,88 kg/m³ dan nilai modulus elastisitas 7972,22 Mpa. Diketahui berat jenis beton diatas masih memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 03-3449-2002 yaitu < 1800 kg/m³.

4.5. Perhitungan Mix Design Beton Ringan

4.5.1. Perhitungan Mix Design Silinder Benda Uji Tekan

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

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

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali *mix* pada sampel tekan dengan 3 variasi dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8. 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)	16,964	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

Lanjutan Tabel 4.8

Uraian		Variasi			
		0%	10%	15%	20%
<i>filler</i>	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%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 8,482 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 2 x 8,482
= 16,964 kg
- Air (L) : Semen x 0,55 = 8,482 x 0,55
= 4,665 L
- F/A (ml) : 1/40 = 21,2 foam agent : 848 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 8,482
= 17 ml
- ASP (kg) : 0 % x semen = 0 % x 8,482
= 0 kg
- SCT (kg) : 0 % x semen = 0 % x 8,482
= 0 kg
- SSK (kg) : 0 % x pasir = 0 % x 16,965
= 0 kg

2. Variasi I (10%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian – Semen terganti
= 8,482 – (10% x 8,482)
= 7,634 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti
= 16,964 – (2% x 16,964)
= 16,626 kg
- Air (L) : Semen x 0,55 = 7,634 x 0,55
= 4,198 L

- F/A (ml) : 1/40 = 21 *foam agent* : 848 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 7,634
= 15,2ml
- ASP (kg) : 0 % x semen = 5 % x 8,482
= 0,424kg
- SCT (kg) : 0 % x semen = 5 % x 8,482
= 0,424 kg
- SSK (kg) : 0 % x pasir = 2 % x 16,626
= 0,339 kg

3. Variasi II (15%)

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

4. Variasi III (20%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian – semen terganti
= 8,482 – (20% x 8,482)
= 6,786 kg

- Berat Pasir (kg) : 2 bagian – pasir terganti
 $= 16,964 - (2\% \times 16,964)$
 $= 16,626 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0,55 = 6,786 x 0,55
 $= 3,732 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 21,2 foam agent : 848 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 6,786
 $= 13,5 \text{ ml}$
- ASP (kg) : 5 % x semen = 15% x 8,482
 $= 1,272 \text{ kg}$
- SCT (kg) : 5 % x semen = 5 % x 8,482
 $= 0,424 \text{ kg}$
- SSK (kg) : 2 % x pasir = 2 % x 16,626
 $= 0,339 \text{ kg}$

4.5.2. Perhitungan Mix Design Silinder Benda Uji Modulus Elastisitas

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

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji Silinder} &= 0,0053 \text{ m}^3 \\
 3,5 &= 0,0053 \times 3,5 \\
 &= 0,01855 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana x 4V} &= 1200 \times 0,01855 \\
 &= 22,26 \text{ kg / 3 bagian} \\
 \text{Maka, berat isi rencana / bagian} &= 22,26/3 \\
 &= 7,42 \text{ kg/bagian}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9. Bahan Campuran Beton Untuk 1 Kali *Mix* (3 Sampel) Pada Modulus Elastisitas

Uraian		Variasi			
		0%	10%	15%	20%
Semen (kg)		7,422	6,679	6,308	6,720
Pasir (kg)		14,844	14,547	14,547	14,547
Air (L)		4,082	3,673	3,469	3,696
F/A (ml)		19:760	19:760	19:760	19:760
Sika (ml)		14,8	13,3	12,6	13,44
<i>Filler</i>	ASP (kg)	0	0,371	0,742	1,113
	SCT (kg)	0	0,371	0,371	0,371
	SSK (kg)	0	0,296	0,296	0,296

Data dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut:

1. Normal (0%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian = 7,422 kg
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian = 2 x 8,482
= 14,844 kg
- Air (L) : Semen x 0,55 = 7,422 x 0,55
= 4,082 L
- F/A (ml) : 1/40 = 19 *foam agent* : 760 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 7,422
= 14,8ml
- ASP (kg) : 0 % x semen = 0 % x 7,422
= 0 kg
- SCT (kg) : 0 % x semen = 0 % x 7,422
= 0 kg
- SSK (kg) : 0 % x pasir = 0 % x 14,844
= 0 kg

2. Variasi I (10%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian – Semen terganti
= 7,422 – (10% x 7,422)
= 6,679kg

- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti
 $= 14,844 - (2\% \times 14,844)$
 $= 14,547 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0,55 = 6,679 x 0,55
 $= 3,673 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 19 *foam agent* : 760 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 6,679
 $= 13,3 \text{ ml}$
- ASP (kg) : 0 % x semen = 5 % x 7,422
 $= 0,371 \text{ kg}$
- SCT (kg) : 0 % x semen = 5 % x 7,422
 $= 0,371 \text{ kg}$
- SSK (kg) : 0 % x pasir = 2 % x 14,844
 $= 0,296 \text{ kg}$

3. Variasi II (15%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian – Semen terganti
 $= 7,422 - (15\% \times 7,422)$
 $= 6,308 \text{ kg}$
- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti
 $= 14,844 - (2\% \times 14,844)$
 $= 14,547 \text{ kg}$
- Air (L) : Semen x 0,55 = 6,308 x 0,55
 $= 3,469 \text{ L}$
- F/A (ml) : 1/40 = 19 *foam agent* : 760 air
- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 6,308
 $= 12,6 \text{ ml}$
- ASP (kg) : 0 % x semen = 10 % x 7,422
 $= 0,742 \text{ kg}$
- SCT (kg) : 0 % x semen = 5 % x 7,422
 $= 0,371 \text{ kg}$

- SSK (kg) : 0 % x pasir = 2 % x 14,844
= 0,296 kg

4. Variasi III (20%)

- Berat semen (kg) : 1 bagian – Semen terganti
= 7,422 – (20% x 7,422)
= 5,937kg

- Berat Pasir (kg) : 2 bagian - pasir terganti
= 14,844 – (2% x 14,844)
= 14,547 kg

- Air (L) : Semen x 0,55 = 5,937x 0,55
= 3,265L

- F/A (ml) : 1/40 = 19 foam agent : 760 air

- Sika (ml) : 2 % x semen = 2% x 5,937
= 11,8ml

- ASP (kg) : 0 % x semen = 15 % x 7,422
= 1,113kg

- SCT (kg) : 0 % x semen = 5 % x 7,422
= 0,371 kg

- SSK (kg) : 0 % x pasir = 2 % x 14,844
= 0,296 kg

4.6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Uji kuat tekan beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat tekan beton ringan (f_c') dan bagaimana pengaruhnya penambahan serat kelapa terhadap nilai kuat tarik beton ringan. 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 4.10, sebagai berikut :

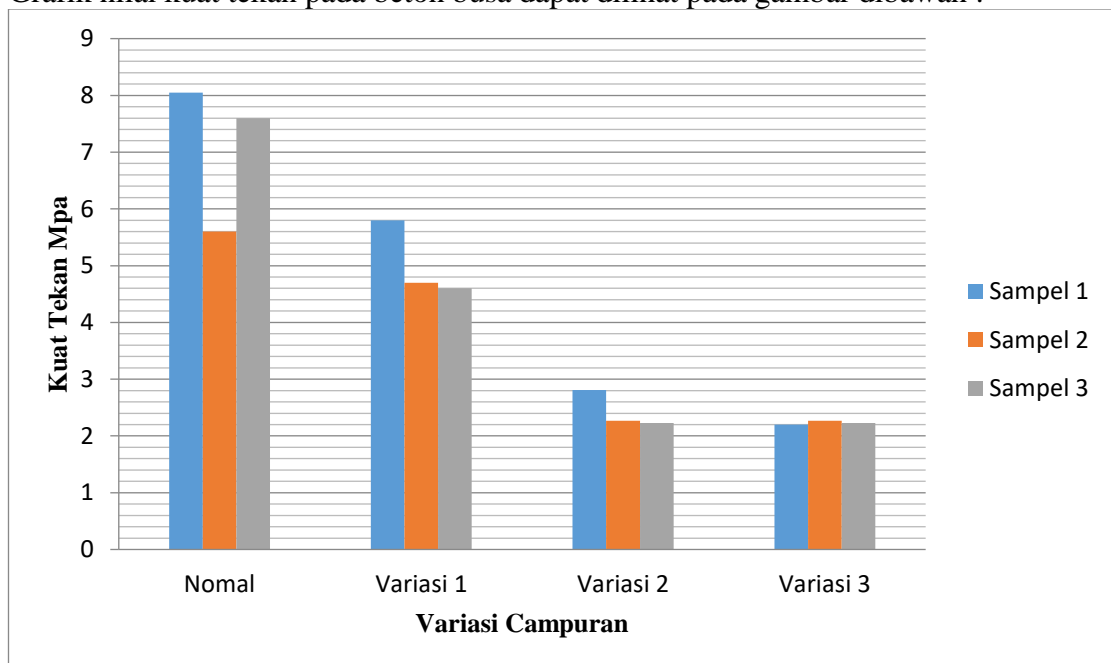
Tabel 4.10 Data Hasil Pengerjaan Kuat Tekan Beton Ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		Umur Rencana	Kuat 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 (15%)			7,695	7,261	28 hari	49,8
2	10%	5%	2%	6,932	6,834		40,1

Lanjutan tabel 4.10

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		Umur Rencana	Kuat Tekan Beton f_c' (KN)
				Sebelum perendaman	Sebelum perendaman		
3				6,908	6,752		39,5
1	Variasi (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

Grafik nilai kuat tekan pada beton busa dapat dilihat pada gambar dibawah :



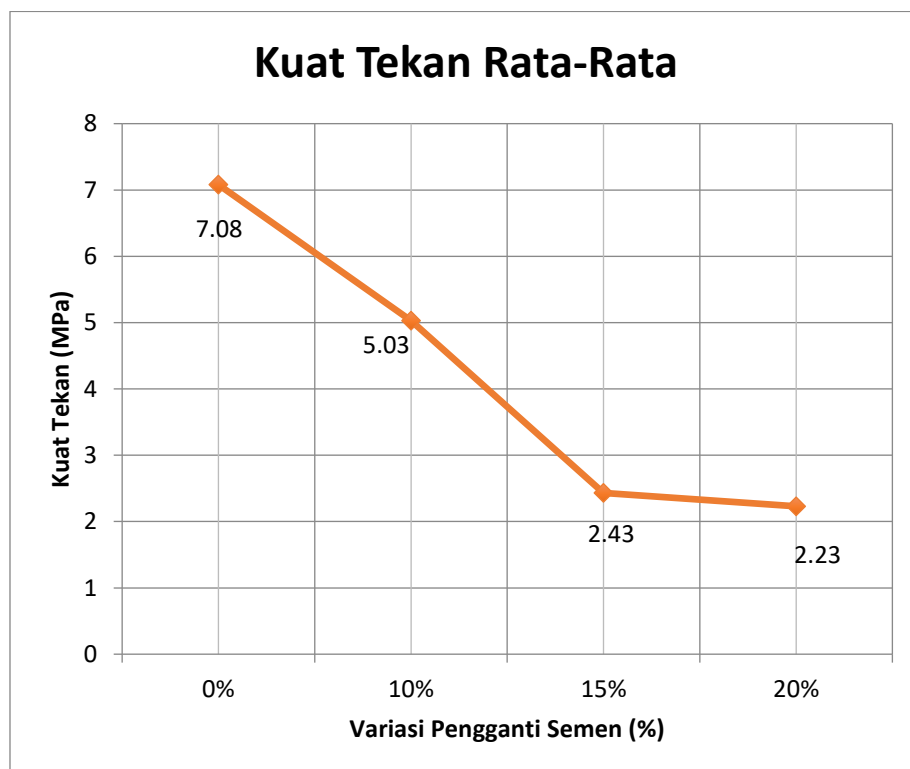
Gambar 4.5. Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Busa

Tabel 4.11. Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton Ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Kuat Tekan (Mpa)
1	0%	0%	0%	8,05
2				5,6
3				7,6
Rata-rata				7,08

Lanjutan tabel 4.11.

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Kuat Tekan (Mpa)
1	5%	5%	2%	5,8
2				4,7
3				4,6
Rata-rata				5,03
1	10%	5%	2%	2,81
2				2,27
3				2,23
Rata-rata				2,43
1	15%	5%	2%	2,20
2				2,27
3				2,23
Rata-rata				2,23



Gambar 4.6 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada variasi normal (0%), yaitu 8,05 Mpa dan nilai kuat tekan terendah pada variasi III (20%), yaitu 2,2 Mpa pada umur beton 28 hari. Dalam penelitian ini kuat tekan beton mengalami peningkatan di variasi normal dan mulai menurun ketika di variasi 1 , kemudian menurun nilai kuat tekan sampai ke variasi 3.

Dari hasil penelitian ini nilai kuat tekan setiap variasi mengalami penurunan yang disebabkan oleh banyaknya campuran *filler* atau bahan tambah seperti abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat kelapa. Campuran *filler* yang bereaksi sebagai pengganti semen sebagian, kandungan kalsium dan silika pada ASP dan SCT melebihi dari yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat tekan yang optimum. Sehingga pada saat terjadi reaksi kimia antara kandungan semen dan air, terjadi kejenuhan yang disebabkan terlalu banyaknya takaran silika dan kalsium yang ditambahkan. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan yang cukup jauh dari nilai kuat tekan dengan variasi lainnya.

Dan Proses pemadatan yang tidak sempurna mengakibatkan adanya volume udara yang berlebih dalam beton busa yang memang secara sengaja ditambahkan *foam agent* guna membuat gelembung-gelembung udara dalam beton.. Semakin banyak volume udara tersebut, maka cenderung menurunkan kuat tekan beton.

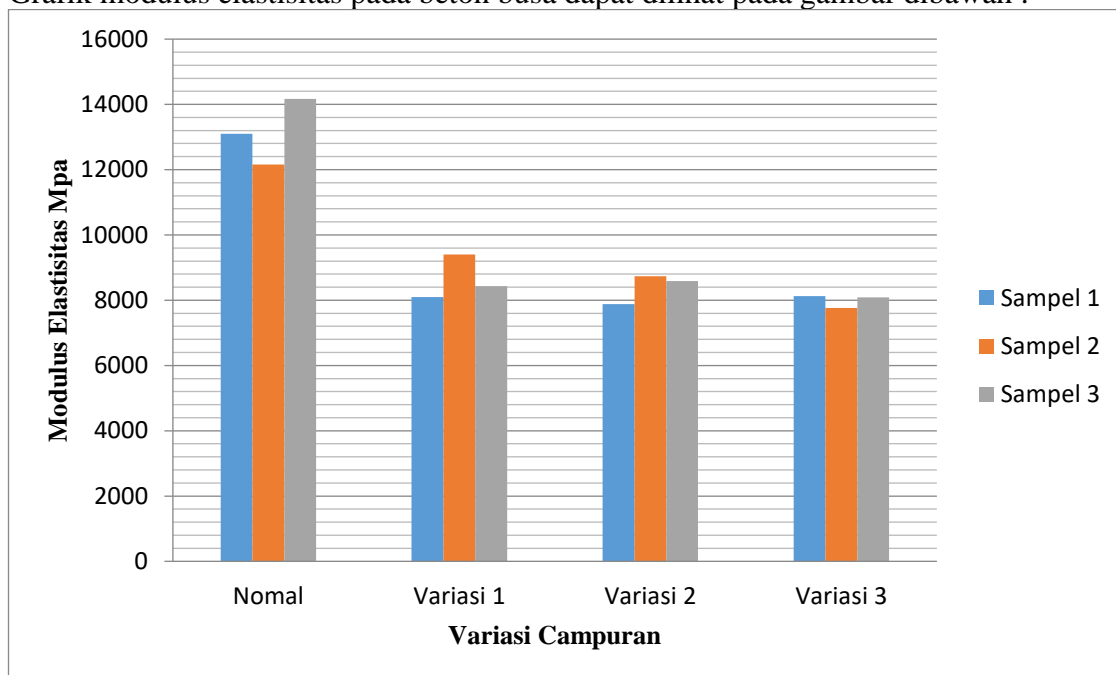
4.7. Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton Busa

Uji modulus elastisitas beton busa pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai modulus elastisitas beton ringan dan bagaimana pengaruhnya penambahan serat kelapa terhadap nilai modulus elastisitas beton ringan. 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 modulus elastisitas tersebut dituangkan pada tabel 4.10. sebagai berikut :

Tabel 4.12 Data Hasil Pengerjaan Modulus Elastisitas Beton Ringan

Sampe 1	%AS P	%SC T	%SS K	Berat Beton		Umur Rencana	Nilai modulus elastisitas (Mpa)
				Sebelum perendama n	Setelah perendama n		
1	Normal (0%)			8,113	8100	28 hari	13065,4 9
2	0%	0%	0%	8,331	8,375		12132,2 4
3				8,715	8,830		14154,2 8
1	Variasi I (10%)			6,740	6,645	28 hari	8100
2	5%	5%	2%	7,140	6,890		9400
3				7,602	7,384		8433,33
1	Variasi (15%)			6,159	5,954	28 hari	7881,10
2	10%	5%	2%	7,320	7,004		8733,34
3				7,646	7,482		8589,33
1	Variasi (20%)			6,384	5,992	28 hari	8125
2	15%	5%	2%	7,011	6,674		7766,66
3				7,752	7,398		8085,36

Grafik modulus elastisitas pada beton busa dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 4.7. Nilai Modulus Elastisitas Beton Busa

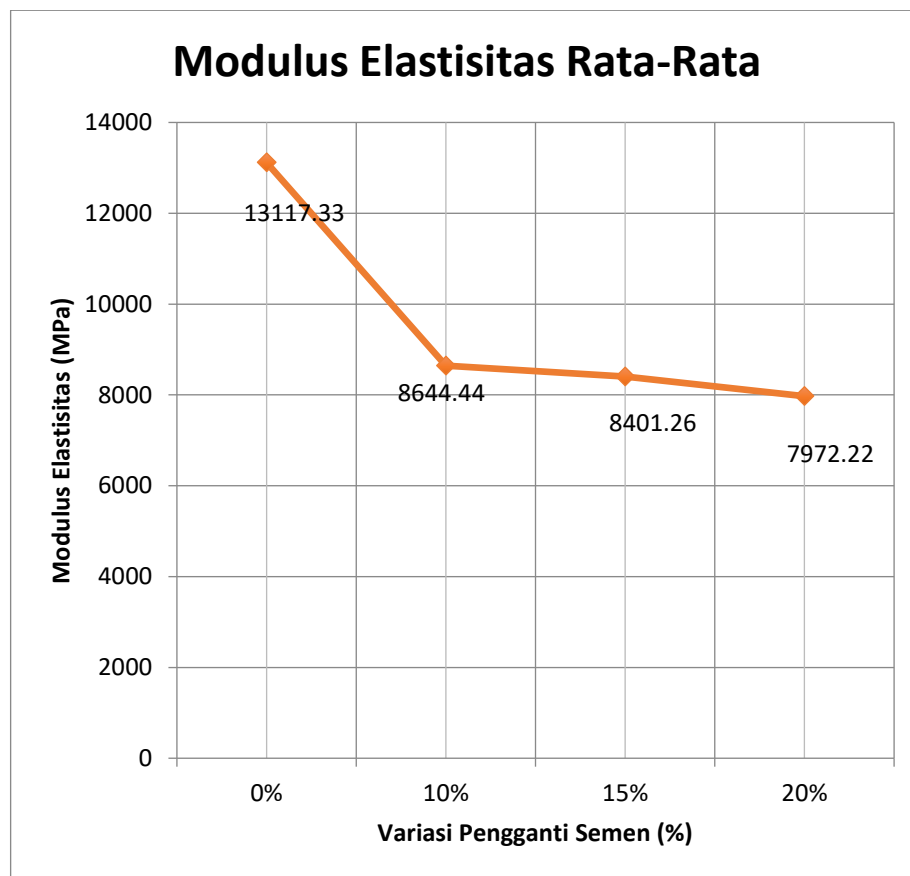
Berdasarkan tabel 4.12 maka dihasilkan nilai rata rata dari modulus elastisitas yang dirincikan pada tabel 4.13. berikut :

Tabel 4.13. Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas Beton Ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	0%	0%	0%	13065,49
2				12132,24
3				14154,28
Rata-rata				13117,33
1	5%	5%	2%	8100
2				9400
3				8433,33
Rata-rata				8644,44
1	10%	5%	2%	7881,10
2				8733,34
3				8589,33
Rata-rata				8401,26

Lanjutan tabel 4.11

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	15%	5%	2%	8125
2				7766,66
3				8085,36
Rata-rata				7972,22



Gambar 4.8. Grafik Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas

Dari grafik 4.8. diatas dilihat bahwa nilai modulus tertinggi pada variasi normal (0%), yaitu 13117,33 Mpa dan nilai modulus elastisitas terendah pada variasi II (20%), yaitu 7972,22 Mpa pada umur beton 28 hari. Dalam penelitian ini modulus elastisitas beton mengalami peningkatan di variasi normal dan mulai menurun ketika di variasi 1 , kemudian menurun nilai kuat tekan sampai ke variasi 3.

Dari hasil penelitian ini nilai modulus elastisitas setiap variasi mengalami penurunan yang disebabkan akibat dari penambahan substitusi ASP dan SCT guna mengurangi penggunaan semen, sehingga workabilitas campuran menjadi tidak maksimal akibat tidak seimbangnya penggunaan campuran. Penyebab lainnya juga dikarenakan ASP dan SCT sangat menyerap air, akibatnya kekuatan beton yang dihasilkan menjadi menurun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini adalah membuat beton busa (*foam concrete*). Pada tahap *mix design* ini menentukan persentase dan komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton busa (*foam concrete*). Untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan. Benda uji ini dibuat dengan menambahkan variasi abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 10%, 15%, 20% dan serat kelapa yang bernilai konstan sebanyak 2% dari pasir. digunakan 1: 2 untuk semen dan pasir. 0,55 untuk nilai rasio faktor air semen (FAS), dan 1: 40 untuk campuran *foam agent* dan air. Untuk nilai *chemical admixture* 2% dari semen.
2. Dari hasil penelitian ini nilai modulus elastisitas setiap variasi mengalami penurunan yang disebabkan akibat dari penambahan substitusi ASP dan SCT guna mengurangi penggunaan semen, sehingga workabilitas campuran menjadi tidak maksimal akibat tidak seimbangannya penggunaan campuran *filler* tersebut.
3. Nilai modulus elastisitas dengan penambahan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur serta serat kelapa. Peningkatan maksimum terjadi pada beton dengan variasi 0% yaitu sebesar 13117,33Mpa. Dan nilai modulus elastisitas paling minimum terjadi pada beton variasi 20% yaitu sebesar 7972,22Mpa.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Adapun saran yang perlu dikembangkan dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan penelitian selanjutnya dengan menggunakan *filler* yang sama tetapi merubah variasi agar mengetahui nilai modulus yang lainnya.

2. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimum.
3. Diusahakan dalam pengolahan cangkang telur ayam menjadi serbuk cangkang telur perlu adanya perlakuan khusus agar cangkang telur lebih halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Sambowo, K., & Rismunarsi, E. (2014). Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. *Maret*, 2(1), 108.
- ASTM 469 - 02
- Farid Jananda, M., & FIRMANSYAH SOFIANTO, M. (2018). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 1–8.
- Fitriani, S., Muhamad Fathul M, W., & 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>
- Hidayat, A. (2008). *ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-225*.
- Istanto, muson mula. (2010). *Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas the Study of Compressive Strength and Modulus of Elasticity on Normal Concrete With Materials of Alumunium Fiber and Metakaolin*.
- J. Hadi Pramana, E. (n.d.). *Pozzolan Characterization Of Waste Rice Husk Ash (RHA) From Muar, Malaysia*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>
- Jatmika, L. P., & Mahyudin, A. (2017). Pengaruh Persentase Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan. *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 387–393.
- Jaya, I. M. I. A. K. S. D. W. (2010). *KUAT TARIK LENTUR DAN MODULUS ELASTISITAS BETON SERAT*. 4(KoNTekS 4), 2–3.
- Karimah, R. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 50. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4492>
- Mahdi, M., & Hadi, S. (2019). *Kekuatan Lentur Papan Komposit Hasil*

- Kombinasi Serat Ijuk dan Cangkang Telur Ayam. 02(02), 7–10.*
- Nugraha, Y., Prayuda, H., & Saleh, F. (2017). Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% YOGA NUGRAHA, HAKAS PRAYUDA, FADILLAWATY SALEH. *Semesta Teknika, 20(2), 116–124.*
- Nugroho, A., Rahman Saleh, A., Rawamangun Muka, J., & Timur Surel, J. (2017). Utilization of Baggase Ash on Lightweight Foamed Concrete. *Jurnal Permukiman, 12(1), 20–24.*
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. *Jurnal Sipil Statik, 1(7), 479–485.*
- Prahara, E., Liong, G. T., & Rachmansyah, R. (2015). Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa dalam Presentase Tertentu pada Beton Mutu Tinggi. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications, 6(2), 208.* <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>
- Purnawan Gunawan, Sunarmasto, & Andi Dwi Yunanto. (2014). Studi Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Polyester. *Matriks Teknik Sipil, 3, 619–627.*
- Puro, S. (2014). Kajian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Ringan Memanfaatkan Sekam Padi dan Fly Ash dengan Kandungan Semen 350 kg/m³. *Jurnal Ilmiah Media Engineering, 4(2).*
- Raharja, S. (2013). *PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN. 1(4), 503–510.*
- Rahmayanti, N. (2019). Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan Upv Test. *Teras Jurnal, 8(2), 434.* <https://doi.org/10.29103/tj.v8i2.165>
- Sahrudin, & Nadia. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan. *Konstruksia, 7(2), 13–20.*
- Samsudin, S., & Hartanty, S. D. (2017). Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknika, 9(2), 8.*

<https://doi.org/10.30736/teknika.v9i2.58>

- Simamora, N., & Harahap, M. H. (2015). Pengaruh Penambahan Styrofoam Dengan Pelarut Toluena Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Ringan. *Jurnal Einstein Prodi Fisika FMIPA Unimed*, 3(1), 15–22.
- SNI 03-1974-2011 (Kuat Tekan Beton)
- Soentpiet, B. J., Wallah, S. E., & Manalip, H. (2018). Modulus Elastisitas Beton Geopolymer. *Jurnal Sipil Statik*, 6(7), 517–526.
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Area, U. M. (2016). *Analisa Penggunaan Foam Agent Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bata Ringan*.
- Suwandi, J. (2002). *Peningkatan kuat tarik beton akibat penambahan serat sabut kelapa*. 17–23.
- Tumbel, G. W. Y., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2020). *Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton*. 8(3), 293–298.
- Yanti, G., Zainuri, Z., Megasari, S. W. Y., Gusneli, Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2019). Analisis penambahan cocofiber pada campuran beton. *Seminar Nasional Pakar Ke 2 Tahun 2019, Buku 1 : Sains Dan Teknologi*, 1(2018), 1–6. Retrieved from <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/pakar/article/viewFile/4158/3299>

LAMPIRAN



Berdiskusi Di Laboratorium UMSU



Pembuatan Benda Uji



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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DENI SAPRIANDI LUBIS
NPM : 1607210091
JUDUL : ANALISIS MODULUS ELASTISITAS KOMBINASI SERAT KELAPA
DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN SERBUK
CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN SEBAGIAN PADA
BETON BUSA *FOAM CONCRETE* DALAM STUDI EKSPERIMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	19 november 2019 16 desember 2019 16 januari 2020	-Revisi BAB I -Revisi BAB II -Revisi BAB III -Buat BAB IV	
2	21 januari 2020	-tambahkan tabel penelitian sebelumnya	
3	24 januari 2020	-buat rencana jadwal kegiatan	
4	27 januari 2020	-perbaiki BAB III bagian urutan diagram alir -ACC Seminar Proposal	

Mengetahui,
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 : DENI SAPRIANDI LUBIS
NPM : 160721010091
JUDUL : ANALISIS MODULUS ELASTISITAS KOMBINASI SERAT KELAPA
DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN SERBUK
CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN SEBAGIAN PADA
BETON BUSA *FOAM CONCRETE* DALAM STUDI EKSPERIMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	12 SEPTEMBER 2020	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki Isi Bab 2- Perbaiki Susunan Pada Bab 2- Perbaiki Metode Penelitian	
2	05 OKTOBER 2020	<ul style="list-style-type: none">- Masukkan Hasil Di Bab 4- Masukkan Foto-Foto Di Setiap Metodologi- Buat Langkah Pekerjaan- Kerjakan Kesimpulan Dan Saran Pada Bab 5	
3	19 OKTOBER 2020	ACC SEMINAR HASIL	

Mengetahui,
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 : DENI SAPRIANDI LUBIS
NPM : 160721010091
JUDUL : ANALISIS MODULUS ELASTISITAS KOMBINASI SERAT KELAPA DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN SEBAGIAN PADA BETON BUSA *FOAM CONCRETE* DALAM STUDI EKSPERIMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	1 NOVEMBER 2020	-PERBAIKI GRAFIK -PERBAIKI SUSUNAN TULISAN	
2	3 NOVEMBER 2020	-ACC SIDANG	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Dr. Fetra Venny R)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : DENI SAPRIANDI LUBIS
Panggilan : DENI
Tempat, Tanggal Lahir : MEDAN/ 02 Agustus 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat Sekarang : Jalan Sisimangaraja Gg Padri
Ayah : Sapar Lubis
Ibu : Eva Desmi Nasution
HP/Tlpn Seluler : **081284528650**

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa :
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamain : 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 064955/Medan	2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP ERIA MEDAN	2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMA ERIA MEDAN	2016

ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota Osis SMA SWASTA ERIA	2015