

TUGAS AKHIR

INVESTIGASI LENTUR BALOK PRISMA BETON RINGAN (FOAMED CONCRETE) MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

RIO PRABOWO RAMADANI
1607210201



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Rio Prabowo Ramadani
NPM : 1607210201
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Investigasi Lentur Balok Perisma Beton Ringan
(*Foamed Concrete*) Menggunakan Abu Sekam
Padi Dan Serbuk Cangkang Telur
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Mei 2023

Dosen Pembimbing

Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rio Prabowo Ramadani
NPM : 1607210201
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Investigasi Lentur Balok Perisma Beton Ringan (*Foamed Cconcreate*) Menggunakan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Mei 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing




Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pemanding I



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pemanding II



Dr. Ade Faisal

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rio Prabowo Ramadani
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Januari 1997
NPM : 1607210201
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Investigasi Lentur Balok Perisma Beton Ringan (*Foamed Concrete*) Menggunakan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur”

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 atau ke sarjana saya.

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

Medan, Mei 2023
Saya yang menyatakan,

F1AAKX450567663
Rio Prabowo Ramadani

ABSTRAK

INVESTIGASI LENTUR BALOK PRISMA BETON RINGAN (*FOAMED CONCRETE*) MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR

Rio Prabowo Ramadani
1607210201
Dr. Josef Hadipramana

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Dengan pemanfaatan limbah industri pangan seperti abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dapat diolah menjadi bahan substitusi seperti semen dalam membuat beton yang diharapkan mampu menghasilkan suatu beton dengan kekuatan yang baik, ramah lingkungan, dan dapat dilihat penggunaannya pada bangunan yang tepat dari jenis beton ini. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai tegangan kuat lentur balok beton busa terhadap penambahan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi. Variasi abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dalam campuran beton diambil mulai dari 0%, 10%, 15%, dan 20%. Sampel pengujian dipakai pada balok beton dengan ukuran $10 \times 10 \times 60 \text{ cm}^3$ sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 7,13 Mpa; Variasi I (10%) = 4,91 Mpa; Variasi II (15%) = 5,15 Mpa; Variasi III (20%) = 3,73 Mpa. Sedangkan buat nilai kuat lentur berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 2,25 Mpa; Variasi I (10%) = 2,25 Mpa; Variasi II (15%) = 2,1 Mpa; Variasi III (20%) = 1,65 Mpa. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dengan mendapatkan nilai tertinggi di variasi normal (0%) dan variasi I (10%) sebesar 2,25 Mpa

Kata Kunci: Beton Busa, Kuat Tekan, Kuat Lentur

ABSTRACT

INVESTIGATION OF LIGHTWEIGHT CONCRETE PRISM BEAM BENDING (FOAMED CONCRETE) USING RICE HUSK ASH AND EGG SHELL POWDER

Rio Prabowo Ramadani
1607210201
Dr. Josef Hadipramana

The use of lightweight concrete in various modern constructions is growing rapidly because there are advantages that can be obtained from the use of lightweight concrete technology, including, the specific gravity of concrete is smaller so that it can reduce the self-weight of structural elements which results in the need for smaller cross-sectional dimensions. By utilizing food industry waste such as rice husk ash and egg shell powder, it can be processed into substitute materials such as cement in making concrete which is expected to be able to produce concrete with good strength, environmentally friendly, and can be seen in its proper use in buildings of this type of concrete. This study aims to study the value of the flexural strength of foam concrete beams against the addition of eggshell powder and rice husk ash. Variations of rice husk ash and egg shell powder in the concrete mix were taken from 0%, 10%, 15% and 20%. The test sample was used on a concrete block with a size of 10 x 10 x 60 cm³ as many as 12 test objects. To determine the value of the compressive strength and flexural strength of concrete tested for 28 days. The compressive strength value based on variations is Normal (0%) = 7.13 MPa; Variation I (10%) = 4.91 MPa; Variation II (15%) = 5.15 MPa; Variation III (20%) = 3.73 MPa. Meanwhile, the value for flexural strength based on variations is Normal (0%) = 2.25 MPa; Variation I (10%) = 2.25 MPa; Variation II (15%) = 2.1 MPa; Variation III (20%) = 1.65 MPa. In this study it can be concluded that concrete with a mixture of rice husk ash and egg shell powder obtained the highest value in the normal variation (0%) and variation I (10%) of 2.25 MPa

Keywords: Foam Concrete, Compressive Strength, Flexural 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 “Investigasi Lentur Balok Perisma Beton Ringan (*Foamed Concrete*) Menggunakan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur”.

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 Dr. Josef Hadipramana. selaku Dosen Pembimbing yang selama ini bersedia meluangkan waktu dan memberikan bantuannya kepada penulis dalam mempersiapkan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan.
3. Bapak Dr. Ade Faisal. selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Wakil Dekan I Fakultas Teknik 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 Turasno dan Ibunda Tini 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 Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Medan, Mei 2023

Penulis

Rio Prabowo Ramadani
NPM.1607210201

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton dan Sifat-Sifat Beton	5
2.2 Beton Ringan (<i>Lightweight Concrete</i>)	7
2.3 Material Penyusun Beton Ringan	8
2.3.1 Semen	9
2.3.2 Agregat Halus (Pasir)	11
2.3.3 Air	13
2.3.4 Abu Sekam Padi	14
2.3.5 Serbuk Cangkang Telur	16
2.3.6 <i>Foam Agent</i>	16
2.3.7 <i>Superplasticizer</i> (Sika)	17
2.4 Pengujian <i>Slump Flow</i>	19
2.5 Kekuatan Beton	20
2.5.1 Kuat Tekan	20
2.5.2 Kuat Lentur	22
2.6 Referensi Jurnal	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.3 Tahapan Penelitian	26
3.4 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4.1 Alat	27
3.4.2 Bahan	33
3.5 Tahap Pelaksanaan	37
3.6 Pemeriksaan Agregat	38
3.7 Teknik Pengumpulan Data	39
3.8 Metode Perawatan Benda Uji	41
3.9 Pengujian Benda Uji	41
3.9.1 Pengujian <i>Slump Flow</i>	41
3.9.2 Pengujian Kuat Tekan	41
3.9.3 Pengujian Kuat Lentur	42
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Analisa Pengujian Agregat Halus	44
4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	44
4.1.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	45
4.1.3. Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	46
4.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	47
4.1.5 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur	47
4.2 <i>Mix Design</i>	48
4.2.1 Perhitungan <i>Mix Design</i> Kuat Tekan	48
4.2.2 Perhitungan <i>Mix Design</i> Kuat Lentur	53
4.3 <i>Slump Flow</i>	56
4.3.1 Hasil Perhitungan <i>Slump Flow</i> Kuat Tekan	56
4.3.2 Hasil Perhitungan <i>Slump Flow</i> Kuat Lentur	57
4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan	57
4.5 Hasil Uji Kuat Lentur Beton Ringan	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi kimia semen	11
Tabel 2.2	Abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dari penelitian sebelumnya	23
Tabel 4.1	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	44
Tabel 4.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	45
Tabel 4.3	Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus	46
Tabel 4.4	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan abu sekam padi	47
Tabel 4.5	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur.	48
Tabel 4.6	Bahan campuran beton untuk 1 kali <i>mix</i> kuat tekan (3 sampel)	50
Tabel 4.7	Bahan campuran beton untuk 1 kali <i>mix</i> kuat lentur (3 sampel)	53
Tabel 4.8	Data hasil pengujian kuat tekan beton ringan	58
Tabel 4.9	Nilai rata-rata kuat tekan beton ringan	59
Tabel 4.10	Data hasil pengujian kuat lentur beton ringan	61
Tabel 4.11	Nilai rata-rata kuat lentur beton ringan	62
Tabel 5.1	<i>Mix design</i> uji kuat tekan	64
Tabel 5.2	<i>Mix design</i> uji kuat lentur	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Semen Andalas	11
Gambar 2.2 Agregat halus	13
Gambar 2.3 Air	14
Gambar 2.4 Abu sekam padi	15
Gambar 2.5 Serbuk cangkang telur	16
Gambar 2.6 <i>Foam agent</i>	17
Gambar 2.7 <i>Superplasticizer</i> (silika)	19
Gambar 2.8 Uji <i>Slump Flow</i>	20
Gambar 2.9 Kuat tekan	22
Gambar 2.10 Kuat lentur	23
Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian	25
Gambar 3.2 Saringan agregat halus no.4	27
Gambar 3.3 Saringan no.50 dan Saringan no.100	27
Gambar 3.4 Oven	28
Gambar 3.5 Timbangan digital	28
Gambar 3.6 Ember	28
Gambar 3.7 (a) Cetakan benda uji silinder dan (b) Cetakan benda uji balok	29
Gambar 3.8 Sekop tangan	29
Gambar 3.9 Piknometer	29
Gambar 3.10 Pan	30
Gambar 3.11 Gelas ukur	30
Gambar 3.12 Plastik 10kg	30
Gambar 3.13 Kuas	31
Gambar 3.14 Bak perendam	31
Gambar 3.15 Spritus	31
Gambar 3.16 Kawat kasa dan kaki tiga	32
Gambar 3.17 Kerucut abraha	32
Gambar 3.18 Mesin pengaduk beton (molen)	32
Gambar 3.19 Mesin pengaduk <i>foam agent</i>	33
Gambar 3.20 (a) <i>Digital Compression Machine Test</i> dan (b) <i>Flexural test</i>	33

Gambar 3.2 Agregat halus	34
Gambar 3.22 Semen Andalas	34
Gambar 3.23 Air	35
Gambar 3.24 <i>Foam agent</i>	35
Gambar 3.25 Sika	36
Gambar 3.26 Abu Sekam Padi (ASP)	36
Gambar 3.27 Serbuk Cangkang Telur (SCT)	37
Gambar 3.28 Ilustrasi pengujian kuat lentur balok beton	43
Gambar 4.1 Pengujian kuat tekan	58
Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan	59
Gambar 4.3 Pengujian kuat lentur	61
Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil nilai kuat lentur	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan dari pada beton normal. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara antara lain menggunakan agregat alam ringan dapat diproduksi dengan menggunakan bahan limbah *fly ash*, *styrofoam*, plastik, dan lain-lain. Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat maksimum beton 1840 kg/m^3 . Beton ringan mempunyai berat volume mulai dari 400 kg/m^3 sampai dengan 1900 kg/m^3 , sesuai dengan kuat dengan kelas kuat tekannya (Puro, 2014).

Seiring dengan meningkatnya pembangunan di daerah-daerah yang baru berkembang, peranan beton pun semakin bertambah, karena beton merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, jembatan, bendung, maupun konstruksi lainnya. (Pade et al., 2013)

Abu sekam padi merupakan hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa pembakaran yang kaya akan silika (SiO_2). Perlakuan panas dari sekam padi menghasilkan perubahan struktur yang berpengaruh oleh dua hal, yaitu tingkat aktivitas *pozzolan* dan kehalusan butiran abunya. Abu sekam padi tergolong sebagai bahan *pozzolan* alami (*natural pozzolan*) yang mengandung senyawa silika (SiO_2). *Pozzolan* tersebut tidak memiliki peran sebagai perekat seperti semen, akan tetapi dalam kondisi halus jika bereaksi dengan air dan kapur pada suhu normal akan menjadi suatu massa yang padat yang tidak dapat larut dalam air. Kandungan SiO_2 (*silica*) dalam abu sekam padi dapat mencapai sekitar 80% dan biasa dikategorikan sebagai *pozzolan* reaktif. Abu sekam padi yang ditumbuk akan didapatkan ukuran partikel yang tepat karena ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan

kekuatan beton. Abu sekam padi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam proses pembuatan semen (Raharja et al., 2013)

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

Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai pendukung hasil penelitian sebelumnya. Hasil yang ditampilkan adalah berupa nilai kuat lentur balok, serta analisis struktur campuran beton yang berbentuk grafik nilai kuat lentur beton yang menggunakan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% Penelitian ini merupakan bagian dari satu tim penelitian beton daur ulang yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana efek penambahan abu sekam padi dan cangkang telur, pada material terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton ringan (*cellular lightweight concrete*)?
2. Pada persentase maksimum dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%, dari serbuk cangkang telur dan abu sekam padi sebagai pengganti semen sebagian untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton ringan?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini perlu dilakukan batasan masalah mengingat banyaknya permasalahan yang terdapat pada teknologi beton sehingga pembahasan menjadi tidak meluas dan memiliki batasan-batasan yang jelas. Adapaun yang menjadi batasan masalah 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 balok dengan ukuran tinggi 10cm, lebar 10cm dan panjang 60cm.
 - 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 kuat lentur.
 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 dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui efek dari penambahan campuran abu sekam padi dan cangkang telur terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton ringan (*cellular lightweight concrete*).
2. Untuk mengetahui persentase maksimum dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%, dari serbuk cangkang telur dan abu sekam padi sebagai pengganti semen sebagian untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton ringan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat dari penelitian ini untuk menambah pengetahuan di bidang material konstruksi khususnya pada beton ringan serta dapat memberikan pandangan dan bukti nyata tentang penggunaan limbah pangan *agro waste* abu sekam padi dan cangkang telur sebagai penelitian yang dapat dikembangkan dan memiliki nilai serta bisa digunakan di dunia konstruksi.
2. Pemanfaatan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dan mencari inovasi terbaru dari beton ringan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton dan Sifat-Sifat Beton

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang umum digunakan saat ini. Beton adalah hasil dari campuran material yang tersusun dari air, semen, agregat halus, agregat kasar, serta bahan tambahan lainnya. (Soentpiet, Wallah, & Manalip, 2018)

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% dari kuat tariknya. Sehingga umumnya beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menerima gaya tekan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan-bahan campuran beton, cara-cara persiapan, perawatan, dan keadaan saat dilakukan percobaan setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan, namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekuatan yang dicapainya. (Putra & Pengantar, 2015)

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*)

Yang dimaksud dengan *workability* adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat yang mampu dikerjakan/*workability* dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas.

Dengan kata lain, sifat dapat mudah dikerjakan suatu adukan beton dipengaruhi oleh:

- a. Konsistensi normal semen.
 - b. Mobilitas, setelah aliran dimulai (sebaliknya adalah sifat kekasaran atau perlawanan terhadap gerak).
 - c. Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan.
 - d. Sifat saling lekat (ada hubungan dengan kohesi), berarti bahan penyusunnya tidak akan berpisah-pisah sehingga memudahkan pengerjaan-pengerjaan yang perlu dilakukan. (Putra & Pengantar, 2015)
2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (tahan lama dan kedap air)

a. Sifat tahan lama (*durability*)

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut :

- Tahan terhadap pengaruh cuaca; pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti
- Tahan terhadap zat kimia; daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa, air limbah, dan buangan air kotor kota dan rumah penduduk manusia, perlu diperhatikan terhadap keawean beton.
- Tahan terhadap erosi; beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau partikel-partikel yang terbawah air.

b. Sifat kedap air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang saat mengerjakan (selesai dikerjakan) mengandung air. Air menggunakan ruangan-ruangan, dan jika air menguap maka akan meninggalkan rongga-rongga udara. Rongga udara ini merupakan peluang untuk masuknya air dari luar kedalam beton.

Semakin banyak rongga ini, maka kemungkinan masuknya air makin besar, dan kemungkinan terbentuknya pipa kapiler makin besar. Sifat kedap air pada beton terutama didapat jika didalam beton itu tidak terdapat pipa kapiler yang menerus, karena melalui pipa kapiler inila air akan menembus beton. Jika saluran-saluran kapiler tersebut tidak ditutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Rongga kapiler ini dapat menyempit jika hidrasi semen sempurna, karena volume yang terjadi kurang lebih 2,1 kali besar volume semen kering semula. (Putra & Pengantar, 2015)

3. Memenuhi kekuatan yang ingin dicapai

Secara umum hal ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor air semen (fas) dan kepadatan. Beton dengan fas kecil sampai dengan jumlah air yang cukup untuk hidrasi semen secara sempurna, dan dapat dipadatkan secara sempurna pula, akan memiliki kekuatan yang optimal. Untuk mencapai kepadatan dan hidrasi yang sempurna ini, ada beberapa hal yang mempengaruhi, antara lain sebagai berikut :

a. Keadaan selama terjadi pengerasan

Selama semen mengeras, harus selalu cukup air supaya campuran beton tidak mengering sebelum proses pengerasan selesai.

b. Karena pengerasan semen makan waktu, maka perlu waktu yang cukup. Biasanya waktu 4 minggu yang dipakai sebagai pedoman umum bagi waktu pengerasan semen/beton. (Putra & Pengantar, 2015)

2.2 Beton Ringan (*Lightweight Concrete*)

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton normal merupakan bahan bangunan yang relatif cukup berat dengan berat jenis berkisar berat 2400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton, maka telah banyak dipakai beton ringan.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada normal. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara

antara lain menggunakan agregat alam ringan dapat diproduksi dengan menggunakan bahan limbah *fly ash*, *styrofoam*, plastik, dan lain-lain.

Beton ringan mempunyai berat volume mulai dari 400 kg/m^3 sampai dengan 1900 kg/m^3 , sesuai dengan kelas kuat tekannya (ASTM C1693-11). Berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara $600 - 1600 \text{ kg/m}^3$. Beton ringan yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat volume tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . (Puro, 2014)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara kedalam campuran betonnya. (Putra & Pengantar, 2015)

Menurut djokrodimuljo (2007) pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara :

- Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara didalam betonnya. Bahan tambahan khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan kedalam semen dan akan terbentuk gelembung udara.
- Dengan menggunakan agregat ringan, missal tanah liat bakar dan batu apung. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan menjadi lebih ringan dari pada beton normal
- Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut “beton non pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). beton ini mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus).

2.3 Material Penyusun Beton Ringan

Ada berbagai komposisi dan mutu beton dengan masing-masing bahan campuran beton akan didapat hasil mutu beton yang berbeda-beda. Mutu beton dapat dibedakan menjadi :

- Beton mutu normal, yaitu beton dengan kuat tekan $200-500 \text{ kg/cm}^2$
- Beton mutu tinggi, yaitu beton dengan kuat tekan $500-800 \text{ kg/cm}^2$

- Beton mutu sangat tinggi, yaitu beton dengan kuat tekan lebih besar dari 800 kg/cm²

Dalam penggunaan material dasar campuran beton (pasir dan kerikil/split) perlu dilakukan analisa ayak/tapis agar dapat diketahui gradasi (modulus kehalusan) baik untuk pasir maupun kerikil/split, dan juga modulus kehalusan campuran pasir dan kerikil/split yang selanjutnya dapat diketahui susunan/komposisi campuran beton yang tepat. (Mulyati & Herman, 2015)

Menurut Mulyono (2003), agregat yang digunakan dalam beton berfungsi sebagai bahan pengisi, namun karena persentase agregat yang besar dalam volume campuran, maka agregat memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton. Faktor faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat adalah sebagai berikut:

- Perbandingan agregat dan semen campuran
- Kekuatan agregat
- Bentuk dan ukuran
- Tekstur permukaan
- Gradasi
- Reaksi kimia
- Ketahanan terhadap panas

2.3.1 Semen

Semen adalah perekat hidraulis bahan bangunan, artinya akan menjadi bahan perekat bila dicampur dengan air. Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 macam yaitu, *clinker*/terak semen (70% sampai 95%, merupakan hasil dari olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi, dan tanah liat), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, *pozzolan*, abu terbang (*fly ash*), dan lain-lain. Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3% umumnya masih memenuhi kualitas OPC (*ordinary portland cement*). Namun bila kandungan material ketiga lebih tinggi dari 25% maksimum, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (*portland composite cement*). (Ikhsan Sefri Priambodo, 2016)

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.

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”

Semen portland dibuat dari serbukhalus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silika. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu (*Dian Alvis Abdilah, 2009*), komposisi semen dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 komposisi kimia semen

Bahan	Kadar (%)
CaO	60-70
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₂	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
MgO	0.5-4.0
Alkalis	0.3-1.2
SO ₃	2.0-3.5

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi, proses kimiawi ini berupa ekristalisasi dalam bentuk *interlocking-crystal* sehingga membentuk gel semen jika di campur dengan air, yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras dan lemah terhadap kuat lentur. (Dian Alvis Abdilah, 2009)



Gambar 2.1 Semen Andalas

2.3.2 Agregat Halus (Pasir)

Pada suatu campuran beton normal, agregat menempati 70-75% volume beton yang mengeras. Sisanya ditempati oleh pasta semen, air yang tersisa dari reaksi hidrasi serta rongga udara. Secara umum semakin padat susunan agregat dalam campuran beton, maka beton yang dihasilkan akan makin tahan lama dan ekonomis. Oleh karena itu, agar dapat dipadatkan dengan baik, maka ukuran agregat halus dipilih sedemikian rupa sehingga memenuhi gradasi yang disarankan. Perlu juga diperhatikan bahwa agregat hendaknya memiliki kekuatan yang baik, awet dan tahan cuaca, disamping itu juga harus bersih dari kotoran seperti lempung, tanah liat, lanau, maupun kotoran organik lainnya yang akan

melemahkan lekatan antara pasta semen dan agregat. Agregat alam secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang dapat melalui saringan No.4 (4,75 mm) dapat diklasifikasikan sebagai agregat ringan/halus. (Setiawan Agus, 2013)

Agregat halus yang memiliki sedikit partikel lembut dapat memerlukan lebih banyak proporsi agregat halus yang dipakai untuk memenuhi *workability* dan pemadatan. Jika proporsi agregat halus dlebihkan, pasta semen harus meliputi lebih banyak total luas permukaan agregat yang memungkinkan campuran menjadi tidak *workable*. Dalam kasus demikian *workability* yang dikehendaki kadang-kadang dapat dikembalikan dengan menambahkan air untuk menambah volume pasta, namun hal ini akan menambah faktor air semen. (Tata, Sultan, & Sumartini, 2016)

Agregat halus adalah semua butiran yang lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan.

Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
- Butirannya harus bersifat kekal
- Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
- Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak (Prahara et al., 2017)

Ukuran maksimum agregat dibatasi menurut SNI 2847:2013, yaitu disyaratkan bahwa ukuran agregat tidak melebihi :

- 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping tekan
- 1/3 kali tebal pelat
- 3/4 kali jarak bersih antara tulangan, jaring kawat baja, bundel tulangan, tendon, atau bundel tendon prategang.



Gambar 2.2 Agregat Halus

2.3.3 Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan dan juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat atau produk hidrasi. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air yang bersih yang tidak berampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi sampingan dari reaksi hidrasi. Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau dapat digunakan sebagai air pencampuran dalam pembuatan beton. Adanya kotoran yang berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan. Sedapat mungkin air dengan konsentrasi padatan terlarut sebaliknya dihindari.

Fungsi air di dalam adukan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Air yang mengandung zat-zat kimia berbahaya, mengandung garam, minyak, dll akan menyebabkan kekuatan beton turun. Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran beton. (Mulyono T, 2003)

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemahan beton atau daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah.

Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor dibawah ini :

- Ukuran agregat maksimum: diameter membesar, maka kebutuhan air menurun.
- Bentuk butir: bentuk bulat, maka kebutuhan air menurun (batu pecah butuh banyak air).
- Gradasi agregat: gradasi baik, maka kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
- Kotoran dalam agregat halus: makin banyak silt, tanah liat dan lumpur, maka kebutuhan air meningkat.
- Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar): agregat halus lebih sedikit, maka kebutuhan air menurun. (Putra & Pengantar, 2015)



Gambar 2.3 Air

2.3.4 Abu Sekam Padi

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

Inti dari upaya membuat kandungan silica sekam padi menjadi silica yang reaktif terletak pada sistem pembakaran sekam tersebut. Sehingga banyak penelitian yang dilakukan untuk menciptakan alat berupa tungku/tanur pembakaran yang rumit. Namun, pada prinsipnya tungku pembakaran tersebut harus dapat membakar sekam itu secara merata dengan suplay oksigen sesedikit mungkin sertamenghasilkan suhu 450°C (ASP Standartd 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, Manalip, & Mondoringin, 2016)

Abu sekam padi merupakan hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa pembakaran yang kaya akan silica (SiO_2). Perlakuan panas pada sekam padi menghasilkan perubahan struktur yang berpengaruh oleh dua hal, yaitu tingkat aktivitas *pozzolan* dan kehalusan butiran nya abunya. Abu sekam padi tergolong sebagai bahan *pozzolan* alami (*natural pozzolan*) yang mengandung senyawa silica (SiO_2). Pozzolan tersebut tidak memiliki peran sebagai perekat sebagai semen, akan tetapi dalam kondisi halus juga bereaksi dengan air dan kapur pada suhu normal akan menjadi suatu massa padat yang tidak dapat larut dalam air. Kandungan SiO_2 (*silica*) dalam abu sekam padi dapat mencapai sekitar 80% dan biasanya dikategorikan sebagai *pozzolan* reaktif. Abu sekam padi yang ditumbuk akan didapatkan ukuran partikel yang tepat karena ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton, abu sekam padi mampu untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam dalam proses pembuatan semen. (Raharja, As'ad, & Sunarmasto, 2013)



Gambar 2.4 Abu sekam padi

2.3.5 Serbuk Cangkang Telur

Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti, dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Produksi telur di Indonesia tahun 2009 sekitar 1.013.543 ton. Kulit telur kering mengandung 95% kalsium karbonat dan berat 5,5 gram, kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen. (Fitriani, Fathul, & Farida, 2017)



Gambar 2.5 Serbuk cangkang telur

2.3.6 Foam Agent

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi antar muka dan mengaktifkan antar muka. (Murtono, 2015)

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

menarik molekul air, sedangkan gugus liofob yang juga disebut hidrofob akan menghadap ke udara. (Karimah, Rusdianto, & Hamdany, 2017)

Foam agent sebagai bahan material terpenting dalam pembuatan beton busa ringan. Adanya rongga-rongga udara yang dihasilkan oleh beton busa ringan, akan menghasilkan sifat penahan panas yang lebih baik dari pada beton normal. (Nugroho, Rahman Saleh, Rawamangun Muka, & Timur Surel, 2017)

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



Gambar 2.6 *Foam agent*

2.3.7 *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.

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

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

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

memperlambat reaksi hidrasi padabeton.

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

a. Sebagai *Superplasticizer*:

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

b. Sebagai *WaterReducer*:

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



Gambar 2.7 *Superplasticizer* (silika)

2.4 Pengujian *Slump Flow*

Dalam penelitian uji slump flow yang di gunakan mengacu pada ASTM C1611. Uji *slump flow* beton harus dilakukan pada kondisi datar, rata, lembab tanpa genangan air. Dari ASTM tersebut terdapat bunyi 660mm sampai 750mm yaitu untuk aplikasi umum seperti dinding dan kolom pada beton ringan.

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.



Gambar 2.8 Uji *Slump Flow*

2.5 Kekuatan Beton

Sifat-sifat utama beton yang berhubungan dengan kepentingan praktisnya adalah mengenai kekuatan, karakteristik, tegangan-regangan, penyusutan dan deformasi, respon terhadap suhu, daya serap air, dan ketahanannya. Diantara sifat-sifat beton yang paling mendapat perhatian adalah kekuatan beton, karena hal tersebut yang merupakan gambaran umum mengenai kualitas beton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material dan penyusunnya ditentukan oleh faktor air semen, porositas, dan faktor-faktor intrinsik lain seperti kekuatan agregat, kekuatan pasta semen, kekuatan ikatan/lekatan antara semen dan agregat. Ada beberapa sifat-sifat beton yang ditinjau pada penelitian beton ringan (*lightweight concrete*) ini yaitu:

2.5.1 Kuat Tekan

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Kuat tekan beton

tersebut dapat dihitung berdasarkan SNI 03-1974-2011 dapat digunakan dengan Pers.2.1. (Zainuri & Megasari, 2019)

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

Dimana:

f_c' = kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam *mix design*. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

1. Faktor air semen, hubungan dengan fas dengan kuat tekan beton adalah semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi pada kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan semen sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.
2. Umur beton, kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas, maka semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya.
3. Jenis semen, kualitas pada jenis-jenis semen memiliki laju kenaikan yang berbeda-beda.
4. Perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dan dapat terjadi bila terjadi pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.
5. Sifat agregat, dalam hal ini kekerasan permukaan, gradasi, dan ukuran maksimum agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.



Gambar 2.9 Kuat tekan

2.5.2 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. (Gunawan, Budi, & Wicaksono, 2014)

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

Pengujian kuat lentur akan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³. Pembebanan dilakukan sampai balok beton patah. Beban maksimum yang dicapai balok adalah beban yang diperhitungkan untuk menentukan kuat lentur beton yang diberikan kedalam Pers.2.2

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (2.2)$$

Dimana:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

- P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (KN)
- l = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)



Gambar 2.10 Kuat lentur

2.6 Referensi Jurnal

Ada beberapa pendapat referensi dari berbagai jurnal-jurnal yang telah melakukan penelitian sebelumnya mengenai penelitian beton ringan (*lightweight concrete*), sebagai berikut :

Tabel 2.2 Abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dari penelitian sebelumnya

No.	Nama dan tahun	Filler	Hasil
1	(Tata & Sultan, 2016)	Abu sekam padi	Kuat tekan : 0%=15,23Mpa 2,5%=16,37 Mpa 5,0%=15,69 Mpa 7,5%=21,15 Mpa 10%=16,83 Mpa Kuat lentur : 0%=5,68 Mpa 2,5%=6,46 Mpa 5%=5,92 Mpa 7,5%=5,56 Mpa 10%=5,50 Mpa
2	(Nugroho et al., 2017)	Abu sekam padi	Kuat lentur : 0%= 0,76 Mpa 10%= 0,72 Mpa 15%= 0,74 Mpa 20%= 0,64 Mpa

Lanjutan Tabel 2.2 Abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dari penelitian sebelumnya

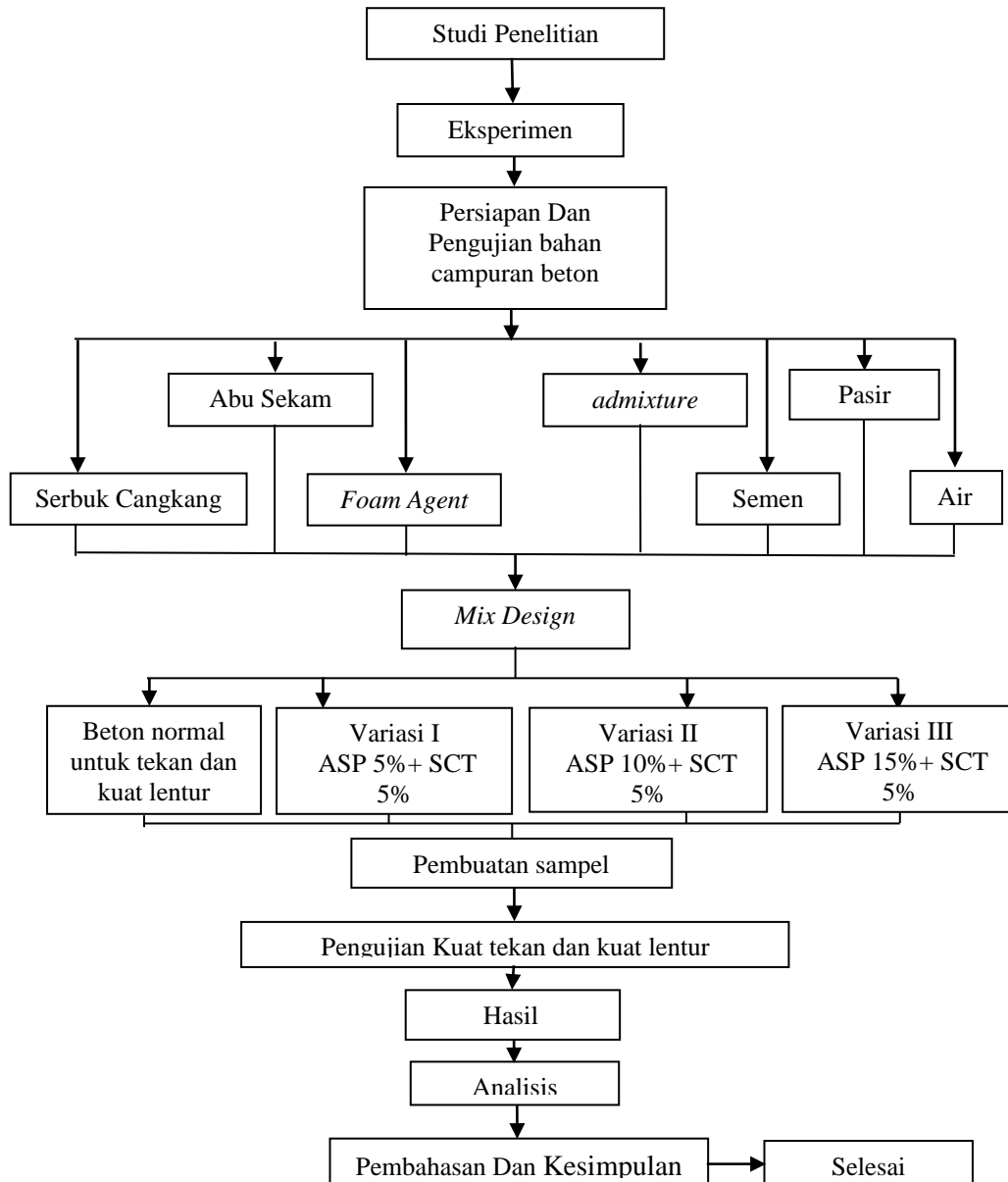
3.	(Fitriani et al., 2017)	Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan <i>Copper Slag</i> Umur 3, 14, dan 21 hari	Kuat tekan : 4,9 Mpa 10,8 MPa 14 Mpa
4	(Syahwati & Wahyuni, 2019)	Bubuk Cangkang Telur dan Absorpsi Mortar	0% = 10,5 Mpa 2,5% = 11 Mpa 5,0% = 12 Mpa 7,5% = 13,49 Mpa 10,0% = 13,49 Mpa 12,5% = 13,49 Mpa 15% = 10,5 Mpa

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 langkah-langkah 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 Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium. Waktu penelitian yang diperlukan \pm 6 bulan, mulai dari bulan Februari 2020 dan Juni 2020.

3.3 Tahapan Penelitian

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

- a. Persiapan
- b. Pelaksanaan
- c. 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 *schedule* rencana kerja penelitian yang telah disusun pada tahap persiapan, pada pelaksanaan penelitian ini ada beberapa tahap, yaitu:

- a. Pengumpulan abu sekam padi dan cangkang telur.
- b. Pengujian bahan tambah beton.
- c. Menentukan perbandingan komposisi berat pada setiap material yang akan digunakan membuat beton ringan (*mix design*).

- d. Membuat campuran beton ringan dengan komposisi berat yang telah ditetapkan.
- e. Pemeliharaan serta pengeringan beton ringan selama 28 hari berturut-turut.
- f. Pengujian kuat tekan beton ringan dan kuat lentur beton ringan

Pada tahap penyusunan laporan hasil penelitian, dilakukan kegiatan analisis, temuan-temuan (data-data) hasil penelitian yang dikumpulkan pada tahap pelaksanaan.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat

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

1. Saringan agregat halus No.4.



Gambar 3.2 Saringan agregat halus no.4

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



Gambar 3.3 Saringan no.50 dan Saringan no.100

3. Oven



Gambar 3.4 Oven

4. Timbangan digital



Gambar 3.5 Timbangan digital

5. Ember



Gambar 3.6 Ember

6. Cetakan benda uji berbentuk silinder dan balok



(a) Silinder



(b) Balok

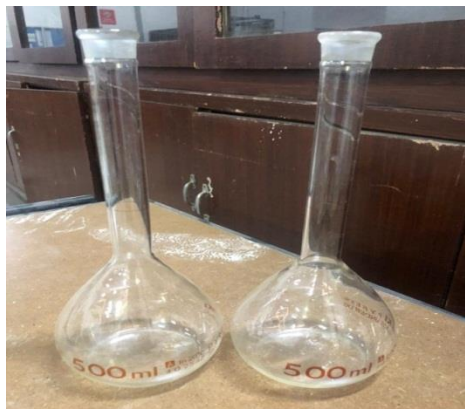
Gambar 3.7 (a) Cetakan benda uji silinder dan (b) Cetakan benda uji balok

7. Sekop tangan



Gambar 3.8 Sekop tangan

8. Piknometer



Gambar 3.9 Piknometer

9. Pan



Gambar 3.10 Pan

10. Gelas ukur



Gambar 3.11 Gelas ukur

11. Plastik 10kg



Gambar 3.12 Plastik 10 kg

12. Kuas



Gambar 3.13 Kuas

13. Bak perendam



Gambar 3.14 Bak perendam

14. Spritus



Gambar 3.15 Spritus

15. Kawat kasa dan Kaki tiga



Gambar 3.16 Kawat kasa dan kaki tiga

16. Kerucut Abram



Gambar 3.17 Kerucut abram

17. Mesin pengaduk beton (molen)



Gambar 3.18 Mesin pengaduk beton

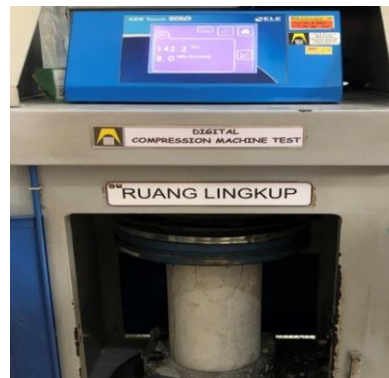
18. Mesin pengaduk *foam agent* (bor)



Gambar 3.19 Mesin pengaduk *foam agent* (bor)

19. Alat pengujian beton:

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



(a) *Digital Compression Machine*



(b) *Flexural Test*

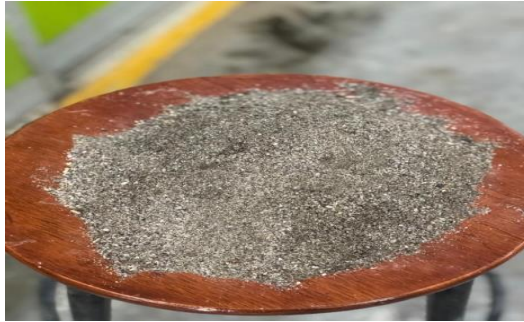
Gambar 3.20 (a) *Digital Compression Machine Test* dan (b) *Flexural Test*

3.4.2 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. Agregat halus (pasir)

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



Gambar 3.21 Agregat halus

2. Semen

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



Gambar 3.22 Semen Andalas

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air dalam adukan di perlukan untuk bereaksi dengan semen dan melumasi butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semennya. Penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras.

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



Gambar 3.23 Air

4. *Foam agent*

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

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

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



Gambar 3.24 *Foam agent*

5. *Chemical admixture*

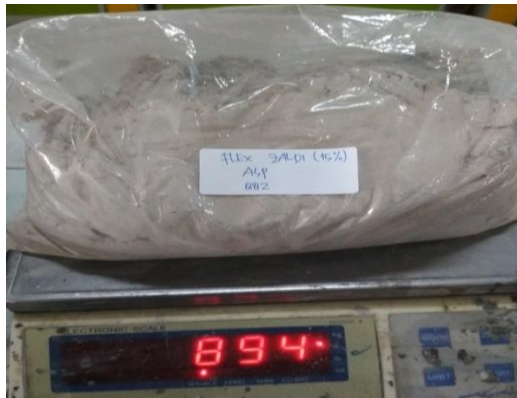
Standart yang digunakan pada *admixture* adalah ASTM C 494 “Spesifikasi *Chemical Admixture* Untuk Beton”.



Gambar 3.25 Sika

6. Abu sekam padi

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



Gambar 3.26 Abu Sekam Padi (ASP)

7. Serbuk cangkang telur

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



Gambar 3.27 Serbuk Cangkang Telur (SCT)

3.5 Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dimulai beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Merencanakan proporsi campuran beton (*job mix design*).
- b. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu sekam padi, serbuk cangkang telur, semen dan pasir.
- c. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *job mix design*.
- d. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari semen, pasir, campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.
- e. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
- f. Masukkan air dan bahan tambah berupa *superplastisizer* (sika) kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
- g. Menimbang berat adonan beton ringan pada wadah dengan ukuran 1 liter guna memantau berat volume benda uji.
- h. Mencatat nilai berat volume benda uji tersebut.
- i. Mengembalikan adonan yang ditimbang kedalam *mixer* lalu menyalakan kembali *mixernya*.
- j. 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 yang tinggi).

- k. Memasukkan busa *foam agent* kedalam adonan beton ringan yang berada di dalam *mixer*.
- l. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.
- m. Menimbang kembali berat adonan beton ringan pada wadah dengan ukuran 1 liter guna memantau berat volume benda uji hingga diperoleh berat volume benda uji yang diinginkan dari pemakaian *foam agent*.
- n. Menuangkan adonan beton kedalam pan.
- o. Mengisi cetakan (bekisting) dengan adonan beton ringan secara bertahap hingga penuh dan rata.
- p. Meratakan permukaan adonan beton ringan pada cetakan dengan sendok spesi.
- q. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga beton ringan mengeras dengan sendirinya.
- r. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan beton ringan hingga benar-benar mengering.
- s. Setelah cukup kering, merendam beton ringan kedalam air selama umur rencana, yaitu 28 hari.
- t. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test* dan pengujian kuat lentur dengan menggunakan mesin *flexural test*.

3.6 Pemeriksaan Agregat

Dalam melakukan pemeriksaan agregat dilakukan di ruang Laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

Dimana pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan pemeriksaan diantaranya:

- a. Pemeriksaan kadar air
- b. Pemeriksaan kadar lumpur
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan
- d. Pemeriksaan berat volum pasir
- e. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ASP
- f. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan SCT

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan sampel beton ringan dengan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur, sebagai bahan alternatif pengganti semen sebagian sebanyak 12 sampel dengan pembagian kadar abu sekam padi, cangkang telur yang berbeda. Benda uji dibuat dengan menambahkan variasi campuran abu sekam padi dan cangkang telur 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 kuat tekan dan kuat lentur pada umur rencana 28 hari. Setelah itu dilakukan analisis pada temuan-temuan data-data tersebut.

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

a. Studi dokumen

Studi dokumen digunakan untuk mencari data-data atau variabel yang berupa catatan mengenai kandungan-kandungan *silica* pada abu sekam padi dan kalsium pada serbuk cangkang telur, penelitian-penelitian mengenai bata ringan dan lain sebagainya sebagai penunjang untuk membuat komposisi *mix design*.

b. 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:

$$\text{Berat volume (Bv)} = \frac{w}{V} \quad (3.1)$$

Dimana:

Bv = Berat volume benda uji (gr/cm^3)

w = Berat benda uji (gr)

V = Volume benda uji (cm^3)

Kuat tekan (*Compressive Strength*), digunakan untuk mengetahui kekuatan bata ringan pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberikan beban hingga runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja.

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

Dimana :

f_c' = Kuat tekan (N/mm²)

P = Gaya tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Serapan air (absorpsi) adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap kering bata, dan dinyatakan dalam persen. Persentase penyerapan air dirumuskan:

$$\text{Serapan air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana :

W_1 = Berat kering sampel setelah dioven 24 jam (gram)

W_2 = Berat sampel setelah direndam 24 jam (N)

Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³. Pembebanan dilakukan sampai balok beton patah. Beban maksimum yang dicapai balok adalah beban yang diperhitungkan untuk menentukan kuat lentur beton yang diberikan kedalam Pers,3.4

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3.4)$$

Dimana:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (KN)

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

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

3.8 Metode Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel diuji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu diuji, sampel dalam keadaan tidak basah.

Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak saat berumur 27 hari.

3.9 Pengujian Benda Uji

3.9.1 Pengujian *Slump Flow*

Uji *slump flow* beton harus dilakukan pada kondisi datar, lembab tanpa genangan air dengan peralatan tang memenuhi syarat sesuai ASTM C 1611. Dimana dalam ASTM C 1611 terdapat *slump flow* 660-750 yang berisi tentang untuk aplikasi umum seperti dinding dan kolom dalam beton ringan.

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 660 mm dan maksimum 750 mm.

3.9.2 Pengujian Kuat Tekan

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Kuat tekan beton tersebut dapat dihitung berdasarkan SNI 03-1974-2011 dapat digunakan dengan Pers.2.1. (Zainuri & Megasari, 2019)

$$f_c' = P/A \quad (3.5)$$

Dimana:

f_c' = kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

3.9.3 Pengujian Kuat Lentur

Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. (Gunawan et al., 2014)

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

Pengujian kuat lentur akan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³.

Langkah-langkah cara pengujian kuat lentur :

- a. Setelah proses pembuatan dan perendaman selesai, benda uji yang sudah mengering bisa untuk diuji.
- b. Menimbang berat benda uji sebelum di tes uji.
- c. menandai dengan digarisi pada benda uji, agar waktu saat diuji terlihat patahan pada benda uji.
- d. Meletakkan benda uji kedalam mesin *flexural test*.
- e. Pengujian dilakukan dengan pembebanan tertinggi sehingga benda uji jadi terbelah atau patah menjadi dua.
- f. Untuk pengambilan data, dengan mencatat nilai beban maksimum pada benda uji.

Pembebanan dilakukan sampai balok beton patah. Beban maksimum yang dicapai balok adalah beban yang diperhitungkan untuk menentukan kuat lentur beton yang diberikan kedalam Pers.3.6

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3.6)$$

Dimana:

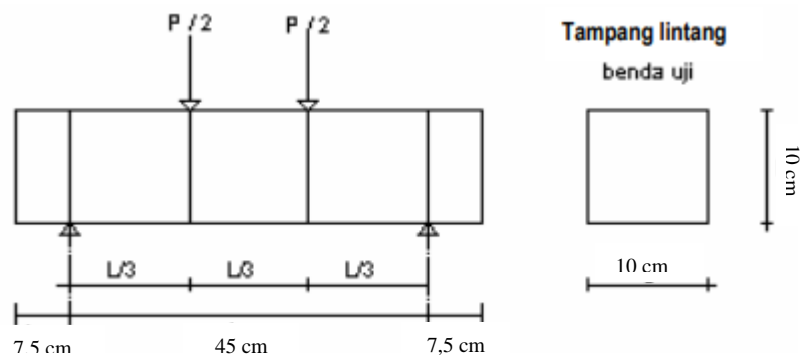
σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (KN)

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

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)



Gambar 3.28 Ilustrasi pengujian kuat lentur balok beton

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dikemukakan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengamatan sesuai dengan metodologi penelitian dan pembahasan. Hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal yang dikumpulkan untuk menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini, karena belum adanya SNI atau ASTM yang mengatur untuk syarat-syarat pembuatan beton ringan (*Foam Concrete*). Pada bab ini juga ditampilkan hasil sifat mekanis beton yaitu kuat tekan dan kuat lentur dengan variasi campuran 0%, 10%, 15% dan 20%. maka dari itu, baik tahapan pelaksanaan ataupun alat dan bahan yang digunakan kebanyakan mengacu pada jurnal tentang beton ringan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

4.1 Hasil Analisa Pengujian Agregat Halus

4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

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

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

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

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

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

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

4.1.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

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

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

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

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

4.1.3 Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

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

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	655	657	663	658,3
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	644	646	652	647,3
Berat wadah (W3)	155	157	163	158,3
Berat Air (W1-W2)	11	11	11	11
Berat contoh kering (W2-W3)	489	489	489	489
Kadar Air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,25	2,25	2,25	2,25

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar air rata-rata sebesar 2,25%. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali, percobaan pertama nilai kadar air sebesar 2,25% sedangkan percobaan yang kedua sebesar 2,25% dan percobaan yang ketiga

sebesar 2,25%. Hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu 2,0% – 4,0%.

4.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

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

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

Lolos ayakan No. 100	1	2	3	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	100	100	100	100
Berat contoh SSD kering oven (110 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	95	90	95	93,3
Berat Piknometer penuh air (D)	700	693	695	696
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	734	725	731	730
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	1,44	1,32	1,48	1,41
Berat jenis contoh SSD $B / (B + D - C)$	1,51	1,47	1,56	1,51
Berat jenis contoh semu $E / (E + D - C)$	1,55	1,55	1,61	1,57
Penyerapan (<i>Absorbtion</i>) $[(B - E) / E] \times 100 \%$	0,052	0,11	0,052	0,07

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

4.1.5 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

Dalam penelitian mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan serbuk

cangkang telur kedalam Tabel 4.5 sebagai berikut.

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

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

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

4.2 *Mix Design*

4.2.1 Perhitungan *Mix Design* Kuat Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{Benda Uji Silinder} &= 0,0053 \text{ m}^3 \\
 4V &= 0,0053 \times 4 \\
 &= 0,0212 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Maka, berat isi rencana / bagian} &= 25,447/3 \\ &= 8,482 \text{ kg/benda uji} \end{aligned}$$

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%

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen terganti} &= \text{Berat isi rencana x campuran 20 \%} \\ &= 8,482 \text{ kg x 20 \%} \\ &= 1,696 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk mencari semen 20\%} &= \text{Berat isi rencana - semen terganti} \\ &= 8,482 \text{ kg} - 1,696 \text{ kg} \\ &= 6,786 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

Tabel 4.6 Bahan campuran beton untuk 1 kali *mix* kuat tekan (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 4.6 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 x 0,55
= 3,965 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
- e) Sika (ml) = 2 % x semen
= 2% x 6,786
= 13,5 ml
- f) ASP (kg) = 15 % x semen
= 15% x 6,786
= 1,272 kg

$$\begin{aligned}
 \text{g) SCT (kg)} &= 5\% \times \text{semen} \\
 &= 5\% \times 6,786 \\
 &= 0,424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan *Mix Design* Kuat Lentur

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

$$\begin{aligned}
 4,5v &= 4,5 \times 0,006 \text{ m}^3 \\
 &= 0,027 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi rencana} &= 1200 \times 0,027 \\
 &= 32,4 \text{ kg} / 3 \text{ bagian}
 \end{aligned}$$

Maka berat isi rencana

$$4,5v/3 \text{ bagian} = 32,4/3 = 10,8 \text{ kg/bagian}$$

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

No	Bahan	0%	10%	15%	20%
1	Semen (1 bagian) kg	10,800	9,720	9,180	8,640
2	Pasir (2 bagian) kg	21,600	21,600	21,600	21,600
3	Air (w/c) 0,55 dari berat semen (L)	5,94	5,346	5,049	4,752
4	F/A (1/40) (ml)	27/1080	27/1080	27/1080	27/1080
5	Sika (2% x C) (ml)	21,6	17,2	18,3	17,2
6	ASP (kg)	0	0,54	1,08	1,62
7	SCT (kg)	0	0,54	0,54	0,54

1. Normal (0%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian
= 10,8 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian
= 2 x 10,8
= 21,6 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55
= 10,08 x 0,55

- = 5,94 L
- d) F/A (ml) = 1/40
= 21 *foam agent* : 1080 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen
= 2% x 10,8
= 21,6 ml
- f) ASP (kg) = 0 % x semen
= 0 % x 10,80
= 0 kg
- g) SCT (kg) = 0 % x semen
= 0 % x 10,80
= 0 kg

2. Variasi I (10%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= 10,8– (10% x 10,8)
= 9,720 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= 21,6 – (2% x 21,6)
= 21,6 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55
= 9,72 x 0,55
= 5,346 L
- d) F/A (ml) = 1/40
= 21 *foam agent* : 1080 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen
= 2% x 9,72
= 17,2 ml
- f) ASP (kg) = 5 % x semen
= 5 % x 10,8
= 0,54 kg
- g) SCT (kg) = 5 % x semen
= 5 % x 10,8

$$= 0,54 \text{ kg}$$

3. Variasi II (15%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= $10,8 - (15\% \times 10,8)$
= 9,18 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= $21,6 - (2\% \times 21,6)$
= 21,600 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55
= $9,18 \times 0,55$
= 5,049 L
- d) F/A (ml) = 1/40
= 21 foam agent : 1080 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen
= $2\% \times 9,18$
= 18,3 ml
- f) ASP (kg) = 10% x semen
= $10\% \times 1080$
= 1,08 kg
- g) SCT (kg) = 5% x semen
= $5\% \times 10,8$
= 0,54 kg

4. Variasi III (20%)

- a) Berat semen (kg) = 1 bagian – semen terganti
= $10,8 - (20\% \times 10,8)$
= 8,64 kg
- b) Berat Pasir (kg) = 2 bagian – pasir terganti
= $21,6 - (2\% \times 21,6)$
= 21,600 kg
- c) Air (L) = Semen x 0,55
= $8,64 \times 0,55$
= 4,752 L

- d) F/A (ml) = 1/40
= 21 *foam agent* : 1080 air
- e) Sika (ml) = 2 % x semen
= 2% x 8,64
= 17,2 ml
- f) ASP (kg) = 15 % x semen
= 15% x 10,8
= 1,62 kg
- g) SCT (kg) = 5% x semen
= 5% x 10,8
= 0,54 kg

4.3 *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.

4.3.1 Hasil Perhitungan *Slump Flow* Kuat Tekan

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

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

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 15\%} &= (D1+ D2) / 2 \\ &= (700 + 730) / 2 \\ &= 715 \text{ mm} = 71,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 20\%} &= (D1+ D2) / 2 \\ &= (620 + 640) / 2 \end{aligned}$$

$$= 630 \text{ mm} = 63,0 \text{ cm}$$

4.3.2 Hasil Perhitungan *Slump Flow* Kuat Lentur

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

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 1} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (590 + 610) / 2 \\ &= 605 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 2} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (680 + 700) / 2 \\ &= 690 \text{ mm} \rightarrow 69 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF Variasi 3} &= (D1 + D2) / 2 \\ &= (660 + 680) / 2 \\ &= 670 \text{ mm} \rightarrow 67 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Pengujian kuat tekan beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat tekan beton ringan (f_c'). Sampel benda uji 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, 3 sampel untuk variasi 10%, 3 sampel untuk variasi 15% dan 3 sampel untuk variasi 20%. 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 4.1 pengujian kuat tekan

Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada Tabel 4.8, sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data hasil pengujian kuat tekan beton ringan

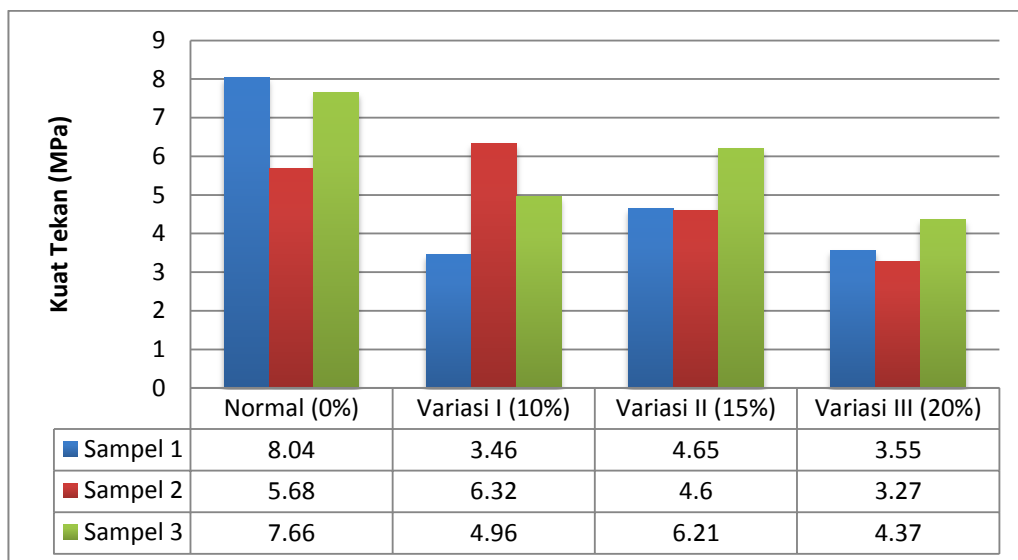
Sampel	%ASP	%SCT	Berat Beton		Umur Rencana	Beban Tekan Beton f_c' (KN)
			Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman		
1	Normal (0%)		8,772	8,691	28 Hari	142,2
2	0%	0%	8,370	8,350		100,5
3			8,606	8,712		135,4
1	Variasi I (10%)		8,537	8,650	28 Hari	61,2
2	5%	5%	8,668	9,110		111,7
3			9,037	8,691		87,7
1	Variasi 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 4.8 maka didapatkan hasil nilai rata-rata dari kuat tekan yang dirincikan kedalam Tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Nilai rata-rata kuat tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	Kuat Tekan Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	8,04
2			5,68
3			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

Terdapat perbandingan hasil kuat tekan beton ringan yang dibuat dalam bentuk diagram kedalam gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada variasi normal (0%), yaitu 8,04 Mpa dan nilai kuat tekan terendah pada variasi III (20%), yaitu 3,27 Mpa pada umur beton 28 hari. Dalam penelitian ini kuat tekan beton

mengalami peningkatan di variasi normal dan mulai menurun ketika di variasi 1 , kemudian menurun nilai kuat tekan sampai ke variasi 3.

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

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

4.5 Hasil Uji Kuat Lentur Beton Ringan

Uji kuat lentur beton ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai kuat lentur beton ringan (σ). Sampel penelitian yang dibuat untuk melakukan pengujian sebanyak 3 sampel di tiap variasi dengan umur rencana 28 hari. Pada pengujian ini terdapat 12 sampel beton ringan, 3 sampel untuk beton ringan normal, dan sebanyak 9 sampel beton untuk total ketiga variasi dengan cetakan berbentuk balok ukuran 10 x 10 x60 cm³. Dimana, setiap variasinya menggunakan *filler* abu sekam padi dan serbuk cangkang telur. Maka hasil pengujian kuat lentur tersebut dituangkan pada Tabel 4.10, sebagai berikut:



Gambar 4.2 Pengujian kuat lentur

Maka hasil pengujian kuat lentur tersebut dituangkan pada Tabel 4.10, sebagai berikut :

Tabel 4.10 Data hasil pengujian kuat lentur beton ringan

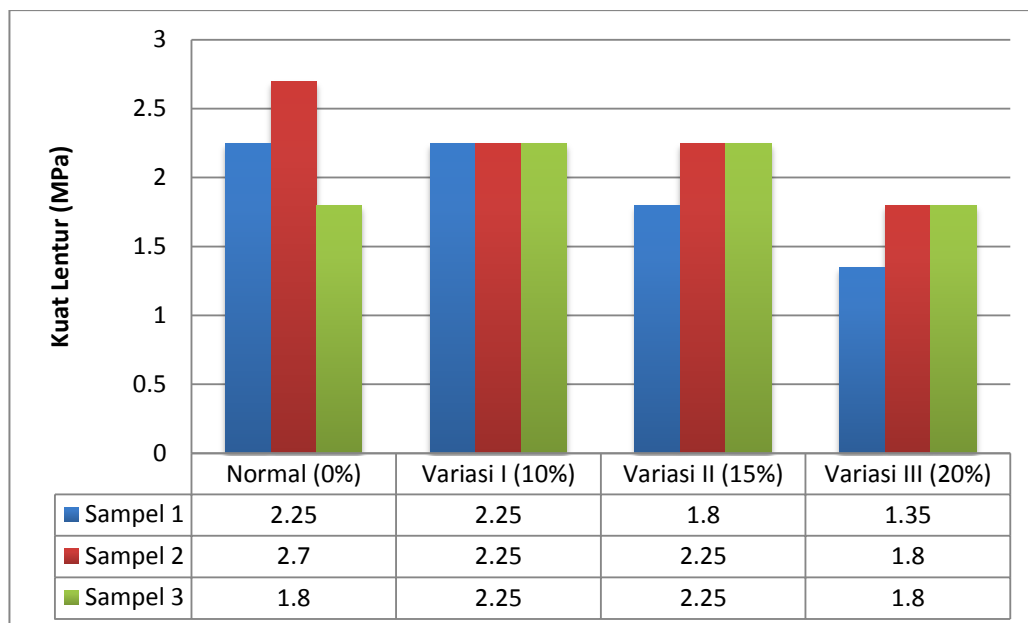
Sampel	%ASP	%SCT	Berat Beton		Umur Rencana	Beban Tekan Beton f_c' (KN)
			Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman		
1	Normal (0%)		10,491	10,100	28 Hari	5
2	0%	0%	10,040	9,900		6
3			9,357	9,300		4
1	Variasi I (10%)		10,178	10,200	28 Hari	5
2	5%	5%	9,963	9,000		5
3			9,768	8,600		5
1	Variasi II (15%)		9,546	8,200	28 Hari	4
2	10%	5%	9,871	8,600		5
3			10,210	9,000		5
1	Variasi III (20%)		9,348	8,800	28 Hari	3
2	15%	5%	9,223	8,200		4
3			9,720	9,000		4

Berdasarkan Tabel 4.10 maka didapatkan hasil nilai rata-rata dari kuat lentur yang dirincikan kedalam Tabel 4.11 sebagai berikut.a

Tabel 4.11 Nilai rata-rata kuat lentur beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	Kuat Lentur Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	2,25
2			2,7
3			1,8
Rata-Rata			2,25
1	5%	5%	2,25
2			2,25
3			2,25
Rata-Rata			2,25
1	10%	5%	1,8
2			2,25
3			2,25
Rata-Rata			2,1
1	15%	5%	1,35
2			1,8
3			1,8
Rata-Rata			1,65

Terdapat perbandingan hasil nilai pada kuat tekan beton ringan yang dibuat dalam bentuk diagram kedalam Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil nilai kuat lentur

Dari gambar 4.3 grafik menunjukkan nilai kuat lentur 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. Dan kapur tersebut memiliki kadar sebesar 60-67 tetapi nilai persentase yang saya 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 kuat lentur rata-rata beton normal sebesar 2,25 Mpa, sedangkan untuk substitusi di 20%, kuat lentur rata-rata sebesar 1,65 Mpa. Maka dari itu hasil grafik diatas menunjukkan makin bertambahnya persentase terhadap abu sekam padi dan serbuk cangkang telur maka hasil nilai kuat lenturnya ternyata semakin menurun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1 Kesimpulan

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

1. Perencanaan campuran beton (*mix deisgn*) beton ringan dengan campuran abu sekam padi dan serbuk sangkang telur sebagai bahan pengganti semen sebagian untuk penelitian uji kuat tekan.

Tabel 5.1 *Mix design* uji kuat tekan

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

Perencanaan campuran beton (*mix deisgn*) beton ringan dengan campuran abu sekam padi dan serbuk sangkang telur sebagai bahan pengganti semen sebagian untuk penelitian uji kuat lentur.

Tabel 5.1 *Mix design* uji kuat lentur

No	Bahan	0%	10%	15%	20%
1	Semen (1 bagian) kg	10,800	9,720	9,180	8,640
2	Pasir (2 bagian) kg	21,600	21,600	21,600	21,600
3	Air (w/c) 0,55 dari berat semen (L)	5,94	5,346	5,049	4,752
4	F/A (1/40) (ml)	27/1080	27/1080	27/1080	27/1080
5	Sika (2% x C) (ml)	21,6	17,2	18,3	17,2
6	ASP (kg)	0	0,54	1,08	1,62
7	SCT (kg)	0	0,54	0,54	0,54

2. Dari analisis data yang telah dilakukan didapat bahwa efek penambahan setiap variasi dari SCT dan ASP terhadap kuat tekan memberikan efek penurunan, dari variasi 0% ke 10% mencapai 2.22 MPa, variasi 10% ke 15% mengalami kenaikan sebesar 0.24 MPa, dan variasi 15% ke 20% mengalami penurunan sebesar 1.42 MPa.

Dari analisis data yang telah dilakukan didapat bahwa efek penambahan setiap variasi dari SCT dan ASP terhadap kuat lentur memberikan efek penurunan, dari variasi 0% ke 10% tidak mengalami perubahan, variasi 10% ke 15% mengalami penurunan sebesar 0.15 MPa, dan variasi 15% ke 20% mengalami penurunan sebesar 0.45 MPa.

3. Berdasarkan data pengujian kuat tekan beton ringan dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai pengganti semen sebagian untuk variasi 28 hari maka didapatkan kuat tekan maksimum sebesar 8.04 mpa pada normal (0%) pada sampel 1.

Berdasarkan data pengujian kuat lentur beton ringan dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur sebagai pengganti semen sebagian untuk variasi 28 hari maka didapatkan kuat lentur maksimum sebesar 2,7 mpa pada normal (0%) pada sampel 2.

4. nilai kuat lentur 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. Dan 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 silica yang dimana kadarnya yaitu 17-25 sedangkan didalam penelitian ini abu sekam padi persentasenya lebih besar dibandingkan serbuk cangkang telur maka dari itu terjadilah kuat lentur rata-rata beton normal sebesar 2,25 MPa, sedangkan untuk substitusi di 20%, kuat lentur rata-rata sebesar 1,65 MPa. Maka dari itu hasil grafik diatas menunjukkan makin bertambahnya persentase terhadap abu sekam padi dan serbuk cangkang telur maka hasil nilai kuat lenturnya ternyata semakin menurun.

5.2 Saran

1. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut tentang beton ringan menggunakan bahan daur ulang sebagai pengganti semen sebagian agar dapat mengurangi konsumsi semen.
2. Diharapkan penambahan variasi dalam umur beton agar mengetahui nilai kekuatan yang lebih spesifik.
3. Diharapkan menambah variasi persentase dari filler-filler atau bahan tambah yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriani, S., Fathul, W. M., & Farida, I. (2017). Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen. *Jurnal Konstruksi*, 15(1), 46–56.
<https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.15-1.46>
- Gunawan, P., Budi, A. S., & Wicaksono, K. D. (2014). Kuat Lentur, Toughness, dan Stiffness Pada Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Aluminium. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 109–116.
- Ikhsan Sefri Priambodo. (2016). *Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kualitas Fisika Dan Kimia Pada Produksi Portland Composite Cement*. 41, 6–41.
- Karimah, R., Rusdianto, Y., & Hamdany, D. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 50–55.
<https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4492>
- Kuat, D. A. N., & Beton, L. (2016). *Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan*. 4(August), 11–20.
- Mulyati, & Herman. (2015). Komposisi dan Kuat Tekan Beton pada Campuran Portland Composite Cement, Pasir dan Kerikil Sungai. *Jurnal Momentum*, 17(2), 1–5.
- Murtono, A. (2015). *Pemanfaatan Foam Agent Dan Material Lokal Dalam Pembuatan Bata Ringan*.
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. *Jurnal Sipil Statik*, 1(7), 479–485.
- Prahara, E., Liong, G. T., Rachmansyah, R., Utara, U. S. U. S., Utara, U. S. U. S., Wahyudi, T., Edison, B., Pd, S., Ariyanto, A., Eng, M., & Rico Ronald Marpaung, R. K. (2017). Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(1), 1–10.
<https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>
- Puro, S. (2014). Kajian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Ringan Memanfaatkan Sekam Padi Dan Fly Ash Dengan Kandungan Semen 350 kg/m³. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(2), 85–91.
- Putra, A. A. F., & Pengantar, K. (2015). *KARAKTERISTIK BETON RINGAN DENGAN BAHAN PENGISI STYROFOAM DISUSUN OLEH :*
- 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.

- Raharja, S., As'ad, S., & Sunarmasto. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 503–510.
- Soentpiet, B. J., Wallah, S. E., & Manalip, H. (2018). Modulus Elastisitas Beton Geopolymer. *Jurnal Sipil Statik*, 6(7), 517–526.
- Tata, A., Sultan, M. A., & Sumartini. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal SIPILsains*, 06(11), 23–30.
- Triastuti, T., & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Zainuri, G. Y., & Megasari, S. W. (2019). Analisis Penambahan Cocofiber Pada Campuran Beton. *Seminar Nasional Pakar Ke 2 Tahun 2019, Buku 1 : Sains Dan Teknologi*, 1, 1–6. <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/pakar/article/viewFile/4158/3299>

LAMPIRAN



Gambar L- 1 : *Hydraulic Concrete Beam*



Gambar L- 2 : Saringan Agregat Halus



Gambar L- 3 : Oven



Gambar L- 4 : Gelas Ukur



Gambar L- 5 : Kerucut Abrams



Gambar L- 6 : *Mixer* Beton



Gambar L- 7 : Timbangan digital



Gambar L- 8 : Bak Perendaman



Gambar L- 9 : Ember



Gambar L- 10 : Sendok semen dan sekop tangan



Gambar L- 11 : Skrap



Gambar L- 12 : Pan



Gambar L- 13 : Wadah



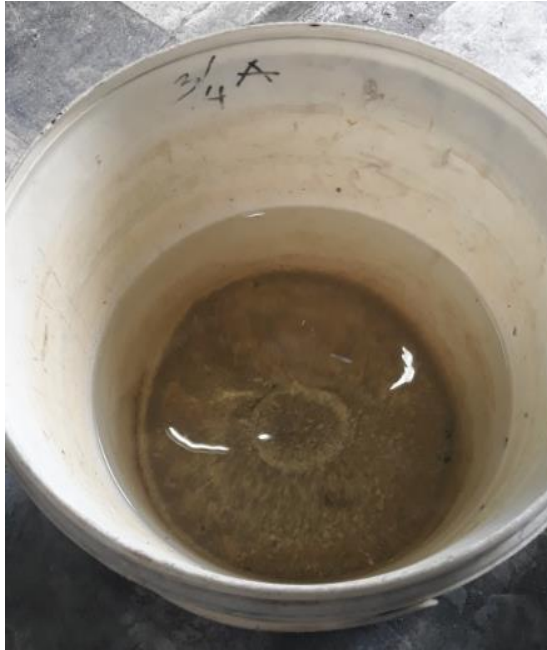
Gambar L-14 : Kain Lap



Gambar L- 15 : Agregat Halus



Gambar L- 16 : Semen PPC Tipe 1



Gambar L- 17 : Air



Gambar L- 18 : Mengaduk Semua Agregat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Rio Prabowo Ramadani
Panggilan : Rio
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Januari 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat Sekarang : Jln. Pembangunan, no.64, Percut Sei Tuan
HP/Tlpn Seluler : 0812-6222-7570

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210201
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SD Negeri 118428	2010
Sekolah Menengah Pertama	MTS Al-Ilhamiyah	2013
Sekolah Menengah Atas	SMA Dharma Bakti	2016
