

TUGAS AKHIR

**PENGARUH TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BETON RINGAN
YANG DI PERKUAT OLEH SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU
SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN SEMEN**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

INTAN ADELINA NST

1607210081



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

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

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

Menyebutkan surat ini agar disebutkan
pada tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

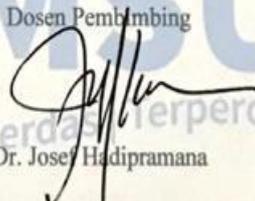
Nama : Intan Adelina Nst
NPM : 1607210169
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Tegangan Dan Regangan Pada Beton Ringan Yang Diperkuat Oleh Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Semen (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

UMSU
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 12 November 2020

Dosen Pembimbing


Dr. Josef Hadipramana

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Intan Adelina Nst

NPM : 1607210081

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Tegangan Dan Regangan Pada Beton Ringan
Yang Diperkuat Oleh Serbuk Cangkang Telur Dan Abu
Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Semen.

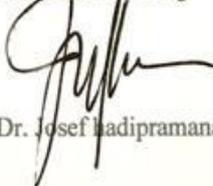
Bidang Ilmu : Struktur

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, 12 November 2020

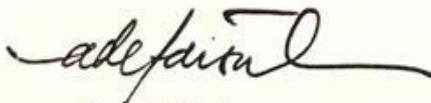
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



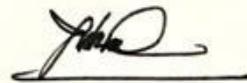
Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembanding I



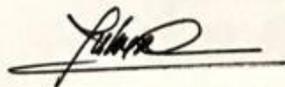
Dr. Ade Faisal

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Intan Adelina Nst
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 10 Desember 1997
NPM : 1607210081
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Tegangan Dan Regangan Pada Beton Ringan Yang Diperkuat Oleh Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Semen”

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, 12 November 2020

Saya yang menyatakan,



Intan Adelina Nst

ABSTRAK

PENGARUH TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BETON RINGAN YANG DIPERKUAT OLEH SERBUK CANGKANG TELUR DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN SEMEN

Intan Adelina Nst
1607210081
Dr. Josef Hadipramana

Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dibandingkan dengan beton pada umumnya. beton ringan pada umumnya beratnya sekitar antara 400 – 1600 kg/m³. dimana bahan baku pembuatan beton ringan terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, foam agent, dan bahan lainnya. didalam penelitian ini penulis menggunakan filler untuk beton ringan pengganti semen yaitu abu sekam padi dan serbuk cangkang telur. yang dimana penulis menggunakan filler tersebut untuk mengurangi permasalahan lingkungan hidup yang dijadikan pembuangan begitu saja maka dari itu penulis mengambil filler tersebut agar bermanfaat sebagai bahan material yang bermanfaat. Maka dari itu dengan penggunaan material beton akan menjadi lebih ringan tetapi tetap memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding beton konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai tegangan dan regangan beton ringan terhadap penambahan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi dengan menggunakan persentase mulai dari 0%, 10%, 15%, dan 20%. Sampel pengujian dipakai pada beton ringan dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 8,04 Mpa; Variasi I (10%) = 6,32 Mpa; Variasi II (15%) = 6,21 Mpa; Variasi III (20%) = 4,37 Mpa. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 14154,28167 Mpa; Variasi I (10%) = 9681,528662 Mpa; Variasi II (15%) = 8266,1005 Mpa; Variasi III (20%) = 5512,44933 Mpa.

Kata Kunci: Beton Ringan, Modulus Elastisitas, Kuat Tekan

ABSTRACT

THE EFFECT OF VOLTAGE AND STRESS ON LIGHTWEIGHT CONCRETE STRENGTHENED BY POWDER EGG AND RICE HUSB ASH AS A CEMENT ADDITION

Intan Adelina Nst
1607210081
Dr. Josef Hadipramana

Lightweight concrete is concrete that has a lighter specific gravity than concrete in general. lightweight concrete generally weighs around 400 - 1600 kg / m³. where the raw material for making lightweight concrete consists of silica sand, lime, cement, water, foam agent, and other materials. In this study the authors used fillers for light-cement concrete, namely rice husk ash and eggshell powder. which is where the authors use the filler. In order to reduce environmental problems which are used as disposal, the authors take the filler to be useful as a useful material. Therefore, the use of concrete material will be lighter but still have a higher compressive strength than conventional concrete. This study aims to study the stress and strain values of lightweight concrete on the addition of eggshell powder and rice husk ash using proportions ranging from 0%, 10%, 15%, and 20%. The test sample is used on lightweight concrete with a size of 15 x 30 cm as many as 12 specimens. To see the compressive strength and elasticity values were tested for 28 days. The compressive strength value based on variations is Normal (0%) = 8.04 Mpa; Variation I (10%) = 6.32 Mpa; Variation II (15%) = 6.21 Mpa; Variation III (20%) = 4.37 Mpa. Meanwhile, the modulus of elasticity based on variation is Normal (0%) = 14154.28167 Mpa; Variation I (10%) = 9681.528662 Mpa; Variation II (15%) = 8266,1005 6 Mpa; Variation III (20%) = 5512,44933 Mpa.

Keywords: Lightweight Concrete, Modulus Elasticity, Compressive Strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah “Pengaruh Tegangan Dan Regangan Pada Beton Ringan Yang Diperkuat Oleh Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Semen”.

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

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

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

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

Medan, November 2020

Penulis

Intan Adelina Nst

NPM.1607210081

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Beton Ringan	8
2.3 Bahan Dasar Beton Ringan	9
2.3.1 Semen	9
2.3.2 Agregat Halus	12
2.3.3 Air	14
2.3.4 <i>Foaming Agent</i>	15
2.3.5 <i>Superplasticizer</i> (Sika)	16
2.4 Pengertian Abu Sekam Padi	17
2.5 Serbuk Cangkang Telur	19
2.6 Faktor Air Semen (FAS)	21
2.7 Uji <i>Slump Flow</i>	22
2.8 Modulus Elastisitas Beton	22
2.9 Kuat Tekan	23
	vii

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.3 Tahapan Penelitian	27
3.3.1 Persiapan Alat	28
3.3.2 Persiapan Bahan Pengujian Benda Uji	33
3.3.3 Tahapan Penelitian	34
3.4 Metode Penelitian	35
3.5 Pemeriksaan Agregat	36
3.5.1 Kadar Air Agregat Halus	37
3.5.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	38
3.5.3 Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	40
3.5.4 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur	41
3.6 Rencana Campuran (<i>Mix Design</i>)	42
3.7 Pembuatan Benda Uji	43
3.8 Pengujian <i>Slump Flow</i>	43
3.9 Pemeliharaan/Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji	44
3.10 Pengujian Kuat Tekan	44
3.11 Pengujian Modulus Elastisitas	45
3.12 Teknik Pengambil Data	45
3.13 Metode Tes	46
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Perencanaan Campuran Beton	47
4.2 Hasil Uji <i>Slump Flow</i>	52
4.3 Hasil Kuat Tekan	54
4.4 Hasil Modulus Elastisitas	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	
5.2 Saran	
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Empat senyawa utama dari semen Portland (Paul Nugraha & Antoni, 2007).	10
Tabel 2.2. Hasil penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas	11
Tabel 2.3. Hasil penelitian pasir diganti dengan bahan lainnya yang telah dilakukan sebelumnya.	13
Tabel 2.4. Komposisi kimia abu sekam padi	18
Tabel 2.5. Kandungan Kimia pada Semen dan Cangkang Telur Ayam	20
Tabel 2.6. Daftar hasil penelitian cangkang telur yang sebelumnya dilakukan	21
Tabel 3.1. Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus	37
Tabel 3.2. Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	38
Tabel 3.3. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	39
Tabel 3.4. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi	40
Tabel 3.5. Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur	41
Tabel 3.6. Data-data hasil variasi campuran beton	42
Tabel 3.7. Jumlah semua sampel yang akan dibuat	43
Tabel 4.1. Data-data hasil tes dasar	47
Tabel 4.2. Data-data serbuk cangkang telur dan abu sekam padi terganti	47
Tabel 4.3. Jumlah semua sampel yang akan dibuat	43
Tabel 4.4. Data hasil pengujian kuat tekan beton ringan	47
Tabel 4.5. Rata-rata kuat tekan	55
Tabel 4.6. Data hasil pengujian modulus elastisitas beton ringan	57
Tabel 4.7. Rata-rata modulus elastisitas	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Semen andalas	12
Gambar 2.2 Agregat halus	13
Gambar 2.3 Air	15
Gambar 2.4 <i>Foaming agent</i>	16
Gambar 2.5 <i>Superplastisizer</i> (Sika)	17
Gambar 2.6 Abu sekam padi	19
Gambar 2.7 Serbuk cangkang telur	21
Gambar 2.8 Uji <i>slump flow</i>	22
Gambar 2.9 Alat modulus elastisitas	23
Gambar 2.10 Alat kuat tekan	24
Gambar 3.1 Bagan alir metode penelitian	26
Gambar 3.2 Saringan No.4	28
Gambar 3.3 (a) Saringan No.50 dan (b) Saringan No.100	28
Gambar 3.4 Oven	29
Gambar 3.5 Timbangan digital	29
Gambar 3.6 Ember	29
Gambar 3.7 Cetakan benda uji silinder	30
Gambar 3.8 Sekop tangan	30
Gambar 3.9 Piknometer	30
Gambar 3.10 Pan	31
Gambar 3.11 Gelas ukur	31
Gambar 3.12 Plastik 10 kg	31
Gambar 3.13 Kuas	32
Gambar 3.14 Mesin pengaduk beton	32
Gambar 3.15 Mesin pengaduk <i>foam agent</i> (bor)	32
Gambar 4.1 Keretakan silinder setelah pengujian kuat tekan	54
Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan	56
Gambar 4.3 Gambar keretakan silinder setelah pengujian modulus elastisitas	56
Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil nilai modulus elastisitas	58

DAFTAR NOTASI

σ	=	Tegangan	(Mpa)
P	=	Beban yang diberikan	(N)
A	=	Luas penampang	(mm ²)
E _c	=	Modulus elastisitas	(Mpa)
σ_2	=	Tegangan pada 40% tegangan runtuh	(Mpa)
σ_1	=	Tegangan pada saat nilai kurva regangan ϵ_1	(Mpa)
ϵ^1	=	Regangan sebesar 0,000050	(kg/cm ²)
ϵ_2	=	Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat σ_2	(kg/cm ²)
f _c	=	Kuat tekan	(N/mm ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu inovasi yang sering digunakan dalam konstruksi yaitu bata ringan atau disebut dengan beton ringan yang pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan. Pada tahun 1943 beton ringan dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman. Di Indonesia beton ringan dikenal pada tahun 1955 saat didirikan PT Hebel Indonesia di Karawang Timur Jawa Barat.

Menurut Ngabdurrochman (2009), beton ringan adalah beton berpori yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan dari pada beton pada umumnya. Berat jenisnya antara 600-1600 kg/m³ dengan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran (*mix design*).

Beton busa adalah beton ringan yang terdiri dari semen Portland atau mortar yang mempunyai bentuk struktur yang berongga yang tercipta dari gelembung-gelembung udara dan mempunyai berat jenis antara 400 – 1600 kg/m³. Beton busa mempunyai sifat-sifat antara lain sebagai bahan isolasi suhu dan suara serta mudah diproduksi (Mydin, *et al.*, 2012).

Saat ini dengan perkembangan teknologi, beton busa ringan merupakan produk inovasi untuk sektor konstruksi dengan memiliki manfaat seperti berat jenis ringan antara 1000-600 kg/m³, tahan terhadap api, isolasi terhadap suhu dan suara dll dibandingkan dengan beton normal (Lim, *et al.*, 2013)

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

bahan-bahan yang lebih dahulu melalui proses terpilih dan diketahui sifat-sifatnya. Walaupun beton mempunyai banyak keunggulan-keunggulan di banding dengan material konstruksi lainnya, beton juga mempunyai kelemahan-kelemahan, yaitu pada berat sendiri yang sangat besar.

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak diminati dalam dunia konstruksi karena memiliki berbagai kelebihan. Namun disisi lain beton mempunyai kekurangan salah satunya adalah berat jenisnya yang tinggi yang tentu berpengaruh pada perhitungan beban sendiri suatu bangunan. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan berbagai penelitian terhadap sifat dan kualitas beton hingga ditemukan berbagai macam beton baru hasil modifikasi salah satunya adalah beton ringan. Salah satu metode pembuatan beton ringan adalah dengan menggunakan metode foamed concrete, yaitu dengan menambahkan foam agent (cairan busa) kedalam campuran. *Foam agent* didapat dari pencampuran *spectafoam*, *harder mild*, dan *polymer*. Beton ringan mempunyai nilai kuat tekan yang rendah, yaitu kurang dari 17 MPa sehingga cocok sebagai material non struktural. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik beton ringan adalah dengan menambahkan abu sekam padi pada beton ringan tersebut. Penambahan abu sekam padi di dalam adukan beton, diharapkan akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat, sejalan dengan pertambahan konsentrasi abu sekam padi tersebut diharapkan dapat meningkatkan performa pada beton ringan dari segi modulus elastisitasnya.

Abu sekam padi merupakan bahan berlignosellulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Silika abu sekam padi dalam bentuk kristalin (quartz dan opal) dan amorf terkonsentrasi pada permukaan luar dan sedikit dipermukaan dalam (Bakri dan Baharuddin, 2009). Kandungan kimia abu sekam padi terdiri atas 50 % sellulosa, 25-30 % lignin, dan 15-20 % silika (Ismail dan Waliuddin, 1996). Porositas Abu sekam padi yang sangat tinggi menyebabkan Abu Sekam Padi dapat menyerap air dalam jumlah banyak (Kaboosi, 2007). Sekam padi merupakan residu pertanian dari proses penggilingan padi. BPS (2011) melaporkan bahwa produksi padi tahun 2011 berdasarkan ARAM I-2011 diperkirakan sebesar 67,31 juta ton GKG naik 895,86 ribu ton (1,35 persen) dibanding tahun 2010 sebesar 66,41 juta ton GKG. Hal ini berarti bahwa

Indonesia menghasilkan 13.462 ton sekam padi pada tahun 2011

Abu sekam padi mengandung silica yang banyak 87%-97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna (Handayani, Nurjanah & Rengga , 2014). Namun demikian, untuk meningkatkan proses hidrasi semen maka ditambah cangkang telur yang digiling halus. Serbuk cangkang telur mengandung zat kapur (CaO) yang akan membantu proses hidrasi semen melalui SiO₂ (Chen , Chang, Lai, & Chou, 2017). Penambahan serbuk cangkang telur akan menambahn kekurangan SiO₂ yang diperlukan sebesar 0,66% (Laca, Laca, & Diaz, 2017).

Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan lebih kecil dari 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002).

Didalam beton ringan ini yang akan ditinjau yaitu modulus elastisitasnya, dimana modulus elastisitas sering disebut sebagai modulus young yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elatis. Sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecendrungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi kebentuk semula bila diberi beban. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya, jadi makin besar modulus ini maka semakin kecil regangan elastisitas yang terjadi atau semakin kaku.

Foam Agent/Cairan Busa Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabil hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. Dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.

Latar belakang penelitian ini adalah Karena penulis ingin menciptakan beton ringan sehingga suatu saat dapat menjadi acuan baru dalam pembuatan dan industri beton ringan. Penulis mengharapkan penelitian ini dapat menghasilkan campuran yang baik dengan menggunakan bahan alternatif.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana tegangan dan regangan yang optimal pada beton ringan yang ditambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yang masing-masing sebagai pengganti pasir dan semen?
2. Mengetahui modulus elastisitas pada beton ringan yang ditambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai bahan material dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah sangat diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. Oleh karena itu batasan masalah yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :
 - a. Bahan penyusun beton yang digunakan antara lain semen *portland*, pasir, air, *filler* dan *foam agent*.
 - b. *Filler* yang digunakan berupa abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.
 - c. Abu sekam padi berasal dari kilang padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.
 - d. Cangkang telur yang digunakan diperoleh dari pedagang makanan dan industri roti disekitaran Kota Medan.
 - e. Serbuk cangkang telur diambil dari pedagang-pedagang makanan kaki lima dan industri roti disekitaran Kota Medan.
 - f. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe 1.
 - g. Pasir yang digunakan diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai.
 - h. Air, berasal dari laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Variasi penambahan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur pada beton ringan adalah sebesar 0%, 10%, 15%, 20%.
3. Perbandingan antara pasir dan semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:2.

4. Perbandingan antara foam agent dengan air adalah sebesar 1:40.
5. Faktor air semen yang digunakan adalah sebesar 0,5.
6. Pengujian dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, pada umur 28 hari dengan pengujian :
 - a. Pengujian tegangan dan regangan, kuat tekan beton berbentuk silinder.
 - b. Nilai *slump flow*.
 - c. Penyerapan pada beton ringan.
7. Kontrol diameter pada slump flow ditetapkan sebesar $70 \pm 2,5$ cm.
8. Jumlah sampel yang digunakan berjumlah 24 sampel benda uji, dengan 12 benda uji untuk pengujian kuat tekan dan 12 benda uji untuk pengujian tegangan dan regangan.
9. Berat isi rencana adalah ≤ 1500 kg/m³
10. Tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin, dan kelembaban udara tidak dibahas secara mendalam pada penelitian ini.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana tegangan dan regangan yang optimal pada beton ringan yang di tambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yang masing-masing sebagai pengganti pasir dan semen.
2. Untuk mengetahui modulus elastisitas pada beton ringan yang ditambah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai bahan material dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menambah pengetahuan di bidang bahan bangunan, khususnya pada pembuatan beton bata ringan dengan metode aerasi campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai bahan.
2. Dan diharapkan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti batako konvensional untuk digunakan pada konstruksi bangunan
3. Untuk megembangkan teknologi pembuatan beton ringan dengan

memanfaatkan material lokal, dan dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh penggunaan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur terhadap modulus elastisitas beton ringan.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar yaitu batu pecah atau kerikil dengan semen yang disatukan oleh air dengan perbandingan tertentu. Beton bersifat komposit. Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung sifat unsur penyusunnya. Dalam campuran beton, air dan semen membentuk perekat atau matriks yang berfungsi sebagai tambahan mengisi kekosongan agregat halus, melapisi permukaan agregat halus dan kasar dan menyatukan agregat tersebut.

Beton pada dasarnya adalah campuran dari dua bagian yaitu agregat dan pasta. Pasta terdiri dari semen *Portland* dan air, yang mengikat agregat (pasir dan kerikil/batu pecah) menjadi suatu massa seperti batuan, ketika pasta tersebut mengeras akibat reaksi kimia antara semen dan air (Paulus, 1989:5).

Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. Derajat kepadatan harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan cara pemadatan dan jenis konstruksi, agar terhindar dari kebutuhan akan pekerjaan yang berlebihan dalam mencapai kepadatan maksimal (Murdock, 1991:97).

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *Portland*, air, agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan dasar tersebut di atas, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1996).

2.2 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada beton umumnya. Berbeda dengan beton biasa berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya beton ringan berkisar antara 600-1600 kg/m³. Karena itu keunggulan beton ringan pada umumnya ada pada berat, sehingga bila diaplikasikan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak pada perhitungan pondasi. Keuntungan lain dari beton ringan adalah memiliki nilai tahanan panas yang baik, memiliki tahanan suara yang baik, tahan api. Sedangkan kelemahan beton ringan adalah nilai kuat tekannya lebih kecil disbanding dengan beton normal sehingga tidak dianjurkan penggunaannya untuk struktural.

Menurut Hunggurami (2014), dibandingkan dengan bahan pembentuk dinding atau jenis beton lainnya, beton ringan memiliki kelebihan diantaranya yaitu:

1. Bentuknya yang presisi sehingga memudahkan proses pemasangan dengan teliti dan tepat.
2. Ukuran dimensinya yang seragam dan dapat menghasilkan dinding yang rapi.
3. Bersifat kedap air dan sulit ditembus oleh rembesan air.
4. Mampu meredam suara dan mencegah timbulnya gema serta gaung
5. Tingkat kekuatan yang dimiliki cukup tinggi.
6. Mempunyai ketahanan yang bagus terhadap gempa
7. Mampu menghemat pemakaian perekat karena tidak membutuhkan siar yang tebal.
8. Bobot yang relatif ringan sehingga memperkecil beban pada struktur.
9. Lebih gampang diangkut sebab tidak terlalu berat dan dapat ditata dengan rapi.
10. Pemasangan dinding dengan bahan beton ringan juga lebih cepat dilakukan karena proses pengeringan yang relatif lebih cepat.
11. Penerapan plasteran semen cukup setebal 2,5 cm.

Salah satu jenis beton ringan yang mudah dijumpai adalah beton busa, beton busa adalah beton ringan yang terdiri dari semen Portland atau mortar yang mempunyai bentuk struktur yang berongga yang tercipta dari gelembung

gelembung udara dan mempunyai berat jenis 400-1600 kg/m³. beton busa mempunyai sifat-sifat antara lain sebagai bahan isolasi suhu dan suara serta mudah diproduksi (Mydin, *et al.*, 2012)

2.3 Bahan Dasar Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m³, kuat tekannya lebih kecil dibanding beton normal dan kurang dapat menghantarkan panas. Pembuatan beton ringan biasanya dibuat dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campuran betonnya, dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung dan sebagainya (Tjokrodinuljo).

Beton pada umumnya terdiri dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

2.3.1. Semen

Semen yang biasa digunakan adalah semen *portland*, yaitu semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikati hidrolik dan bahan tambahan berbentuk kalsium sulfat. Semen *Portland* (sering disebut sebagai OPC, singkatan dari *Ordinary Portland Cement*) adalah jenis yang paling umum dari semen yang digunakan seluruh dunia karena merupakan bahan dasar beton, mortar, plester. Didalam penelitian beton ringan ini digunakan semen bermerek “Andalas”.

Beberapa jenis semen diatur dalam SNI, diantaranya SNI 15-2049-2004 mengenai semen *portland* (OPC = *Ordinary Portland Cement*) yang dibedakan menjadi 5 tipe, yakni:

1. Tipe I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis semen yang lainnya.
2. Tipe II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun sebagai bahan pengikat maka peranan semen sangat penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Sifat fisika semen *portland* Menurut (Tri Mulyono, 2005) sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen Portland. Sedangkan untuk susunan *oxida* semen Portland (Paul Nugraha & Antoni, 2007), sifat kimia pada semen portland dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1: Empat senyawa utama dari semen Portland (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

Nama Senyawa	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-Rata
<i>Tricalcium Silikat</i>	Ca_3SiO_3	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S	50
<i>Dicalcium Silikat</i>	Ca_2SiO_4	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S	25
<i>Tricalcium Aluminat</i>	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_2$	C_3A	12
<i>Tetracalcium Aluminoferrit</i>	$2\text{Ca}_2\text{AlFeO}_3$	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3\text{FeO}_3$	C_4AF	8

Dari tabel diatas bahwasanya sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari sebagai berikut:

A. *Tricalcium Silikat* (C_3S) = $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan *desintegrasi* (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak-retak.

B. *Dicalcium Silikat* (C_2S) = $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat mengeluarkan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

C. *Tricalcium Alumnat* (C_3A) = $3CaO.Al_2O_3$

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan kimia agresi yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.

D. *Tetracalsium Aluminoforit* (C_4AF) = $4CaO.Al_2O_3 FeO_3$

Perubahan komposisi senyawa kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *portland* di Indonesia (PUBI, 1982) ,komposisi kimia semen portland type 1 pada umumnya terdiri dari CaO, SiO_2, Al_2O_3 Dan Fe_2O_3 , yang merupakan oksida dominan sedangkan oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah MgO, SO_3, Na_2O dan K_2O .

Dari penjelasan diatas maka hasil dari penelitian sebelumnya bahwasanya semen pengganti *filler* lainnya terdapat hasil-hasil sebagai berikut ini terdapat hasil kuat tekan dan modulus elastisitas dari para peneliti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Hasil penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas

No	Nama penulis,tahun	Bahan	Jenis beton	Hasil
1	Putra tri ananda,2016	Serbuk bata ringan	Beton ringan	Kuat tekan 15% 9,38 Mpa
2	Farid jananda,2017	Serbuk cangkang kerang	Beton ringan	Kuat tekan 5% 3,26 Mpa
3	Mirasetiawati,2018	Fly ash	Beton mutu tinggi	Kuat tekan 10% 24,8 Mpa

Tabel 2.2 Lanjutan hasil penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas

4	Surya sebayang,2015	Abu terbang	Beton ringan	Hasil Modulus elastisitas 9% 19365,67 Mpa
---	---------------------	-------------	--------------	--

Dari penjelasan diatas dalam penelitian ini semen yang digunakan yaitu semen bermerek andalas.



Gambar 2.1 Semen Andalas

2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat menempati sebanyak kurang lebih 70% dari volume beton atau mortar. Oleh karena itu sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi sifat-sifat beton yang dihasilkan. Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm. Menurut peraturan yang dipakai saat ini (SK SNI S-04-1989-F dan SKSNI T-15-1990-03) kekasaran agregat halus dibagi menjadi empat zona, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. agregat halus juga memiliki syarat-syarat tertentu agar dapat digunakan dalam campuran beton seperti:

- a. Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pecah batu.
- b. Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh

pengaruh cuaca.

- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk ini bisa dilakukan percobaan warna dari *Abrams-Harder* dengan larutan NaOH.

Tabel 2.3 Hasil penelitian pasir diganti dengan bahan lainnya yang telah dilakukan sebelumnya.

No	Nama, Tahun	Pasir pengganti	Hasil
1	(Triaswati M.N,2019)	Abu Bata	Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat hasil rata-rata kuat tekan beton pada hari ke 7= 20,8 Mpa, hari ke 14= 31,1 Mpa , Hari ke 28= 34,0MPa
2	(yufiter silas kandi,2014)	Kapur Alam	Hasil kuat tekan pada hari 7 hari didapat 15,84 Mpa pada 7 hari 25% 13,67
3	(stevania Elisabeth Claudia,20219)	Tras	Hasil modulus elastisitas pada campuran trans persentase 5% yaitu 25376 Mpa.



Gambar 2.2 Agregat Halus

2.3.3. Air

Air yang dimaksud di sini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan pembuatan mortar, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas mortar *foam*. Air untuk keperluan pembuatan beton maupun mortar *foam* tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat menghalangi pengerasan semen *portland* atau dapat merusak beton itu

sendiri. Misalnya lumpur, tanah liat, zat organik dan bahan-bahan yang terlarut seperti garam sulfat, klorida, asam dan basa.

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

Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sebanyak 25 % dari berat semen, namun akan cukup sulit sekali mengerjakan campuran beton apabila rasio air-semennya lebih rendah dari 33 (Tjokrodinuljo, 1996). Selain digunakan dalam proses pencampuran, air juga digunakan dalam perawatan beton (*curing*). Namun begitu, penggunaan air pada campuran beton tidak boleh terlalu banyak dan tidak boleh terlalu sedikit. Apabila penggunaan air terlalu banyak akan menyebabkan penurunan kekuatan beton dan menyebabkan beton mudah keropos. Kelebihan air pada beton juga dapat menyebabkan *bleeding*, yaitu air yang naik ke permukaan beton dan menurunya partikel agregat ke bawah setelah beton selesai dibuat. Ini menyebabkan terbentuknya lapisan tipis dari buih (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodinuljo, 1996). Sedangkan penggunaan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi antara semen dan air tidak dapat tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Syarat-syarat air untuk campuran beton sesuai standar PBI 1971/NI-2 Pasal 3.6 yaitu:

- a. Tidak mengandung organik (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.



Gambar 2.3 Air

2.3.4. *Foaming Agent*

Foaming agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air yang merupakan larutan koloid. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. Dengan menggunakan *foam generator* maka dapat dihasilkan *pre foam* awal yang stabil dalam kondisi basa, oleh karena itu cocok untuk digunakan pada produksi mortar yang mengandung busa.

Menurut Brady, dkk (dalam Kharimah, 2017:52), surfaktan sintetis dapat diklasifikasikan menurut sifat kelompok hidrofilik, yaitu bagian molekul yang larut dalam air:

1. Anionik, sekitar 70% dari surfaktan yang digunakan menghasilkan busa, yaitu bagian aktif dari molekul yang bermuatan negative.
2. Kationik, kurang dari 5% dari surfaktan yang digunakan menghasilkan busa, yaitu hidrofilik yang bermuatan positif.
3. Non-ionik (polar), sekitar 25% dari surfaktan yang digunakan untuk memproduksi busa, yaitu netral. Kurangnya muatan listrik dapat memberikan stabilitas yang lebih besar untuk campuran beton busa.
4. Amfoter dan Zwitterion, surfaktan yang jarang digunakan untuk memproduksi beton busa, tergantung pada pH larutan molekul dapat mempertahankan muatan positif atau muatan negatif, atau dapat keduanya.

Penggunaan *foam agent* pada beton ringan akan menghasilkan gelembung-

gelembung udara dalam campuran beton. Penambahan *foam agent* dalam campuran beton akan terbentuk pori-pori yang terjadi karena reaksi dimana kalsium hidroksida yang terkandung dalam pasir akan bereaksi membentuk gas hydrogen. Penggunaan *foam agent* bertujuan untuk memperoleh berat jenis beton yang lebih ringan (Liu, Leong, Hu, & Yang, 2017). Menurut, *foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antarmuka dan mengaktifkan antarmuka tersebut dengan membuat gelembung-gelembung gas (udara) dalam adukan semen. Beton *foam* 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 di dalam betonnya (Husin, dan Setiaji, 2008).



Gambar 2.4 *Foam agent*.

2.3.5. Superplasticizer (Sika)

Superplasticizer 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)



Gambar 2.5 Superplasticizer (Sika)

2.4 Pengertian Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang di gunakan diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Abu Sekam Padi merupakan bahan *berlignosellulosa* seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Silika abu sekam padi dalam bentuk kristalin (*quartz* dan *opal*) dan *amorf* terkonsentrasi pada permukaan luar dan sedikit dipermukaan dalam (Bakri dan Baharuddin, 2009). Abu sekam padi merupakan hasil dari sisi pembakaran sekam padi, abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang potensial digunakan di Indonesia karena produksi yang tinggi dan penyebaran yang luas. Bila abu sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silika.

Menurut standar ASTM C 125-07 (2007), *pozzolan* ialah bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen. Dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silikat yang tinggi maka abu sekam padi dapat di manfaatkan sebagai bahan pengganti semen.

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

Abu sekam padi memiliki sifat sebagai pengikat jika dicampur dengan air, disamping itu juga merupakan pengikat pasir. Pasir silika mempunyai sifat *hydrophilic*, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya. Abu sekam padi merupakan material bersifat sebagai pengisi yang mengandung unsur-unsur bermanfaat dalam meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. (Tata et al., 2016)

Kandungan kimia Abu Sekam Padi terdiri atas 50 % sellulosa, 25-30 % lignin, dan 15-20 % silika (Ismail dan Waliuddin, 1996). Porositas abu sekam padi yang sangat tinggi menyebabkan Abu sekam padi dapat menyerap air dalam jumlah banyak (Kaboosi, 2007). Reaktifitas antara silika dalam Abu sekam padi dengan kalsium hidroksida dalam pasta semen dapat berpengaruh dalam peningkatan mutu beton (Harsono, 2002). Habeeb and Fayyadh (2009) melaporkan peningkatan. (Warman, Mulyani, & Sipil, 2015)

Tabel 2.4 Komposisi kimia abu sekam padi

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

Tabel 2.4 Lanjutan komposisi kimia abu sekam padi

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

Sumber: (Hadipramana & Riza, 2016:3)

Tabel 2.5 Daftar hasil penelitian abu sekam padi yang telah dilakukan

No	Nama, Tahun	Jenis Beton	Hasil
1	(purnawan Gunawan, 2014)	Beton Ringan	Modulus Elastisitas 28 hari yaitu 0% 12562,41 Mpa, 0,25% 13383,82 Mpa 0,50% 15513,19 Mpa 0,75% 17017,34 1% 15909,26 Mpa.
2	(Sitorus, Torang, Kardeni, Emilia, Nursyamsi, n.d.)	Beton Normal	Modulus elastisitas 28 hari yaitu 0& 43821 Mpa, 10% 47317 Mpa, 15% 48322 Mpa, 20% 48954 Mpa
3	(Triastuti et al, 2017)	Beton Ringan	Kuat tekan 7 hari 0,84 Mpa-0,92 Mpa 14 hari 1,06 Mpa-1,12 Mpa 28 hari 1,41 Mpa-1,47 Mpa



Gambar 2.6 Abu Sekam.

2.5 Serbuk Cangkang Telur

Konsumsi telur di Sumatera Utara dewasa ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini mendorong produksi telur yang juga ikut meningkat dari tahun ke tahun. Seiring dengan hal itu, jumlah limbah cangkang telur pun turut meningkat yang dimana pemanfaatan limbah cangkang telur belum optimal dan hanya berakhir ditempat sampah.

Menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, produksi telur di Sumatera Utara mencapai angka 143.272,06 ton pada tahun 2017. Namun sebesar 10 % dari telur tersebut merupakan cangkang kulit telur, sehingga dalam setahun di seluruh Sumatera Utara dapat menghasilkan limbah cangkang telur sebanyak 14.327,206 ton cangkang kulit telur pertahun. Limbah cangkang telur tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sehingga hanya menjadi bahan terbuang yang tidak bernilai.

Secara umum struktur cangkang telur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lamelar. Lapisan kutikula merupakan permukaan terluar yang mengandung sejumlah protein. Lapisan spons dan lamelar membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat dalam cangkang telur. Cangkang telur mewakili 11% dari total bobot telur dan tersusun oleh kalsium karbonat (94%), kalsium fosfat (1%), material organik (4%), dan magnesium karbonat (1%).

Kulit telur mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Laca, Laca, & Díaz, 2017). Kulit telur coklat terdiri dari 97,8% kalsium karbonat (CaCO_3) kulit telur putih 98,3 % CaCO_3 (Pliya & Cree, 2015). Selain itu rata-rata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga. Kandungan kalsium yang cukup besar tersebut berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan material pozzolan semen (Pliya & Cree, 2015). Selain dari itu, didapatkan kandungan SiO_2 pada cangkang telur sebesar 0,66 % Kandungan kimia yang terkandung dalam cangkang telur ayam disajikan pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Kandungan Kimia pada Semen dan Cangkang Telur Ayam

Komposisi	Cement	Eggshell
SiO ₂	22,8	0,08
Al ₂ O ₃	6,6	0,04
Fe ₂ O ₃	4,1	0,02
CaO	62,5	53,6
MgO	2,7	0,01
Na ₂ O	0,4	0,13
K ₂ O	0,4	-
SO ₂	2,5	0,61
Others	-	0,62

Terdapat hasil kuat tekan dan kuat lentur dari para peneliti pada Tabel 2.7

Tabel 2.7. Daftar hasil penelitian cangkang telur yang sebelumnya dilakukan

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



Gambar 2.7 Serbuk Cangkang Telur

2.6 Faktor Air Semen (FAS)

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat tergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya (Mulyono,2005).

2.7 Uji *Slump Flow*

Uji *slump* adalah suatu pengukuran yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan, sehingga uji slump dapat menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan atau cukup air. Campuran beton yang terlalu cair akan menghasilkan mutu beton rendah, dan lama mengering, sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak. Uji slump mengacu pada SNI 1972-2008 dan ICS 91.100.30.



Gambar 2.8 Uji Slump Flow

2.8 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang (Murdock & Brook, 1991). Beton tidak memiliki modulus elastisitas yang pasti. Nilainya bervariasi tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik serta perbandingan semen dan agregat (McCormac, 2003). Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM C 469 – 02 digunakan kedalam Pers.2.1

Rumus Modulus Elastisitas kedalam Pers.2.1

$$E_c = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \quad (2.1)$$

Dengan:

E_c = Modulus elastisitas (Mpa)

σ_2 = Tegangan pada 40% tegangan runtuh (Mpa)

σ_1 = Tegangan pada saat nilai kurva regangan ε_1 (Mpa)

ε_1 = Regangan sebesar 0,000050 (kg/cm²)

ε_2 = Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat σ_2



Gambar 2.9 Alat Modulus Elastisitas

2.8. Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan. Kekuatan tekan yang diukur adalah kekuatan tekan pasta, mortarm dan beton terhadap beban yang diberikan. Kuat tekan biasanya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. Kuat tekan (*Compressive Strength*), digunakan untuk mengetahui kekuatan beton ringan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberikan beban hingga runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja.

Rumus Kuat Tekan kedalam Pers.2.2

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

Dimana: f_c = Kuat tekan (N/mm^2)

P = Gaya tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

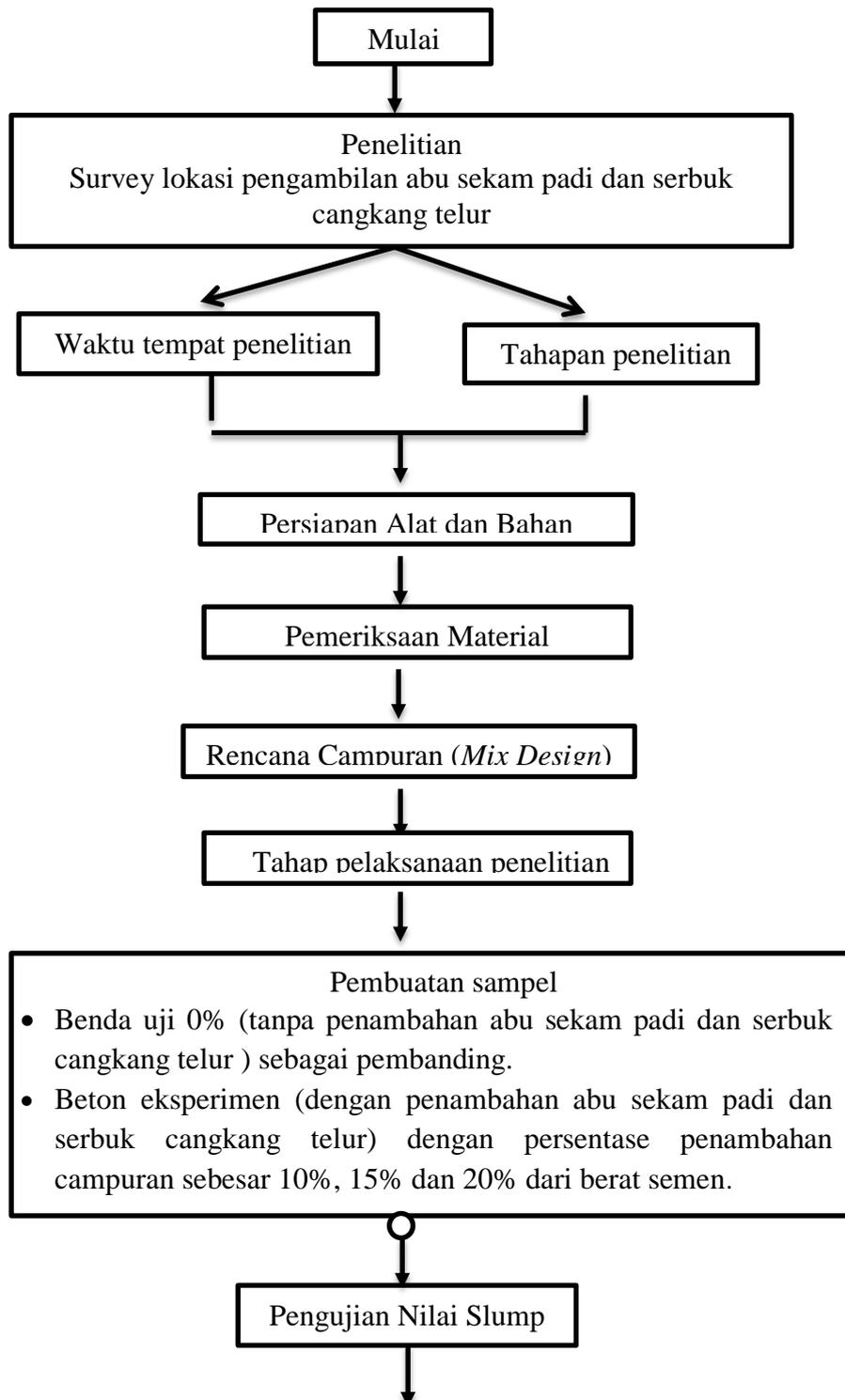


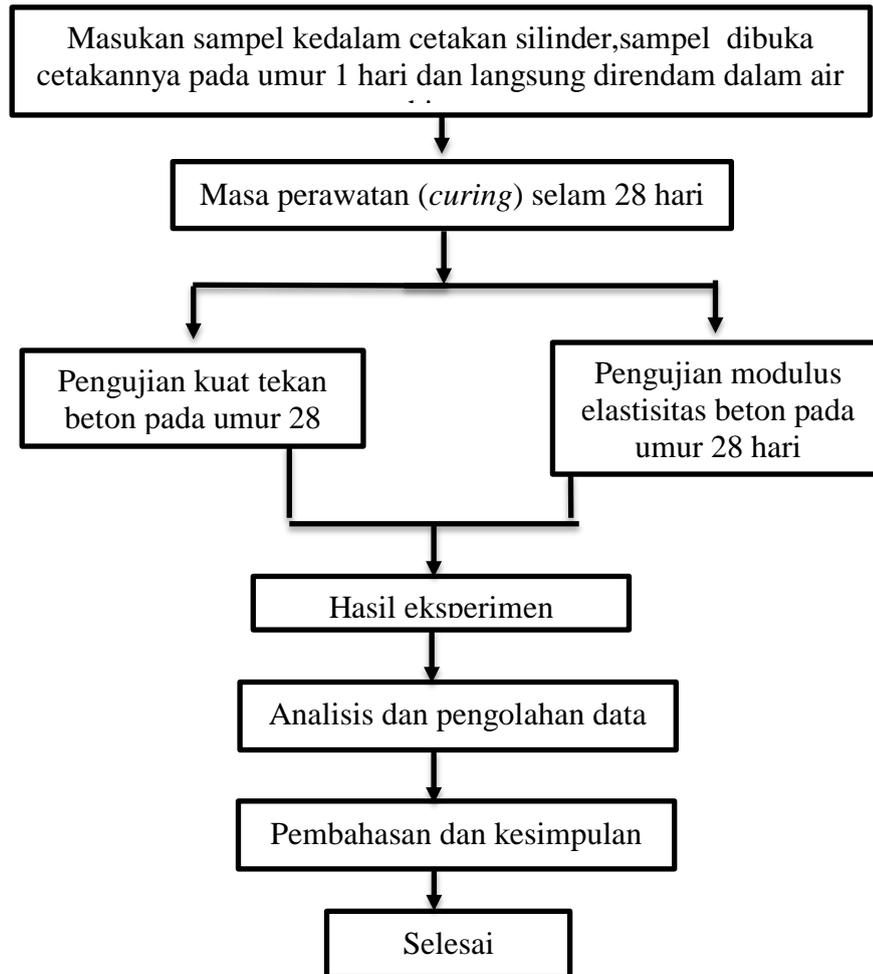
Gambar 2.10 Alat Kuat Tekan

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan dari penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir di bawah ini:





Gambar 3.1 Bagan alir metode penelitian

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah penelitian suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena tertentu dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Metode ini dapat dilakukan di dalam ataupun di luar laboratorium. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Jenis penelitian ini adalah

penelitian eksperimen di laboratorium berupa pengujian beton ringan dengan bahan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 6 bulan yakni mulai bulan Februari 2020 sampai dengan bulan Juni 2020.

3.3 Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Kegiatan penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu:

1. Persiapan
2. Pelaksanaan
3. Penyusunan laporan hasil penelitian.

Pada tahap persiapan, aktivitas yang dilakukan berupa studi literatur, pengumpulan alat dan bahan serta pengurusan izin melakukan penelitian di Laboratorium dari Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada tahap pelaksanaan, aktivitas yang dilakukan berupa menjalankan penelitian sesuai dengan draf rencana kerja penelitian yang telah disusun pada tahap persiapan. Pelaksanaan penelitian diawali dengan:

- a. Tahap 1
Tahap ini melakukan pengumpulan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur serta mempersiapkan bahan dan alat uji penelitian.
- b. Tahap 2
Tahap ini melakukan pengujian bahan yang akan digunakan dengan tujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan.
- c. Tahap 3
Tahap ini melakukan mix design untuk pembuatan silinder beton.
- d. Tahap 4
Tahap ini melakukan penetapan campuran adukan beton, pembuatan adukan beton, pengujian slump (*slump test*), pengecoran ke dalam cetakan silinder, dan perawatan beton selama 28 hari dengan merendam dalam air.
- e. Tahap 5

Tahap ini melakukan pengujian Pemeliharaan serta pengeringan beton ringan mulai dari 7 hari, 14 hari hingga 28 hari berturut-turut.

f. Tahap 6

Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas.

g. Tahap 7

Tahap ini melakukan pengambilan kesimpulan dari hasil analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

3.3.1 Persiapan Alat

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

1. Saringan untuk pasir No.4

Saringan no.4 ini berfungsi sebagai mengayak agregat pasir setelah diayak dimasukkan kedalam plastik kemudian ditimbang pasirnya sesuai dengan hitungan mixdesign yang telah dihitung.



Gambar 3.2 Saringan No.4

2. Saringan untuk Serbuk Cangkang Telur (SCT) No.50 dan saringan untuk Abu Sekam Padi (ASP) No. 100 sebagai ayakan untuk kedua filler setelah diayak dimasukkan kedalam plastic kemudian timbang sesuai dengan perhitungan yang telah di hitung dalam mixdesign.



(a) Saringan No.50



(b) Saringan No.100

Gambar 3.3 (a) Saringan no.50 dan (b) Saringan no.100

3. Oven

Oven sebagai pengering serbuk cangkang telur sebelum pengeringan dibersihkan terlebih dahulu kemudian masukkan serbuk cangkang telur kedalam wadah kemudian keringkan hingga beberapa menit. dan untuk sebagai pengeringan pengujian berat jenis abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.



Gambar 3.4 Oven

4. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi sebagai menimbang segala bahan penelitian yang diperlukan seperti menimbang abu sekam padi, serbuk cangkang telur, pasir, semen, kemudian timbang masing-masing sesuai dengan mix design yang telah diperhitungkan.



Gambar 3.5 Timbangan digital

5. Ember

Ember berfungsi sebagai tempat pengisian air yaitu guna untuk menuangkan air kedalam ember sesuai dengan takaran air yang telah diperhitungkan dalam *mix design*.



Gambar 3.6 Ember

6. Cetakan benda uji berbentuk silinder

Cetakan benda uji berbentuk silinder berfungsi sebagai tempat wadah abu sekam padi,serbuk cangkang telur,pasir,semen, yang telah diadon kedalam mixdesign kemudian masukkan bahan-bahan tersebut yang telah diadon kedalam cetakan yang brbentuk silinder tersebut.



Gambar 3.7 Cetakan benda uji silinder

7. Sekop tangan

Sekop tangan berfungsi sebagai memasukkan bahan penelitian kedalam cetakan silinder agar mempermudah pengerjaan dalam hal apapun didalam penelitian tersebut.



Gambar 3.8 Sekop tangan

8. Piknometer

Piknometer berfungsi sebagai wadah untuk melakukan penelitian pertama masukkan abu sekam padi atau serbuk cangkang telur atau pasir kedalam piknometer kemudian timbang bersamaan setelah itu masukkan air kedalam piknometer kemudian goyang-goyangkan sampai udara Nampak keluar kemudian beri air kembali lagi sampai line akhir setelah itu keluarkan air dari piknometer.



Gambar 3.9 Piknometer

9. Pan

Pan berfungsi sebagai tempat menjemurnya pasir tuang terlebih dahulu pasir kedalam pan kemudian jemurlah pasir agar SSD.



Gambar 3.10 Pan

10. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi sebagai tempat pengukuran air dimana hitung terlebih dahulu seberapa banyak air yang diperlukan dalam penelitian tersebut kemudian tuangkan air kedalam gelas ukur tersebut.



Gambar 3.11 Gelas ukur

11. Plastik 10 kg

Plastik 10 kg berfungsi sebagai wadah untuk mempermudah tempat bahan-bahan penelitian seperti abu sekam padi,serbuk cangkang telur,semen,pasir agar mempermudah pada saat penimbangan kedalam timbangan digital.



Gambar 3.12 Plastik 10 kg

12. Kuas

Kuas berfungsi sebagai mengoleskan vaselin kedalam cetakan silinder sebelum melakukan pengolesan terlebih dahulu bersihkan cetakan berbentuk silinder kemudian setelah bersih oleskan kedalam cetakan sampai merata agar pada saat pembukaan benda uji yang telah dimasukkan agar tidak susah dalam pembukaan atau tidak lengket atau tersisa.



Gambar 3.13 Kuas

13. Mesin pengaduk beton (molen)

Mesin pengaduk beton (molen) berfungsi sebagai tempat mix design hidupan terlebih dahulu tombol on kemudian masukkan terlebih dahulu semen, pasir, serbuk cangkang telur, abu sekam padi sambil diputar kemudian masukkan air kedalam molen secara sedikit demi sedikit kemudian setelah tercampur masukkan foam agent kemudian setelah itu masukkan sika sedikit setelah itu matikan mesin.



Gambar 3.14 Mesin pengaduk beton

14. Mesin pengaduk *foam agent* (bor)

Mesin pengaduk *foam agent* (bor) berfungsi sebagai pengaduk foam agent sebelumnya masukkan foam agent kedalam wadah yang telah ditentukan ukurannya berapa ml agar mesin pengaduk foam agent ini agar mempermudah pengembangan yang terjadi.



Gambar 3.15 Mesin pengaduk *foam agent*

15. Alat pengujian beton:
 - 1) *Digital Compression Machine Test*
 - 2) *Mesin Modulus Elastisitas Test*

3.3.2 Persiapan Bahan Penyusun Benda Uji

Persiapan bahan yang digunakan, yaitu:

1. Semen
Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang akan digunakan semen *Portland*. penggunaan semen Portland mengacu kestandart ASTM maka standart yang digunakan adalah ASTM C 595 atau pada SNI standart yang digunakan adalah SNI 15 7064. Semen Portland yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen bermerek “Andalas”
2. Agregat Halus (Pasir)
Agregat Pasir yang digunakan adalah pasir yang berada di daerah binjai dan pasir yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pasir silika, Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari 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. Air
Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Unuversits Muhammadiyah Sumater Utara, secara visual air tampak jernih,air diperlukan dalam pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikat dan berlangsungnya pengerasan,untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan di padatkan (SNI 03-2847-2002)
4. Abu Sekam Padi
Abu Sekam Padi yang di gunakan diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.
5. Serbuk Cangkang Telur

Serbuk Cangkang Telur yang digunakan diambil dari pedagang-pedagang makanan kaki lima dan industri roti disekitaran kota Medan.

Langkah awal yang dilakukan dalam membuat serbuk cangkang telur yaitu:

- a. Menjemur cangkang telur di bawah sinar matahari.
- b. Menghaluskan cangkang telur hingga menjadi serbuk.
- c. Menyaring cangkang telur yang telah dihaluskan dengan saringan no. 50.

6. *Foam Agent* dan *Superplastisizer*

Foam agent, dan *superplastisizer* dibeli di toko-toko terdekat Standart yang digunakan pada foaming agent adalah ASTM C 869.foam agent yang direncanakan akan digunakan pada penelitian ini adalah Amphitol 20B (CAPB) Agl-chemicals.dan standart yang digunakan pada superplastisizer adalah ASTM C 494. Superplastisizer yang direncanakan pada penelitian ini adalah sika visconcrete 3115N.

3.3.3 Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan:

1. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu sekam padi, serbuk cangkang telur, semen dan pasir.
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, dan serbuk cangkang telur.
5. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air dan bahan tambah berupa *superplastisizer* (sika) ke dalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
7. Menimbang berat adonan beton ringan pada wadah dengan ukuran 1 liter guna memantau berat volume benda uji.
8. Mencatat nilai berat volume benda uji tersebut.

9. Mengembalikan adonan yang ditimbang kedalam *mixer* lalu menyalakan kembali *mixernya*.
10. Memompa *foam generator* yang berisi campuran air dan *foam agent* dengan perbandingan 1:40 hingga menghasilkan busa yang stabil (tidak mudah pecah dan memiliki plastisitas tinggi).
11. Memasukkan busa *foam agent* kedalam adonan beton ringan yang berada didalam *mixer*.
12. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.
13. Menimbang kembali berat adonan beton ringan pada wadah dengan ukuran 1 liter guna memantau berat volume benda uji hingga di peroleh berat volume benda uji yang diinginkan dari pemakaian *foam agent*.
14. Menuangkan adonan beton ringan kedalam pan.
15. Mengisi cetakan (bekisting) dengan adonan beton ringan secara bertahap hingga penuh dan rata.
16. Meratakan permukaan adonan beton ringan pada cetakan dengan sendok spesi.
17. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton ringan mengeras dengan sendirinya.
18. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan beton ringan hingga benar-benar mengering.
19. Setelah cukup kering, merendam beton ringan kedalam air selama umur rencana, yaitu 28 hari.
20. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test* dan pengujian tegangan dan regangan dengan menggunakan mesin *modulus elastisitas plastic*

3.4. Metode Penelitian

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

1. Variasi 0% (Normal)
Variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

2. Variasi 10%

Semen dikurangi sebesar 10% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 5% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen.

3. Variasi 15%

Semen dikurangi sebesar 15% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 10% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen.

4. Variasi 20%

Semen dikurangi sebesar 20% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 15% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen.

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

3.5 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat yaitu agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

Dimana Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat volume pasir
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ASP
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan SCT

3.5.1. 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. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa. Dari 2 data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing, Maka didapatlah persentase kadar air 2,25 %.

Tabel 3.1: Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

Pengujian	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan wadah	683	684	684
Berat contoh SSD	500	500	500
Berat contoh kering oven & wadah	672	673	673
Berat wadah	183	184	184
Berat air	11	11	11
Berat contoh kering	486	489	488
Kadar air	2,26	2,24	2,25

3.5.2 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 cara pengerjaan pada kadar lumpur:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.

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

Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	477	475	476
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	23	25	24
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	4,6	4,8	4,7

Berdasarkan Tabel 3.2 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 contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 4,6%, dan sampel kedua sebesar 4,8%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4,7%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu $< 5\%$.

3.5.3 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 cara pengerjaan berat jenis dan penyerapan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
5. Membuang air dari piknometer.
6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
7. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
10. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering $<$ Berat Jenis SSD $<$ Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,50 \text{ gr/cm}^3 < 2,55 \text{ gr/cm}^3 < 2,62 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,83%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

Tabel 3.3: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh	500	500	500

Tabel 3.3: *Lanjutan* data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan	491	491	492
Berat piknometer penuh air	685	700	698
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air	986	1007	1001
Berat jenis contoh kering ($E/(B+D-C)$)	2,46	2,54	2,50
Berat jenis contoh SSD ($B/(B+D-C)$)	2,51	2,60	2,55
Berat jenis contoh semu ($E/(E+D-C)$)	2,58	2,66	2,62
Penyerapan ($(B-E)/E \times 100\%$)	1,83	1,83	1,83

3.5.4 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Sekam Padi

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 1,51 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu $Dry < SSD < Semu$ dengan nilai $1,31 < 1,51 < 1,65$ dan penyerapan rata-rata sebesar 0,13%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorsi yang baik adalah dibawah 2% dari nilai absorsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi.

Lolos ayakan No.100	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	100	100	100	100
Berat contoh SSD kering oven (110 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	76	90	95	87
Berat Piknometer penuh air (D)	700	693	695	696
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	734	725	731	730
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	1,15	1,32	1,48	1,31

Tabel 3.4: *Lanjutan* data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi.

Berat jenis contoh SSD $B / (B + D - C)$	1,51	1,47	1,56	1,51
Berat jenis contoh semu $E / (E + D - C)$	1,80	1,55	1,61	1,65
Penyerapan (<i>Absorbition</i>) $[(B - E) / B] \times 100 \%$	0,24	0,1	0,05	0,13

3.5.5. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

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 1,28 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu $Dry < SSD < Semu$ dengan nilai $1,17 < 1,28 < 1,31$ dan penyerapan rata-rata sebesar 0,083 %. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorsi yang baik adalah dibawah 2% dari nilai absorsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur.

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

Tabel 3.5: *Lanjutan* data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur.

Penyerapan (<i>Absorbition</i>) [(B – E) / B] x 100 %	0,09	0,055	0,105	0,083
--	------	-------	-------	-------

3.6 Rencana Campuran (Mix Design)

Pada penelitian ini dengan menggunakan sampel beton ringan menggunakan bahan tambahserbuk cangkang telur serta abu sekam padi sebagai bahan alternatif menggantikan semen sebagian sebanyak 12 sampel yang diuji dengan pembagian kadar abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yang berbeda-beda. Pada benda uji ini dibuat dengan adanya menambahkan variasi-variasi pada bahan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%, Digunakan rasio 1:2 untuk semen dan pasir, sedangkan untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,55 dan untuk campuran pada *foam agent* dan air digunakan rasio 1:40.

Pada hal ini menentukan nilai persentase atau komposisi masing-masing pada komponen material pembentuk beton ringan 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.

Perencanaan campuran beton untuk penelitian ini menggunakan Standart Nasional Indonesia (SNI 03-3449-2002) tentang “Tata Cara Pembuatan Beton Ringan”.

Pada penelitian ini rencana campuran yang digunakan atas 4 variasi sebagai berikut :

Tabel 3.6 Variasi campuran Beton

Sesi	Variasi	Serbuk Cangkang Telur	Abu Sekam Padi	Jumlah Sampel (28 hari)
1	0%	0%	0%	3
2	10%	5%	5%	3
3	15%	5%	10%	3
4	20%	5%	15%	3

3.7 Pembuatan Benda Uji

Menggunakan standart SNI 03-2824-2002 Tata cara pembuatan campuran

beton benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 30 x 15 cm berjumlah 12 sampel. Masing-masing sampel memiliki umur rencana 28 hari dan memiliki 3 sampel setiap variasinya yang dapat dilihat pada tabel berikut : Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standart SNI 03-2824-2002 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. Dengan campuran serbuk cangkang telur, dan abu sekam padi yang sudah direncanakan. .

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, dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Jumlah semua sampel yang akan dibuat

Variasi Beton Ringan	Uji kuat tekan	Modulus Elastisitas
	28 hari	28 hari
Normal (0% campuran ASP, SCT	3	3
Variasi I (10%) 5% ASP dan 5% SCT (dari semen)	3	3
Variasi II (15%) 10% ASP dan 5% SCT (dari semen)	3	3
Variasi III (20%) 15% ASP dan 5% SCT (dari semen)	3	3
Jumlah benda uji	12	12

3.8 Pengujian *Slump Flow*

ASTM C 1611 “Metode Pengujian *Slump Flow* Pada Benda Uji SCC (*Self Consolidating Concrete*)”. Pengujian *slump flow* dapat dilakukan dengan menggunakan J-Ring Test. Pengujian *slump flow* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

3.9 Pemeliharaan/Perawatan (*Curing*) 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 kuat lentur, benda uji direndam selama 28 hari.
- 3) Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.10 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan lebih mengacu pada ASTM C 495 “Metode Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji Isolasi Ringan.” Kuat tekan biasanya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. Kuat tekan (*Compressive Strength*), digunakan untuk mengetahui kekuatan beton ringan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberikan beban hingga runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja.

Rumus Kuat Tekan kedalam Pers.3.1

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

Dimana: f_c = Kuat tekan (N/mm^2)

P = Gaya tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

3.11 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas lebih mengacu pada ASTM C 469-02 “Metode Pengujian Modulus Elastisitas Pada Benda Uji”. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara besarnya tegangan pada suatu regangan. Modulus elastisitas beton tidak pasti dan nilainya tergantung pada kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik serta perbandingan antara semen dan agregat.

Untuk menghitung nilai tegangan dan regangan terdapat dalam rumus sebagai berikut: Rumus Tegangan

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

Dimana : σ = tegangan (Mpa)

P = beban yang diberikan (N)

A = luas penampang (mm^2)

Rumus Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 10^{-3} \quad (3.3)$$

Dimana : ΔL = penurunan arah longitudinal

L = tinggi beton relative

10^{-3} = konversi d=satuan dial extensometer dari inchi ke mm

3.12 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai klasifikasi yang diuji di laboratorium. Benda uji dibuat dengan menambahkan variasi campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 10%, 15% dan 20 % Digunakan rasio 1:2 untuk semen dan pasir, 0,55 untuk nilai rasio air-semen atau lebih dikenal dengan FAS, dan 1:40 untuk campuran *foam agent* dan air.

Data dikumpulkan berdasarkan pengujian yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Mulai dari data pengujian berat jenis dan penyerapan sampel pasir, sampel abu sekam padi, sampel serbuk cangkang telur, serta sampel semen, dan pengujian modulus elastisitas dan kuat tekan. Setelah itu, dilakukan analisis pada temuan-temuan data –data tersebut.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dilakukan dengan jenis data yang diambil sebagai berikut.

3.13 Metode Tes

Berat volume adalah pengukuran berat setiap satuan volume benda. Semakin tinggi berat volume benda maka makin rendah porositasnya. Berat volume dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat Volume (Bv)} = \frac{w}{V} \quad (3.4)$$

Dimana: Bv = Berat volume benda uji (gram/cm^3)

w = Berat benda uji (gram)

V = Volume benda uji (cm³)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.1 dibawah ini tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*).

Tabel 4.1 : Data-data hasil tes dasar

No	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat halus	2,55 gr/cm ³
2.	Kadar lumpur agregat halus	4,7 gr/cm ³
3.	Kadar air agregat halus	2,25 %
4.	Penyerapan agregat halus	1,83 %
5.	Berat jenis abu sekam padi	1,51 gr/cm ³
6.	Berat jenis serbuk cangkang telur	1,28 gr/cm ³
7.	Penyerapan abu sekam padi	0,13 %
8.	Penyerapan serbuk cangkang telur	0,083 %
9.	Nilai <i>slump</i> rencana	600-750 mm

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan sampel pada tiap-tiap variasi, dimana tiap variasi nya memiliki 3 sampel yang di cetak. Jumlah campuran yang dibutuhkan untuk membuat 3 sampel dalam satu kali *mix* dapat dilihat pada Tabel 4.2, yaitu:

Tabel 4.2 Data-data serbuk cangkang telur dan abu sekam padi terganti

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Abu Sekam Padi	Serbuk Cangkang Telur
0%	8,482	0	0	0
10%	7,634	0,848	0,424	0,424
15%	7,210	1,272	0,848	0,424
20%	6,786	1,696	1,272	0,424

Dari data tabel diatas dapat dilihat rincian sebagai berikut ini :

$$\text{Benda Uji Silinder} = 0,0053 \text{ m}^3$$

$$4V = 0,0053 \times 4$$

$$= 0,0212 \text{ m}^3$$

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

Untuk mencari serbuk cangkang telur dan abu sekam padi sebagai semen terganti yaitu sebagai berikut :

1. Variasi 10%

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen terganti} &= \text{Berat isi rencana x campuran 10\%} \\ &= 8,482 \text{ kg x 10\%} \\ &= 0,848 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen 10\%} &= \text{Berat isi rencana - semen terganti} \\ &= 8,482 \text{ kg} - 0,848 \\ &= 7,634 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Variasi 15%

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen terganti} &= \text{Berat isi rencana x campuran 15\%} \\ &= 8,482 \text{ kg x 15\%} \\ &= 1,272 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen 15\%} &= \text{Berat isi rencana - semen terganti} \\ &= 8,482 \text{ kg} - 1,272 \text{ kg} \\ &= 7,210 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Variasi 20%

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen terganti} &= \text{Berat isi rencana x campuran 20 \%} \\ &= 8,482 \text{ kg x 20 \%} \end{aligned}$$

$$= 1,696 \text{ kg}$$

Untuk mencari semen 20% = Berat isi rencana – semen terganti

$$= 8,482 \text{ kg} - 1,696 \text{ kg}$$

$$= 6,786 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan campuran yang dilakukan dalam 1 kali mix pada sampel tekan dengan 3 variasi dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3 Bahan campuran beton untuk 1 kali *mix* (3 sampel)

Uraian		Variasi			
		0%	10%	15%	20%
Semen (kg)		8,482	7,634	7,210	6,786
Pasir (kg)		16,964	16,964	16,964	16,964
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
<i>Filler</i>	ASP (kg)	0	0,424	0,848	1,272
	SCT (kg)	0	0,424	0,424	0,424

Dari data Tabel 4.3 diatas dapat dilihat dari rincian berikut ini :

1. Normal (0%)

a) Berat semen (kg) = 1 bagian = 8,482 kg

b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian = 2 x 8,482
= 16,964 kg

c) Air (L) = Semen x 0,55 = 8,482 x 0,55
= 4,665 L

d) F/A (ml) = 1:40 = 21,2 *foam agent*

Untuk air = 21,2 x 40 = 848 air

e) Sika (ml) = 2 % x semen = 2% x 8,482
= 17 ml

f) ASP (kg) = 0 % x semen = 0 % x 8,482
= 0 kg

g) SCT (kg) = 0 % x semen = 0 % x 8,482
= 0 kg

2. Variasi 10%

a) Berat semen (kg) = berat isi rencana – semen terganti
= 8,482 – 0,848

= 7,634 kg

b) Berat Pasir (kg) = 2 x 8,482

= 16,964 kg

c) Air (L) = Semen x 0,55

= 7,634 x 0,55

= 4,198 L

d) F/A (ml) = 1:40

= 21,2 *foam agent*

Untuk air = 21,2 x 40

= 848 air

e) Sika (ml) = 2 % x semen

= 2% x 7,634

= 15,2 ml

f) ASP (kg) = 5 % x semen

= 5 % x 7,634

= 0,424 kg

g) SCT (kg) = 5 % x semen

= 5 % x 7,634

= 0,424 kg

3. Variasi 15%

a) Berat semen (kg) = berat isi rencana – semen terganti
= 8,482 – 1,272 kg

= 7,210 kg

h) Berat Pasir (kg) = 2 x 8,482

= 16,964 kg

b) Air (L) = Semen x 0,55

$$= 7,210 \times 0,55$$

$$= 3,965 \text{ L}$$

c) F/A (ml) = 1:40
= 21,2 *foam agent*

Untuk air = 21,2 x 40
= 848 air

d) Sika (ml) = 2 % x semen
= 2% x 7,210
= 14,4 ml

e) ASP (kg) = 10% x semen
= 10% x 7,210
= 0,848 kg

f) SCT (kg) = 5% x semen
= 5% x 7,210
= 0,424 kg

4. Variasi 20%

a) Berat semen (kg) = berat isi rencana – semen terganti
= 8,482 – 1,696 kg
= 6,786 kg

b) Berat Pasir (kg) = 2 x 8,482
= 16,964 kg

c) Air (L) = Semen x 0,55
= 6,786 x 0,55
= 3,732 L

d) F/A (ml) = 1:40
= 21,2 *foam agent*

Untuk air = 21,2 x 40
= 848 air

$$\begin{aligned}
\text{e) Sika (ml)} &= 2 \% \times \text{semen} \\
&= 2\% \times 6,786 \\
&= 13,5 \text{ ml} \\
\text{f) ASP (kg)} &= 15 \% \times \text{semen} \\
&= 15\% \times 6,786 \\
&= 1,272 \text{ kg} \\
\text{g) SCT (kg)} &= 5\% \times \text{semen} \\
&= 5\% \times 6,786 \\
&= 0,424 \text{ kg}
\end{aligned}$$

4.2. Hasil Uji *Slump Flow*

ASTM C 1611 “Metode Pengujian *Slump Flow* Pada Benda Uji SCC (*Self Consolidating Concrete*)”. Pengujian *slump flow* dapat dilakukan dengan menggunakan J-Ring Test. Pengujian *slump flow* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Nilai *slump flow* minimum 600 mm dan maksimum 750 mm.

1. Hasil *Slump Flow* Kuat Tekan

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

$$\begin{aligned}
\text{SF Variasi 10\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\
&= \frac{690 + 720}{2} \\
&= 705 \text{ mm} = 70,5 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{SF Variasi 15\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\
&= \frac{700 + 730}{2}
\end{aligned}$$

$$= 715 \text{ mm} = 71,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 20\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{620 + 640}{2} \\ &= 630 \text{ mm} = 63,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Hasil *Slump Flow* Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned} \text{SF Normal} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{700 + 720}{2} \\ &= 710 \text{ mm} = 71,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 10\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{680 + 710}{2} \\ &= 695 \text{ mm} = 69,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 15\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{630 + 650}{2} \\ &= 640 \text{ mm} = 64,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 20\%} &= \frac{D1+D2}{2} \\ &= \frac{650 + 670}{2} (650 + 670) / 2 \\ &= 660 \text{ mm} = 66,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.3 Hasil Kuat Tekan Beton Ringan

Uji kuat tekan beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat tekan beton ringan (f_c'). Sampel penelitian yang dibuat untuk melakukan pengujian sebanyak 3 sampel di tiap variasi dengan umur rencana 28

hari. Pada pengujian ini terdapat 12 sampel beton ringan, 3 sampel untuk beton ringan normal, dan sebanyak 9 sampel beton untuk total ketiga variasi dengan cetakan berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dimana, setiap variasinya menggunakan *filler* abu sekam padi, serbuk cangkang telur.



Gambar 4.1 Keretakan silinder setelah pengujian kuat tekan

Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada Tabel 4.4, sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data hasil pengujian kuat tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	Berat Beton		Umur Rencana	Beban Tekan Beton f_c' (KN)
			Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman		
1	Normal (0%)		8,772	8,691	28 Hari	142,2
2	0%	0%	8,370	8,350		100,5
3			8,606	8,712		135,4
1	Variasi I (10%)		8,537	8,650	28 Hari	61,2
2	5%	5%	8,668	9,110		111,7
3			9,037	8,691		87,7
1	Variasi II (15%)		8,462	8,700	28 Hari	82,1
2	10%	5%	8,427	8,610		81,3
3			8,235	8,370		109,7
1	Variasi III (20%)		7,994	8,320	28 Hari	62,8
2	15%	5%	8,212	8,460		57,8
3			8,135	8,140		77,3

Berdasarkan Tabel 4.4 maka didapatkan hasil nilai rata-rata dari kuat tekan yang dirincikan kedalam Tabel 4.5 sebagai berikut.

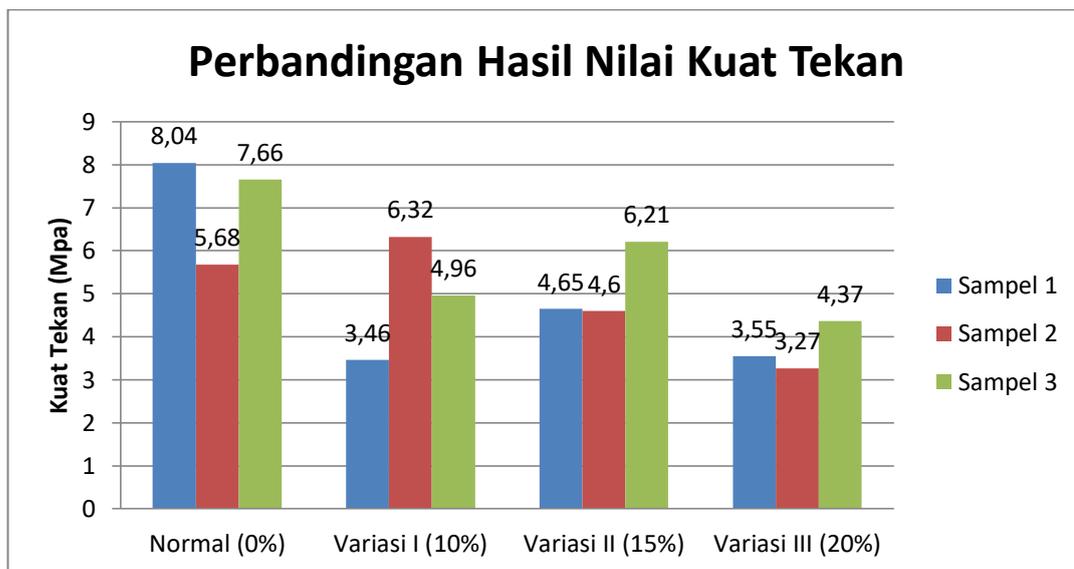
Tabel 4.5 Rata-rata kuat tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	Kuat Tekan Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	8,04
2			5,68

Tabel 4.5 Lanjutan rata-rata kuat tekan beton ringan

3	0%	0%	7,66
Rata-Rata			7,13
1	5%	5%	3,46
2			6,32
3			4,96
Rata-Rata			4,91
1	10%	5%	4,65
2			4,60
3			6,21
Rata-Rata			5,15
1	15%	5%	3,55
2			3,27
3			4,37
Rata-Rata			3,73

Dari tabel diatas hasil kuat tekan rata-rata yang terbesar yaitu berada di 0 % sebesar 7,13 Mpa sesuai dengan sumber : Ringkasan (J Francis Young, 1972; hal 242) menyatakan kepadatan beton ringan berat isi suatu beton ringan 1100-1600 kg/m³ kuat tekan beton sekitar 7-14 Mpa.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan

4.3 Hasil Modulus Elastisitas Beton Ringan

Uji modulus elastisitas beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui 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, dan serbuk cangkang telur.



Gambar 4.3 Gambar keretakan silinder setelah pengujian modulus elastisitas

Maka hasil pengujian modulus elastisitas tersebut dituangkan pada Tabel 4.6, sebagai berikut :

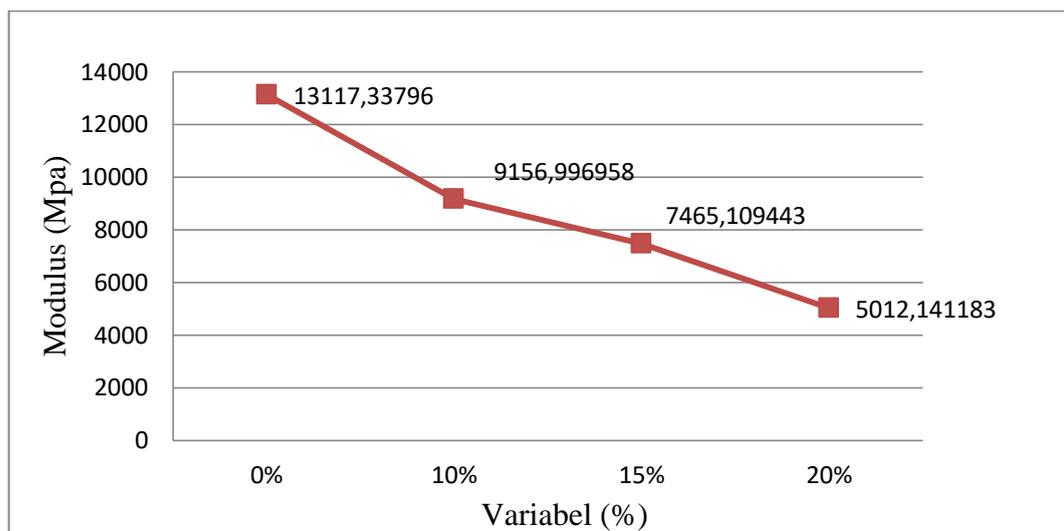
Tabel 4.6 Data hasil pengujian modulus elastisitas

Sampel	ASP	SCT	Berat Beban (gr)		Umur	Fc'(Mpa)	σ_1	σ_2	ϵ_1	ϵ_2	ME
			Sebelum	Sesudah							
1	0%	0%	8875	8830	28 Hari	50	0,708	1,497	0,00005	0,00010576	14154,28167
2			8831	8375		55,5	0,607	1,257		0,00010366	12132,24143
3			8113	8102		77,9	0,653	1,764		0,000135027	13065,49077
1	5%	5%	7960	7874	28 Hari	61,4	0,653	1,132	0,00005	0,000106427	8490,099155
2			7674	7515		38,05	0,484	0,904		0,000093333	9681,528662
3			6998	6859		21,87	0,465	0,496		0,000053333	9299,363057
1	10%	5%	8000	7730	28 Hari	29,2	0,413	0,661	0,00005	0,000080000	8266,100495
2			7863	7772		27,45	0,343	0,622		0,000090667	6856,50562
3			7363	7161		23,55	0,364	0,533		0,000073333	7272,727273
1	15%	5%	7507	7271	28 Hari	21,05	0,210	0,516	0,00005	0,000120133	4206,31947
2			7242	7021		20,35	0,266	0,461		0,000086666	5327,654744
3			6925	6757		17,85	0,276	0,404		0,000073333	5512,449334

Berdasarkan Tabel 4.6 maka didapatkan hasil nilai rata-rata dari modulus elastisitas yang dirincikan kedalam Tabel 4.7 sebagai berikut.

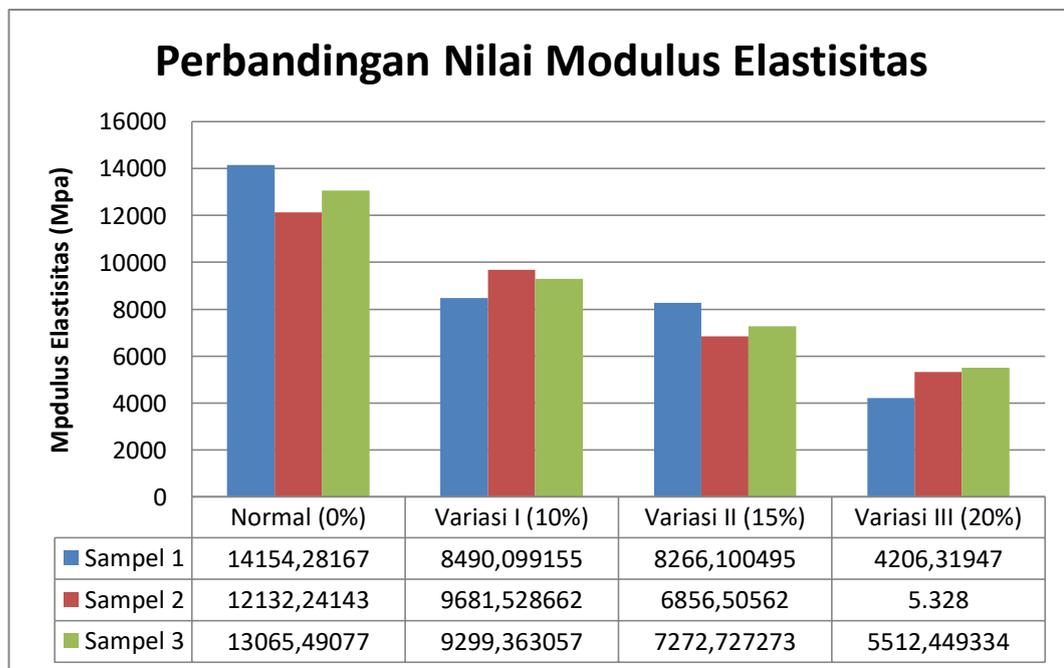
Tabel 4.7 Rata-rata nilai modulus elastisitas beton ringan

Sampel	% ASP	%SCT	Hasil Rata-Rata ME (Mpa)
1	0%	0%	14154,281
2			12132,241
3			13065,490
Rata-Rata			13117,337
1	5%	5%	8490,099
2			9681,528
3			9299,363
Rata-Rata			9156,996
1	10%	5%	8266,100495
2	10%		6856,50562
3			7272,727273
Rata-Rata			7465,109443
1	15%	5%	4206,31947
2			5327,654744
3			5512,449334
Rata-Rata			5012,141183



Gambar 4.3 grafik Hubungan persentase abu sekam padi dan serbuk cangkang telur terhadap modulus elastisitas rata-rata beton

Dari gambar 4.3 grafik menunjukkan nilai modulus elastisitas rata-rata beton menurun disebabkan pemakaian substitusi abu sekam padi dan serbuk cangkang telur pada beton. Dimana bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dan silika (SiO) dimana hasil yang didapat dari fenomena penelitian sebelumnya bahwa komposisi kimia semen yaitu bahan CaO kadarnya sebesar 60-67 nah dimana serbuk cangkang telur adalah salah satu filler yang digunakan didalam penelitian ini dimana serbuk cangkang telur ini kandungan komposisinya adalah kapur nah kapur tersebut memiliki kadar sebesar 60-67 tetapi nilai persentase yang kami gunakan untuk serbuk cangkang telur yaitu konstan sebesar 5% sedangkan di abu sekam padi bahannya silika yang dimana kadarnya yaitu 17-25 sedangkan didalam penelitian ini abu sekam padi persentasenya lebih besar dibandingkan serbuk cangkang telur maka dari itu terjadilah Modulus elastisitas rata-rata beton normal sebesar 13117 Mpa, sedangkan untuk substitusi di 20%, modulus elastisitasnya rata-rata sebesar 5012 Mpa. Hal ini sesuai dengan perolehan kuat tekan beton, dimana kuat tekan beton akan menurun seiring pemakaian substitusi abu sekam padi dan serbuk cangkang telur pada beton. Beton pada kuat tekan rendah akan menghasilkan regangan longitudinal yang besar sehingga modulus elastisitas menjadi rendah dan sebaliknya.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai modulus elastisitas

Dari gambar 4.4 grafik menunjukkan bahwa persentase modulus elastisitas yang terbesar berada di 0% yaitu 14154,28167 Mpa dan modulus elastisitas yang terkecil berada di 20% yaitu 4206,31947 Mpa. Maka dari itu hasil grafik diatas menunjukkan makin bertambahnya persentase terhadap filler abu sekam padi dan serbuk cangkang telur maka hasil nilai modulus elastisitasnya ternyata menurun.

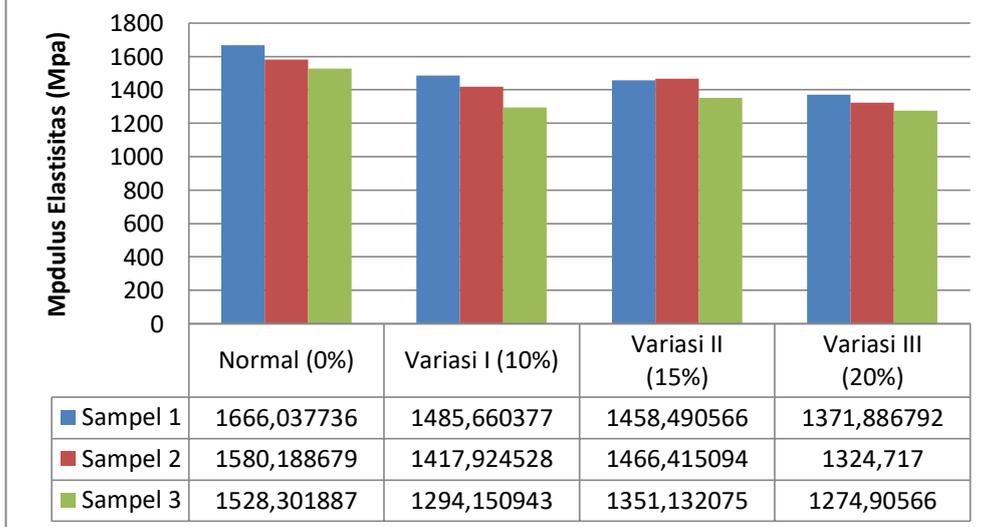
4.4 Metode Tes/Berat Jenis

Berat jenis beton diperoleh dengan cara membagi berat benda uji dengan volume benda uji, ditunjukkan pada persamaan 3.4. berat benda uji diperoleh dengan cara menimbang benda uji dengan alat timbangan digital, kemudian hasil dicatat. Volume benda uji didapat dengan menggunakan rumus menghitung volume silinder, didapat volumenya sebesar 5298,75 cm³ (0,0053 m³). hasil penimbangan dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 berat jenis beton ringan

Variasi	Benda uji	Diameter (cm)	Panjang (cm)	Volume (m ³)	Berat kering (kg)	Berat jenis (kg/m ³)
0%	1	15	30	0,0053	8,830	1666,03
	2	15	30	0,0053	8,375	1580,18
	3	15	30	0,0053	8,100	1528,30
10%	1	15	30	0,0053	7,874	1486,66
	2	15	30	0,0053	7,515	1417,92
	3	15	30	0,0053	6,859	1294,15
15%	1	15	30	0,0053	7,730	1458,49
	2	15	30	0,0053	7,772	1466,41
	3	15	30	0,0053	7,161	1351,13
20%	1	15	30	0,0053	7,271	1371,88
	2	15	30	0,0053	7,021	1324,71
	3	15	30	0,0053	6,757	1274,90

Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas



Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa berat jenis beton ringan yang menggunakan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur untuk variasi 0%, 10%, 15%, 20% (beton ringan) menunjukkan bahwa berat jenis rencana yang ditetapkan memenuhi syarat yang dimana terdapat dalam SNI 03-3449-2002 bahwa berat jenis beton ringan 1100-1900 kg/m³

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1. Kesimpulan

1. Nilai kuat tekan dan modulus elastisitas optimum terjadi pada variasi 0% tanpa penggunaan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yaitu sebesar 7,13 Mpa untuk kuat tekan sedangkan untuk sampel modulus elastisitas 13117,337 Mpa.
2. Modulus elastisitas beton ringan dengan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai pengganti semen dengan variasi 10%,15%,20% mengalami penurunan sebesar 1691,8 Mpa – 2452,9 Mpa.

5.2. Saran

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

1. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut dalam perbaikan pada campuran beton guna menaikkan kekuatan beton ringan dengan filer abu sekam padi serta menambahkan variasi dimensi benda uji, dan menambah variasi dari jumlah benda uji.
2. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna mendapatkan sifat-sifat mekanik beton lainnya.
4. Diharapkan adanya perlu dilakukan penelitian dengan interval yang lebih bervariasi lagi agar mendapatkan hasil yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Warman, H., Mulyani, R., & Sipil, J. T. (2015). “ abu sekam padi ”dengan proporsi campuran.
- 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>
- Ratnaningsih, A., Badriani, R. E., & Arifin, S. (2014). Ringan Non Struktural Terhadap Nilai Penyerapan Dan Nilai Kuat Tekan Beton Campuran Semen , Kulit Kopi , Dan Nilai Kuat Tekan Beton Campuran Semen, Kulit Kopi, dan Flyash. *Simposium Nasional RAPI XIII*, 50–56.
- Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Gunawan, P., Prayitno, S., & Cahyadi, A. (2013). *Pengaruh Penambahan Serat Galvalum Az 150 Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Modulus Elastisitas, Kuat Tarik Dan Kuat Tekan*. 2(September), 213–220.
- 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.
- Purnawan Gunawan, Slamet Prayitno, W. A. (2015). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Ringan Dengan*. (September), 611–619.
- 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>
- Sinulingga, K. (2014). *Abu Boyler Kelapa Sawit Terhadap Efisiensi*. 1(1).
- Soentpiet, B. J., Wallah, S. E., & Manalip, H. (2018). Modulus Elastisitas Beton Geopolymer. *Jurnal Sipil Statik*, 6(7), 517–526.
- Charniago, P. (2000). *Studi Eksperimen Kuat Tekan , Slump Dan Modulus Elasitas Beton dengan Bahan Ssemen PCC Type 1 yang Berbeda Merek*. 2000, 1–11.
- Puro, S. (2014). *Memfaatkan sekam padi dan fly ash dengan kandungan semen 350 kg / m 3*. 4(2).
- Wood, A., & Wiyono, W. (n.d.). *Pengaruh Suhu Terhadap Modulus Elastisitas (Warman, Mulyani, & Sipil, 2015) Dan Angka Poisson Beton Aspal*.

- malau, febrianto. (2014). Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan Membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Baturaja dengan Tambahan Foaming Agent dan Silica Fume. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(2), PP.287-296.
- basuki anondho. (1995). *Studi proses pemilihan dan optimasi metode konstruksi basement : Top-Down*.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Pendahuluan, A. (2008). Studi Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas. *Modulus Elastisitas*, 2(KoNTekS 2), 978–979.
- Hadipramana, J., & Riza, F. V. (2016). Pozzolanic Characterization Of Waste Rice Husk Ash (RHA) From Muar, Malaysia. *International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS)*, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>
- Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2017). Eggshell waste as catalyst: A review. *Journal of Environmental Management*, 197, 351–359. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.088>
- Liu, Y., Leong, B. S., Hu, Z. T., & Yang, E. H. (2017). Autoclaved aerated concrete incorporating waste aluminum dust as foaming agent. *Construction and Building Materials*, 148, 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.047>
- Pliya, P., & Cree, D. (2015). Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*, 95, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.103>
- 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>
- Sitorus, Torang, Kardeni, Emilia, Nursyamsi, M. (n.d.). Cangkang Telur Sebagai Tambahan Semen Dan. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Warman, H., Mulyani, R., & Sipil, J. T. (2015). “ abu sekam padi dengan proporsi campuran.



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : INTAN ADELINA NST
NPM : 1607210081
JUDUL : PERBANDINGAN TEGANGAN DAN REGANGAN ANTARA
EXPERIMEN DAN SIMULASI PADA BETON RINGAN
YANG DI PERKUAT OLEH SERBUK CANGKANG TELUR
DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN
SEMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	27/11/2019	-Perbaiki Latar belakang Rumusan masalah Tujuan penelitian Sistematika penulisan	
	21/01/2020	-Perbaiki Perbaiki penulisan Perbaiki bab I,II,III	
	31/01/2020	Acc seminar proposal	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Josef Hadipramana)



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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : INTAN ADELINA NST
NPM : 1607210081
JUDUL : PERBANDINGAN TEGANGAN DAN REGANGAN ANTARA
EXPERIMEN DAN SIMULASI PADA BETON RINGAN
YANG DI PERKUAT OLEH SERBUK CANGKANG TELUR
DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN
SEMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	23/09/2019	-Perbaiki Rumusan masalah Beri nama rumus Perbaiki penulisan Diagram alir perbaiki Cari artikel mengenai semen	
	30/09/2020	-Perbaiki Perbaiki penomoran Cari artikel mengenai cangkang telur Perbaiki tinjauan pustaka	
	20/10/2020	Acc seminar hasil	

Mengetahui ,

Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Josef Hadipramana)



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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : INTAN ADELINA NST
NPM : 1607210081
JUDUL : PERBANDINGAN TEGANGAN DAN REGANGAN ANTARA
EXPERIMEN DAN SIMULASI PADA BETON RINGAN
YANG DI PERKUAT OLEH SERBUK CANGKANG TELUR
DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN
SEMEN

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	03/11/2020	Acc sidang meja hijau <i>surjina</i>	<i>JL</i>

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Josef Hadipramana
(Dr. Josef Hadipramana)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Intan Adelina Nst
Panggilan : Intan
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 10 Desember 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat Sekarang : Jl Tangguk Utama I Blok III No 362 Griya
Martubung
HP/Tlpn Seluler : **082388483411**

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa :
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Perempuan
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	SD NEGRI 068474	2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP N 45 MEDAN	2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMA N 9 MEDAN	2016

ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota Seni Tari SMA N 9 MEDAN	2014