

TUGAS AKHIR

**OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE*) YANG DIPERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

DELINA NILA SARI

1607210084



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



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

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

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

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan Nomor dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMEAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Delina Nila Sari
NPM : 1607210084
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Observasi Kuat Tarik Belah Beton Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) Yang Diperkuat Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Secara Eksperimental (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 Oktober 2020

Dosen Pembimbing

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

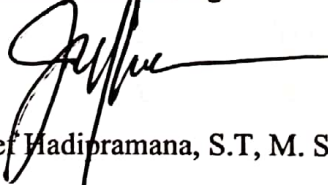
Nama : Delina Nila Sari
NPM : 1607210084
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Observasi Kuat Tarik Belah Beton Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) Yang Diperkuat Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Secara Eksperimental (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



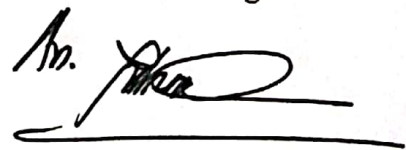
Dr. Josef Hadipramana, S.T, M. Sc

Dosen Pembanding I



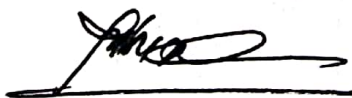
Ade Faizal, S.T, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Delina Nila Sari
Tempat, Tanggal Lahir : Air Teluk Kiri, 17 Juni 1999
NPM : 1607210084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Observasi Kuat Tarik Belah Beton Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) Yang Diperkuat Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Secara Eksperimental”

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjana saya.

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

Medan, November 2020

Saya yang menyatakan,



Delina Nila Sari
Delina Nila Sari

ABSTRAK

OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE*) YANG DIPERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL (STUDI PENELITIAN)

Delina Nila Sari

1607210084

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

Produksi semen yang berbahan utama berupa klinker dapat menimbulkan emisi gas karbondioksida sebesar 5 -7% untuk seluruh dunia. Dengan memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan, perlu dilakukan pengurangan semen pada pembuatan material konstruksi. Salah satunya yaitu pada *foamed concrete*. Dewasa ini material seperti beton ringan CLC (*cellular lightweight concrete*), sedang ramai dikembangkan. Maka dari itu, dalam penelitian ini penggunaan semen yang menjadi bahan penyusun utama beton CLC digantikan sebagian dengan memanfaatkan abu sekam padi (ASP) sebagai *fly ash* dimana kandungan utama ASP adalah silika. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka ASP dikombinasikan dengan serbuk cangkang telur (SCT) yang kaya akan kandungan kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kekuatan tekan dan tarik pada beton ringan CLC. Eksperimen yang dijalankan berupa membuat 4 variasi campuran yaitu 0%, 10%, 15% dan 20% sebagai alternative pengganti semen. Perbandingan pasir-semen yaitu 1:2, dengan nilai F.A.S sebesar 0.55. Hasil kuat tekan yang diperoleh menunjukkan bahwa, kuat tekan optimum berada pada variasi 0%. Hasil tersebut berbanding lurus dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena takaran campuran ASP dan SCT tidak bekerja secara maksimal sebagai bahan pozzolan. Sedangkan nilai densitas yang dihasilkan cenderung menurun untuk setiap penambahan variasi ASP dan SCT.

Kata Kunci: Beton ringan CLC, Abu sekam padi, Serbuk cangkang telur.

ABSTRACT

OBSERVATION OF TENSILE STRENGTH IN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) WITH RICE HUSK ASH AND EGGSHELL POWDER AS A CEMENT SUBSTITUTE EXPERIMENTALLY (RESEARCH STUDIES)

Delina Nila Sari

1607210084

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

The production of cement, which is mainly made of clinker, can cause carbon dioxide gas emissions of 5 -7% worldwide. By paying attention to the environmental impact, it is necessary to reduce cement in the manufacture of construction materials. One of them is foamed concrete. Currently, materials such as CLC (cellular lightweight concrete) are being developed. Therefore, in this study, the use of cement which is the main constituent of CLC is partially replaced by utilizing rice husk ash (RHA) as fly ash where the main content of RHA is silica. To get optimal results, RHA is combined with eggshell powder (EsP) which is rich in calcium content. This study aims to investigate the compressive and tensile strength characteristics of CLC. The experiment was carried out in the form of making 4 variations of the mixture, namely 0%, 10%, 15% and 20% as an alternative to cement. The sand-cement ratio is 1: 2, with a w/c value of 0.55. The compressive strength results obtained show that the optimum compressive strength is at a variation of 0%. This result is directly proportional to the resulting tensile strength value. This is because the dosage of the mixture of RHA and EsP does not work optimally as a pozzolanic ingredient. Meanwhile, the resulting density value tends to decrease for each additional variation of RHA and EsP.

Keyword: Cellular lightweight concrete, Rice husk ash, Eggshell powder

KATA PENGANTAR



Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Observasi Kuat Tarik Belah Beton Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) Yang Diperkuat Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Secara Eksperimental”

Dimana Tugas Akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Rasa syukur penulis kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Bapak Rusli dan Ibu Sri Sukesih, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ucapan terima kasih paling spesial untuk diri saya sendiri yang telah melewati berbagai keadaan untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah berusaha, telah bersabar, dan telah berjuang untuk menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc., selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
5. Bapak Ade Faisal, S.T, M.Sc, Ph.D selaku dosen penguji I dan Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T., selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan

koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
9. Yang tersayang adik-adik penulis Muhammad Angga Syahputra dan Amelia Clarrisa Putri yang telah memberikan dukungan, semangat, serta perhatian kepada penulis.
10. Pakde Ruslan, Bude Wiwin Dosi Pujiati, Mbak Dyah Anggies dan Mbak Dyndha Thaharah. Terima kasih atas segala kebaikan yang selalu diberikan kepada penulis dari awal penulis mulai kuliah. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian.
11. Rani Arlia Sepa, sahabat penulis sejak masa SMK hingga sekarang. Terima kasih atas segala dukungannya, kesabarannya dan pengertiannya. Semoga kita bisa sukses kedepannya.
12. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Fira Vidia br. Manurung, Intan Adelina Nasution, Rio Prabowo Ramadhani, Deni Sapriandi Lubis, Rean Farras Septian, Jaka Syahputra, dan M.Rizki Rizaldi, , yang telah sama-sama saling memberi dukungan dan motivasi, saling membantu dan mengarahkan ketika penulis melakukan kekeliruan serta ketika penulis mendapatkan kesulitan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk semua pengalaman dan kebahagiaan yang telah dibagikan..
13. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2016 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.
14. Permadiksi dan Biro Kemahasiswaan UMSU, terkhusus Kak Zahral Amni, terima kasih telah memberikan kesempatan bagi penulis sehingga dapat

menerima beasiswa, terima kasih telah selalu peduli terhadap nilai akademik dan non-akademik penulis, terima kasih telah mengurus segala hal mengenai biaya kuliah dan beasiswa penulis. Semoga kak Amni selalu diberi kesehatan oleh Allah SWT dan seluruh kebaikannya menjadi *amal jariyyah*.

15. iKON dan Kim Hanbin, terima kasih telah menciptakan banyak lagu dan karya yang menginspirasi penulis untuk terus bekerja keras, terima kasih telah menghibur penulis melalui tingkah kalian. *The word "happiness" is too vague, so I hope you guys feel that it's worth living everyday*. Mari kita bertemu secepatnya suatu hari nanti.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang akan dilakukan.

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, November 2020

Penulis

Delina Nila Sari

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Beton Ringan CLC (<i>Cellular Lightweight Concrete</i>)	7
2.3 Bahan Dasar Beton Ringan	9
2.3.1 Semen	9
2.3.2 Agregat Halus	12
2.3.3 Air	13
2.3.4 <i>Foam Agent</i>	14
2.4 Abu Sekam Padi	15
2.5 Serbuk Cangkang Telur	17
2.6 Bahan Tambah (<i>Chemical Admixtures</i>)	18
2.7 Slump Flow	20
2.8 Berat Jenis (<i>Density</i>)	21

2.9	Kuat Tekan (<i>Compressive Strength Test</i>)	22
2.10	Kuat Tarik Belah (<i>Tensile Strength Test</i>)	23
BAB 3 METODE PENELITIAN		24
3.1	Diagram Alir Penelitian	24
3.2	Tempat Penelitian	26
3.3	Alat dan Bahan	26
3.3.1	Alat	27
3.3.2	Bahan	28
3.4	Metode Penelitian	29
3.4.1	Variasi 0% (Normal)	29
3.4.2	Variasi 10%	29
3.4.3	Variasi 15%	30
3.4.4	Variasi 20%	30
3.5	Tahapan Penelitian	30
3.5.1	Tahap Persiapan	30
3.5.2	Pengadaan dan Pemeriksaan Bahan	31
3.6	Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan	32
3.6.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir	32
3.6.2	Pemeriksaan Berat jenis Pasir	33
3.6.3	Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir	35
3.6.4	Pemeriksaan Kadar Air Pasir	35
3.6.5	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu sekam padi	36
3.6.6	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur	38
3.7	Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)	40
3.8	Percobaan <i>Slump Flow</i>	41
3.9	Percobaan Mencetak dan Merendam Beton	43
3.10	Pemeriksaan Berat jenis (<i>Density</i>) Beton	44
3.11	Test Kuat Tekan	45
3.12	Test Kuat Tarik	46
3.13	Analisa Data	47

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Hasil Pemeriksaan Pasir	48
4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Pasir	48
4.1.2 Berat Isi Pasir	51
4.1.3 Kadar Lumpur Pasir	52
4.1.4 Kadar Air Pasir	54
4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penganti	55
4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Abu Sekam Padi	55
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Serbuk Cangkang Telur	58
4.3 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton Ringan	61
4.4 Pemeriksaan <i>Slump Flow</i>	67
4.4.1 Sampel Kuat Tekan	68
4.4.2 Sampel Kuat Tarik	69
4.4.3 <i>Slump Flow</i> Rata-rata Gabungan	71
4.5 Pengujian Berat jenis Beton (<i>Density</i>)	72
4.5.1 Analisa Berat jenis Beton Ringan (<i>Density</i>) Pada Sampel Kuat Tekan	72
4.5.2 Analisa Berat jenis Beton Ringan (<i>Density</i>) Pada Sampel Kuat Tarik	76
4.6 Pengujian Kuat Tekan	83
4.7 Pengujian Kuat Tarik	90
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Beton ringan CLC	7
Gambar 2.2	Semen	10
Gambar 2.3	<i>Foam Agent</i>	15
Gambar 2.4	Abu sekam padi	16
Gambar 2.5	Serbuk cangkang telur	18
Gambar 2.6	<i>Slump flow</i>	21
Gambar 3.1	Bagan alir metode penelitian	24
Gambar 3.2	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu sekam padi	38
Gambar 3.3	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan serbuk cangkang telur	39
Gambar 3.4	Pengerjaan <i>mix design</i>	41
Gambar 3.5	Pemeriksaan <i>slump flow</i>	42
Gambar 3.6	Mencetak dan merendam beton CLC	44
Gambar 4.1	Grafik analisa pengujian <i>slump flow</i> pada sampel kuat tekan	68
Gambar 4.2	Grafik analisa pengujian <i>slump flow</i> pada sampel kuat tarik	70
Gambar 4.3	Grafik analisa pengujian <i>slump flow</i> gabungan	71
Gambar 4.4	Grafik analisa <i>density</i> variasi 0% pada sampel kuat tekan	73
Gambar 4.5	Grafik analisa <i>density</i> variasi 10% pada sampel kuat tekan	74
Gambar 4.6	Grafik analisa <i>density</i> variasi 15% pada sampel kuat tekan	75
Gambar 4.7	Grafik analisa <i>density</i> variasi 20% pada sampel kuat tekan	76
Gambar 4.8	Grafik analisa <i>density</i> variasi 0% pada sampel kuat tarik	78
Gambar 4.9	Grafik analisa <i>density</i> variasi 10% pada sampel kuat tarik	79
Gambar 4.10	Grafik analisa <i>density</i> variasi 15% pada sampel kuat tarik	80
Gambar 4.11	Grafik analisa <i>density</i> variasi 20% pada sampel kuat tarik	81
Gambar 4.12	Grafik analisa <i>density</i> variasi rata-rata gabungan	82
Gambar 4.13	Grafik analisa kuat tekan variasi 0%	85
Gambar 4.14	Grafik analisa kuat tekan variasi 10%	86
Gambar 4.15	Grafik analisa kuat tekan variasi 15%	87
Gambar 4.16	Grafik analisa kuat tekan variasi 20%	88

Gambar 4.17	Grafik analisa kuat tekan rata-rata	89
Gambar 4.18	Grafik analisa kuat tarik variasi 0%	93
Gambar 4.19	Grafik analisa kuat tarik variasi 10%	94
Gambar 4.20	Grafik analisa kuat tarik variasi 15%	95
Gambar 4.21	Grafik analisa kuat tarik variasi 20%	96
Gambar 4.22	Grafik analisa kuat tarik rata-rata	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian terdahulu terhadap substitusi semen	11
Tabel 2.2	Komposisi kimia abu sekam padi	17
Tabel 4.1	Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada pasir	48
Tabel 4.2	Data hasil pemeriksaan berat jenis pasir	51
Tabel 4.3	Data hasil pemeriksaan kadar lumpur pasir	53
Tabel 4.4	Data hasil pemeriksaan kadar air pasir	54
Tabel 4.5	Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada abu sekam padi	55
Tabel 4.6	Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada serbuk cangkang telur	58
Tabel 4.7	Variasi pengganti semen yang digunakan	61
Tabel 4.8	Komposisi campuran beton ringan CLC dalam 1 m ³	62
Tabel 4.9	Komposisi campuran beton ringan CLC dalam 0.01855 m ³	65
Tabel 4.10	<i>Slump flow</i> adonan beton ringan CLC untuk sampel kuat tekan	68
Tabel 4.11	<i>Slump flow</i> adonan beton ringan CLC untuk sampel kuat tarik	69
Tabel 4.12	Berat jenis beton ringan CLC untuk kuat tekan pada umur 28 hari	72
Tabel 4.13	Berat jenis beton ringan CLC untuk kuat tarik pada umur 28 hari	77
Tabel 4.14	Analisa kuat tekan pada umur 28 hari	84
Tabel 4.15	Analisa kuat tarik pada umur 28 hari	92

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang	(m^2)
ρ	= Berat Jenis	(kg/m^2)
f_c	= Kuat Tekan	(MPa)
P	= Beban Tekan	(kN)
P'	= Beban Tarik Belah	(kN)
f_{ct}	= Kuat Tarik Belah	(MPa)
d	= Diameter Silinder	(mm)
SF	= <i>Slump Flow</i>	(mm)
d_1	= Diameter <i>slump flow</i> 1	(mm)
d_2	= Diameter <i>slump flow</i> 2	(mm)
L	= Panjang Silinder	(mm)
m	= Berat Benda Uji	(kg)
v	= Volume Benda Uji	(m^2)
A	= Berat Contoh Kering	(gr)
B	= Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh	(gr)
C	= Berat Contoh Di Dalam Piknometer Penuh Air	(gr)
D	= Berat Piknometer Penuh Air	(gr)
E	= Berat Contoh Kering Oven $110 \pm 5^\circ C$	(gr)
F	= Berat Pasir	(kg)
G	= Volume Silinder	(cm^2)
H	= Berat Kering Contoh Setelah dicuci	(gr)
I	= Berat Kotoran Agregaat Lolos No.200	(gr)
$W1$	= Berat Pasir SSD	(gr)
$W2$	= Berat Pasir Kering Oven	(gr)
$\rho_{rencana}$	= Berat Jenis Rencana	(kg/m^3)
V	= Volume Beton	m^3

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam konstruksi bangunan, dinding merupakan salah satu elemen yang penting. Dinding merupakan pembentuk utama dari bangunan dan berfungsi sebagai pemberi penampilan artistik dari suatu bangunan. Dalam perkembangannya, dinding yang biasanya terbuat dari bata konvensional mulai digantikan dengan inovasi baru guna mengurangi bobot dari bata yang digunakan. Salah satu inovasi yang sering digunakan yaitu berupa bata ringan atau disebut juga dengan beton ringan.

Beton ringan adalah mortar beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada mortar beton pada umumnya. Menurut SNI 03-3449-2002 mortar beton ringan tidak boleh melebihi berat isi maksimum beton ringan sebesar 1850 kg/m^3 . Salah satu jenis mortar beton ringan yang sering dijumpai (Ramamurthy, et. al., 2009), adalah beton ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) yaitu merupakan beton ringan yang mengandung banyak pori udara disebabkan oleh gelembung udara yang ditambahkan pada adonan mortar beton dan melalui proses *curing* secara alamiah.

Dalam perkembangannya, industri beton ringan CLC menghadapi berbagai tantangan dalam hal meningkatkan kuat tekan beton ringan, karena kekuatan tekan yang dihasilkan masih tergolong kecil. Namun meski begitu densitas dari beton ringan CLC ini tetap ringan. Oleh karena itu, inovasi-inovasi baru dalam hal pembuatan dan pengujian beton ringan CLC terus bermunculan baik menyangkut bahan campuran yang digunakan, komposisi campuran yang digunakan dalam proses pembuatannya, maupun pemeriksaan aspek-aspek kekuatan lainnya seperti kuat tarik belah yang dihasilkan dari beton ringan CLC tersebut.

Umumnya bahan penyusun yang dipakai dalam beton ringan CLC adalah pasir, semen, air dan *foam agent*. Salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton jenis CLC adalah semen. Semen merupakan perekat hidraulik yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama

silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan berupa batu gypsum, dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat merekatkan pada bebatuan. Produksi semen yang didasarkan pada bahan utama berupa klinker (nodul) dapat menimbulkan emisi gas CO₂ atau lebih dikenal dengan gas karbondioksida, dimana saat ini industri semen di seluruh dunia bertanggungjawab atas 5-7% polusi dari emisi gas tersebut.

Pengurangan penggunaan klinker sebanyak 1 kg pada proses produksi 1 ton semen dapat mereduksi gas CO₂ sebanyak 1 kg pula. Dengan memperhatikan faktor lingkungan dan ekonomi, maka pengurangan emisi gas CO₂ akibat penggunaan material semen sangat dibutuhkan, sehingga dampaknya diperlukan pengurangan penggunaan semen pada pembuatan material konstruksi.

Berdasarkan alasan di atas, penggantian penggunaan semen sebagian perlu dilakukan terutama pada material konstruksi seperti adonan pengecoran beton, baik untuk beton struktural seperti kolom dan balok maupun beton non-struktural seperti dinding. Salah satunya alternative bahan pengganti penggunaan semen yaitu abu sekam padi dan cangkang telur. Sekam padi mengandung silika sebanyak 87% - 97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna sedangkan Kulit telur mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram Selain itu rata-rata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga. Kandungan kalsium yang cukup besar tersebut berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan material pozzolan semen.

Kedua bahan alternatif tersebut juga diharapkan dapat difungsikan sebagai bahan tambah yang dapat memperkuat sifat mekanis beton itu sendiri. Sehingga pemakaian semen dapat diminimalisir serta dapat memenuhi kebutuhan silika dan kalsium yang berkurang akibat pengurangan penggunaan semen sebagian.

Dengan pemanfaatan limbah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dalam membuat beton ringan diharapkan mampu menghasilkan produk beton ringan dengan kekuatan tarik belah yang baik, ramah lingkungan, dan dapat bersaing baik secara kualitas maupun kuantitas dengan produk sejenisnya.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kehadiran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur yang bervariasi mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik dan densitas pada beton?
2. Bagaimana abu sekam padi dan serbuk cangkang telur mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik beton dengan variasi campuran 0%, 10%, 15% dan 20%?
3. Berapa persentase optimum dari penggunaan campuran ASP dan SCT sebagai bahan pengganti semen pada beton ringan CLC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil dari kehadiran campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur terhadap nilai kuat tarik belah, kuat tekan beton dan nilai densitas beton CLC melalui pengujian dengan mesin *tensile strength test* dan *compressive strength test*.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur terhadap kuat tekan, kuat tarik dan densitas beton dengan variasi 0%, 10%, 15% dan 20%.
3. Untuk mengetahui persentase optimum dari penggunaan campuran ASP dan SCT sebagai bahan pengganti semen pada beton ringan CLC.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan dari latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka perlu adanya pembatasan masalah antara lain:

1. Beton yang akan di buat merupakan beton ringan non-struktural.
2. Benda uji beton ringan CLC berupa silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
3. Bahan tambah pengganti semen yang digunakan berupa abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.

4. Variasi penambahan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur pada beton ringan CLC adalah sebesar 0%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen keseluruhan.
5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe 1.
6. Pasir yang digunakan diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai
7. Aturan atau standart yang digunakan mencakup pada acuan:
 - a. SNI 03-3402-2008 tentang Cara Uji Berat Isi Beton Ringan Struktural.
 - b. SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton Untuk Pasangan Dinding.
 - c. SNI 1970-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
 - d. SNI 03-2493-2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
 - e. SNI 03-3449-2002. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan.
 - f. ASTM C 496. *Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*
 - g. ASTM C 796 – 97. *Standart Test Method For Foaming Agents For Use in Producing Cellular Concrete Using Performed Foam.*
 - h. ASTM C 869 – 91. *Standart Spesification for Foaming Agents Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete.*
8. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian agregat pasir dan bahan tambah, pemeriksaan *slump flow*, berat jenis beton (*density*) kuat tekan, dan kuat tarik belah yang dihasilkan beton pada umur 28 hari.
9. Tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin, dan kelembaban udara tidak dibahas secara mendalam dalam penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan khususnya dinding/partisi teknologi beton sebagai alternatif pengganti beton normal.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya dan dapat pula dikembangkan menjadi

penelitian berkelanjutan dalam pengembangan bahan konstruksi terutama mortar beton CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) baik secara studi eksperimental maupun dengan menggunakan bantuan aplikasi.

3. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi dan memanfaatkan limbah-limbah terbuang yang belum dimanfaatkan secara maksimal seperti abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.
4. Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam dunia konstruksi dan dapat meregenerasi bahan konstruksi konvensional menjadi bahan konstruksi ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

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

Sedangkan beton ringan adalah mortar beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada mortar beton pada umumnya. Menurut SNI 03-3449-2002 mortar beton ringan tidak boleh melebihi berat isi maksimum beton ringan sebesar 1850 kg/m³.

Keunggulan utama beton ringan adalah pada berat jenisnya yang kecil, sehingga apabila digunakan pada bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat mengurangi berat sendiri bangunan secara signifikan, yang selanjutnya akan berdampak pada perhitungan pondasi. Selain ringan, beton ini memiliki kelebihan lain yaitu dapat mencapai ketahanan terhadap api, mampu meredam suara, dapat menyimpan energi panas, dapat menahan panas dari luar dan tahan terhadap rembesan air (Ghazi Wakili, et. al., 2015; Owsiak, et. al., 2015; Narayanan & Ramamurthy, 2000). Pada mortar beton konvensional mempunyai kelebihan berat yang akan memberikan efek yang serius bila runtuh karena gempa. Oleh karena itu, saat ini perkembangan beton ringan lebih diutamakan dalam industri konstruksi (Owsiak et al., 2015). Selain untuk mengurangi resiko bencana gempa, penggunaan material beton ringan memberikan efisiensi pada waktu pelaksanaan konstruksi dibandingkan menggunakan material berat seperti beton konvensional.

Sedangkan kelemahan beton ringan adalah nilai kekuatannya yang lebih kecil dibandingkan jenis beton konvensional, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan kekuatan lebih spesifik apabila beton ringan digunakan sebagai elemen struktural. Terdapat beberapa jenis beton ringan, namun ada 2 jenis beton ringan yang umum difungsikan sebagai dinding, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) atau juga sering disebut *Aerated Lightweight Concrete* (ALC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).

2.2 Beton Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)

Salah satu jenis beton ringan yang mudah dijumpai adalah beton ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) yaitu merupakan, beton selular (berpori) yang memiliki berat isi maksimum dan kekuatan material penyusun yang lebih rendah daripada beton normal. Biasanya beton jenis CLC banyak digunakan sebagai partisi dinding pada sebuah bangunan, sebagai bahan isolasi termal pada atap, sebagai stabilisasi pada tanah, dan sebagai pengisi dalam beton dan rangka baja.

Beton ringan CLC merupakan beton ringan yang mengandung banyak pori udara disebabkan oleh gelembung udara yang ditambahkan pada adonan mortar beton dan mengalami proses *curing* secara alami. Untuk menghasilkan pori udara, maka digunakan cairan yang disebut *foam agent*. Campuran *foam agent* dan air akan menghasilkan gelembung udara yang berfungsi sebagai pengganti agregat kasar (kerikil). Gelembung udara tersebut bersifat stabil sehingga dapat berfungsi sebagai media pembungkus udara yang tidak melakukan reaksi kimia ketika pencampuran adonan, sehingga menghasilkan pori yang terperangkap dalam mortar (tanpa proses kimiawi) dan membuat banyak pori dalam beton ringan CLC setelah mengeras dan efeknya beton ringan CLC akan bertambah ringan.



Gambar 2.1 Beton ringan CLC (Google)

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

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

Tjokrodimuljo dalam Widianoro, Chandra (2014) mengemukakan bahwa secara garis besar pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga, yaitu:

1. Beton ringan non-struktural dengan nilai massa jenis antara 240 – 800 kg/m³ dan nilai kuat tekan dengan range nilai 0.35 – 7 MPa. Beton ringan non-struktural ini sering digunakan sebagai dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Beton ringan untuk struktural ringan dengan nilai massa jenis antara 800 – 1400 kg/m³ dan nilai kuat tekan antara 7 – 17 MPa. Biasanya digunakan pada dinding yang difungsikan memikul beban ringan.
3. Beton ringan untuk struktural dengan nilai massa jenis antara 1400 – 1800 kg/m³ dengan nilai kuat tekan > 17 MPa. Biasanya beton ringan ini akan difungsikan seperti pada beton normal yaitu sebagai pemikul beban utama.

Pemakaian beton ringan menurut Gambhir (1986) dalam Widyastutik, A.R (2018) dalam bangunan diantaranya adalah untuk:

1. Dinding tembok struktural, yaitu dinding tembok yang menahan beban. Beton ringan yang dipakai untuk ini tentu saja beton ringan yang mempunyai kuat tekan cukup tinggi.
2. Tembok penyekat antar ruang dalam suatu gedung, biasanya berupa panel-panel beton bertulang.
3. Dapat dipakai sebagai beton tuang ditempat pada struktur komposit antara plat lantai/atap beton ringan dan balok beton bertulang biasa.
4. Sebagai dinding isolasi pada gedung-gedung, terutama pada bangunan perindustrian.

2.3 Bahan Dasar Beton Ringan

Menurut SNI 03-3449-2002 beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar dengan ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui isi berat maksimum beton yaitu, 1800 kg/m^3 . Sementara, Beton ringan dibuat dengan cara mencampurkan berbagai bahan seperti pasir, semen, pasir silika, *foam agent* dan air.

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

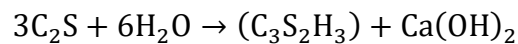
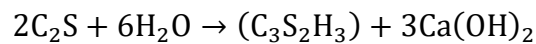
2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan fisik di sektor konstruksi sipil. Semen dapat didefinisikan sebagai bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah adanya reaksi dengan air. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan *grout* (encer) dan lain sebagainya.



Gambar 2.2 Semen (Google)

Proses reaksi kimia semen dengan air sehingga membentuk massa padat ini juga masih belum bisa diketahui secara rinci karena sifatnya yang sangat kompleks. Rumus kimia yang dipergunakan juga masih bersifat perkiraan untuk reaksi kimia dari unsur C_2S dan C_3S dapat ditulis sebagai berikut:



Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen dengan tujuan pemakaiannya.

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker yaitu kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama bahan tambahan lainnya salah satunya berupa kristal senyawa sulfat. (SNI 15-2049-1994).

Beberapa peneliti sebelumnya pernah melakukan penelitian pada jenis beton ini guna mengurangi penggunaan semen portland dengan menggantikannya dengan bahan-bahan alternative lainnya. Dari berbagai macam penelitian tersebut, diperoleh berbagai macam hasil, seperti pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1: Penelitian terdahulu terhadap substitusi semen

No.	Nama Penulis (Tahun)	Bahan dan metode	Jenis beton	Hasil
1.	Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., & Chindaprasirt, P. (2011).	Beton CLC yang mengandung material pozzolanic (Abu terbang sebagai pengganti semen)	Beton CLC	Diperoleh nilai kuat tekan terbesar adalah pada abu terbang 30% sebesar 4.08 MPa dalam 60 hari dengan penyerapan air sebesar 47% . Pada campuran ini pula diperoleh nilai ukuran pori, total volume pori, dan porositas yang paling kecil daripada campuran lain.
2.	Torkaman, J., Ashori, A., & Momtazi, A.S. (2014)	Limbah serat kayu, abu sekam padi dan batu kapur sebagai material pengganti semen	Beton ringan	Kuat tekan tertinggi 66.9 ± 0.4 MPa pada variasi A (ASP sebesar 25%)
3.	Sua-iam, G., Sokrai, P., & Makul, N. (2016)	Abu sekam padi dan batu kapur sebagai pengganti semen	Beton SCC	Dihasilkan kuat tekan > 40 MPa pada umur 28 hari dan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan 13% lebih tinggi
4.	Triastuti, T., & Nugroho, A. (2017)	Abu sekam padi (0%, 10% , 15% dan 20%) sebagai pengganti semen	Beton Busa	Kuat tekan terbesar diperoleh dari variasi ASP 15% dan 20% yaitu sebesar ≥ 1.45 MPa
5.	Setiawan, B. S. & Sukoyo (2012)	Beton ringan dari agregat pumice dengan penambahan ASP sebagai pengganti semen	Beton ringan	Dengan perbandingan 1:2:2 (semen:pasir:agregat) nilai kuat tekan tekan tertinggi adalah 19,9 MPa penambahan abu sekam padi sebesar 10%.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.

Pasir adalah suatu bahan bangunan yang diperoleh dari hasil penggalian lapisan tanah pembentuk kerak bumi yang berbentuk butiran, bersifat tidak tersementasi, tidak saling mengikat, dan merupakan hasil pelapukan batuan atau letusan gunung berapi yang telah terpengaruh cuaca. Pada umumnya butiran pasir berukuran 0.0625 sampai dengan 4.75 milimeter.

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

1. Syarat bentuk dan ukuran

Bentuk dan ukuran agregat untuk pekerjaan semen hidrolis harus memenuhi:

- a. Agregat halus merupakan hasil dari disintegrasi batuan alam.
- b. Agregat halus hasil olahan diproses khusus sehingga bentuk dan ukuran sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 03-6820-2002.
- c. Agregat yang berbutir bulat dan berukuran seragam sebaiknya tidak digunakan.

2. Unsur perusak

Unsur perusak yang terkandung dalam agregat harus dibatasi sebagai berikut:

- a. Partikel yang mudah pecah maksimum 1.0%
- b. Tidak mengandung zat organik
- c. Partikel ringan yang terapung pada cairan dengan berat jenis 2.0 maksimum sebesar 0.5%
- d. Kadar lumpur yang terkandung maksimum sebesar 5%.
- e. Bebas dari kotoran yang dapat merusak.

2.3.3 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton ringan, air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan yang membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan.

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

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

Air yang digunakan harus memenuhi ASTM C 1602M atau SNI 03-7974-2013 mengenai Spesifikasi Air Pencampur Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis. Syarat umum air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran yakni:

1. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang yang dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat beton.
2. Air yang digunakan harus bersih dan bebas dari bahan yang merusak seperti mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau beton.
3. Air pencampur tidak mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan yaitu lebih dari 0.5 gram/liter.
4. Air pencampur tidak boleh mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.
5. Air yang tidak dapat diminum sebaiknya tidak digunakan.

2.3.4 Foam Agent

Foam agent adalah suatu larutan pekat yang terbuat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antarmuka dan mengaktifkan antarmuka tersebut dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen.

Foam agent merupakan zat yang mampu memperbesar volume beton ringan CLC tanpa menambah berat dari beton ringan itu sendiri. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami berupa protein dan bahan berupa sintesis. *Foam agent* yang berasal dari bahan alami akan memiliki kepadatan 80 gram/liter dan dapat mengembang 12.5 kali. *Foam* ini relatif lebih stabil dan memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan *foam* sintesis (Tansajaya dalam Pah, 2019).

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

- 1) *Anionik*, sekitar 70% dari surfaktan yang digunakan menghasilkan busa, yaitu bagian aktif dari molekul yang bermuatan negative.
- 2) *Kationik*, kurang dari 5% dari surfaktan yang digunakan menghasilkan busa, yaitu hidrofilik yang bermuatan positif.

- 3) *Non-ionik (polar)*, sekitar 25% dari surfaktan yang digunakan untuk memproduksi busa, yaitu netral. Kurangnya muatan listrik dapat memberikan stabilitas yang lebih besar untuk campuran beton busa.
- 4) *Amfoter dan Zwiterion*, surfaktan yang jarang digunakan untuk memproduksi beton busa, tergantung pada pH larutan molekul dapat mempertahankan muatan positif atau muatan negatif, atau dapat keduanya.

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



Gambar 2.3 *Foam Agent*

2.4 Abu Sekam Padi

Menurut Haryadi dan Rifai (1997) dalam Fitriani, dkk (2017) menyatakan bahwa penambahan *fly ash* dalam hal ini adalah abu sekam padi pada campuran beton akan menghasilkan kuat desak yang paling maksimum dibandingkan dengan beton normal konvensional. Penggunaan abu sekam padi sebagai material

pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material abu sekam padi memiliki kehalusan butiran yang memenuhi persyaratan ACI 226, yaitu lolos pada ayakan No. 325 (45 *milimicron*) dengan warna keabu-abuan. Sedangkan sifat kimia berupa silika dan alumina yang dikandung sebesar 80%. Adanya kemiripan sifat ini menjadikan abu sekam padi sebagai material yang baik untuk menggantikan jumlah semen yang digunakan sebagai material penyusun beton.



Gambar 2.4. Abu Sekam Padi (Google)

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Jika sekam padi dibakar akan menghasilkan abu sekam padi. Secara tradisional, abu sekam padi digunakan sebagai bahan pencuci alat-alat dapur dan bahan bakar dalam pembuatan batu bata. Penggilingan padi selalu menghasilkan kulit sekam padi yang cukup banyak sebagai material sisa. Apabila abu sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam padi yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silika. Sekam padi banyak ditemukan di negara-negara penghasil padi seperti di Indonesia, Malaysia, Thailand, dan lain-lain. Abu sekam padi berwarna putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pada saat pembakaran.

Menurut data Badan Pusat Statistik, pada tahun 2020 Sumatera Utara dapat memproduksi 2.076.280,01 ton padi (diupdate pada 16 Oktober 2020). Namun tidak semua produksi padi tersebut dapat dimanfaatkan. Salah satunya yaitu abu

sekam padi. Limbah sekam padi yang dihasilkan sekitar 20% - 33% dari berat padi yang dihasilkan pertahunnya. Jumlah sekam padi yang dihasilkan tersebut tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Sekam padi juga dianggap sebagai bahan yang kurang bermanfaat dan tidak bernilai.

Sekam padi mengandung silika sebanyak 87% - 97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna (Handayani, Nurjanah & Rengga, 2014). Namun demikian, untuk meningkatkan proses hidrasi semen maka ditambahkan bahan alternative lain, yaitu cangkang telur yang digiling halus. Serbuk cangkang telur mengandung zat kapur (CaO) yang akan membantu proses hidrasi semen melalui SiO₂ (Chen, Chang, Lai, & Chou, 2017). Penambahan serbuk cangkang telur akan menambah kekurangan SiO₂ yang diperlukan.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

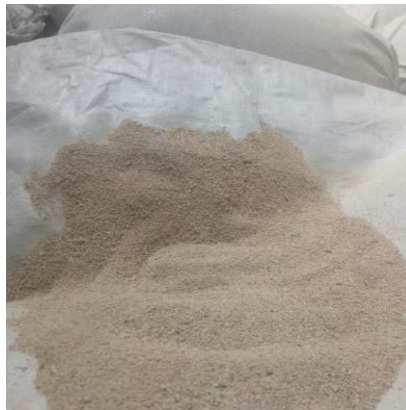
Komponen	% Berat
SiO ₂	89.90
K ₂ O	4.50
CaO	1.01
P ₂ O ₅	2.45
MgO	0.79
Fe ₂ O ₃	0.47
Al ₂ O ₃	0.46
MnO	0.14
CO ₂	0.10
S	0 < LLD

(Hadipramana, dkk. 2016)

2.5 Serbuk Cangkang Telur

Konsumsi telur di Sumatera Utara dewasa ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini mendorong produksi telur yang juga ikut meningkat dari tahun ke tahun. Seiring dengan hal itu, jumlah limbah cangkang telur pun turut meningkat

yang dimana pemanfaatan limbah cangkang telur belum optimal dan hanya berakhir ditempat sampah.



Gambar 2.5. Serbuk cangkang telur (Google)

Menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, produksi telur di Sumatera Utara mencapai angka 512.431,74 ton pada tahun 2019 (Diupdate 06 Maret 2020). Namun sebesar 10 % dari telur tersebut merupakan cangkang kulit telur, sehingga dalam setahun di seluruh Sumatera Utara dapat menghasilkan limbah cangkang telur sebanyak 14.327,206 ton cangkang kulit telur pertahun. Limbah cangkang telur tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sehingga hanya menjadi bahan terbuang yang tidak bernilai.

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

2.6 Bahan Tambah (*Chemical Admixtures*)

Dalam ASTM C125 dan ACI SP-19, bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam adonan mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukkan berlangsung. Bahan

tambah berfungsi untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton, misalnya untuk mempermudah pengerjaan beton, penghematan energy atau tujuan lainnya.

Jenis-jenis bahan tambah yang umum dijumpai menurut Nugraha dan Antoni (2007:84) dalam Widyastutik (2018:30) adalah sebagai berikut:

1. Jenis A : Mengurangi air (*water reducer*)
Water reducer admixture, digunakan untuk mengurangi kuantitas dari penggunaan air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai slump yang telah direncanakan.
2. Jenis B : Memperlambat pengikatan (*retarder*)
Retarder admixture, digunakan untuk memperlambat proses reaksi hidrasi atau pengikatan yang biasanya terjadi saat proses pengerjaan beton.
3. Jenis C : Mempercepat pengikatan (*accelerator*)
Accelerator admixture, digunakan untuk mempercepat proses reaksi hidrasi atau proses pengurangan air dalam beton untuk meningkatkan hasil kekuatan beton.
4. Jenis D : A+B (*water reducer* dan *retarder*)
Water reducer dan *retarder admixture*, digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampurkan air yang diperlukan untuk menghasilkan nilai beton yang telah direncanakan serta memperlambatkan laju proses hidrasi pada beton tersebut,
5. Jenis E : A+C (*water reducer* dan *accelerator*)
Water reducer dan *accelerator admixture*, digunakan untuk mengurangi kuantitas dari mencampur air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai slump yang telah direncanakan serta membantu untuk mempercepat reaksi hidrasi atau proses pengurangan air dalam beton guna meningkatkan nilai kuat tekan.
6. Jenis F : *Superplasticizer* (*water reducer* dan *high range*)
Water reducer dan *high range admixture*, digunakan untuk mengurangi kuantitas dari penggunaan air untuk mendapatkan beton dengan nilai *slump* lebih besar dari 12%.
7. Jenis G : *Water Reducer, High Range* dan *Retarder*

Water Reducer, High Range dan *Retarder*, digunakan untuk mengurangi penggunaan air dari mencampurkan air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan nilai *slump* 12 % atau lebih besar dan memperlambat reaksi hidrasi pada beton.

8. Serta bahan tambah yang berasal dari mineral alami seperti *fly ash*, kapur, *slag*, dan lain-lain.

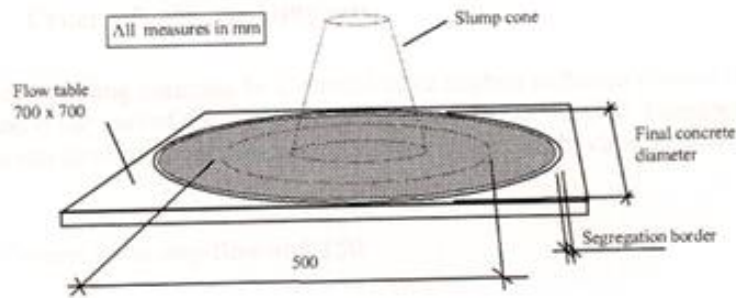
Adapun bahan tambah atau *admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament NN yang merupakan produk dari PT. Sika Indonesia. Sikament NN ini termasuk kedalam *admixture* jenis F yang sesuai dengan ASTM C 494-92. Menurut, Abdullah (2008) Sikament NN memiliki keuntungan jika digunakan dalam pembuatan beton. Keuntungan tersebut antara lain:

1. Sebagai *superplasticizer*
 - a. *Workability* sangat meningkat, *placeability* dikomponen yang langsung dengan penguatan yang memenuhi.
 - b. Mengurangi jumlah getaran yang diperlukan,
2. Sebagai *water reducer*
 - a. Mengurangi air sampai 20% dan akan menghasilkan 40% peningkatan *compressive strength* pada hari ke 28.
 - b. Menghasilkan nilai kekuatan yang tinggi dalam 12 jam.

2.7 Slump Flow

Filling ability adalah kemampuan beton untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan *filling ability* dari beton tersebut, digunakan *slump flow test* dengan menggunakan kerucut *abrams* guna mengetahui kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dalam besaran diameter.

Tes *Slump Flow* digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan air) dan stabilitas dari beton ringan. Peralatan yang digunakan dalam pengujian *slump flow* terdiri atas sebuah lingkaran berdiameter 500 mm -700 mm yang digambar pada sebuah permukaan datar. Alat uji kerucut (kerucut *abrams*) diisi dengan adonan beton ringan CLC kemudian setelah penuh, kerucut *abrams* diangkat ke atas sehingga adonan beton ringan membentuk sebuah lingkaran.



Gambar 2.6 *Slump flow* (Google)

Secara matematis, *slump flow* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SF = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (\text{Pers. 2.1})$$

Dimana:

SF = *Slump flow* (mm)

d_1 = Diameter 1 (mm)

d_2 = Diameter 2 (mm)

2.8 Berat Jenis (*Density*)

Sifat fisik beton ringan teraerasi erat kaitannya dengan berat jenis (300 – 1800 kg/m³). Ketika menentukan berat jenis, kondisi kelembapan perlu untuk diperhatikan. Untuk mendapatkan densitas sesuai dengan yang diinginkan pada jenis beton ringan teraerasi, perlu dilakukan variasi terhadap komposisi beton yang akan berpengaruh terhadap struktur pori, ukuran dan distribus pori. Struktur dan bentuk beton yang stabil sangat penting untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanis yang optimum. Selain itu, pori-pori harus terdistribusi secara merata dalam massa untuk mendapatkan densitas yang merata pula.

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

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

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Pers. 2.2})$$

Dimana:

ρ = Berat jenis atau *density* (kg/m³)

m = Massa benda uji (kg)

v = Volume benda uji (m³)

2.9 Kuat Tekan (*Compressive Strength Test*)

Kekuatan tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan yang bekerja sampai terjadinya kegagalan (*failure*). Kekuatan tekan yang diukur adalah kekuatan tekan pasta, mortar dan beton terhadap beban yang diberikan. Kuat tekan dalam beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat-sifat lain. Kuat tekan biasanya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C₂S (*carbon disulfide*) yang memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C₃A memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama, C₃A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini akan semakin mengecil.

Untuk mengetahui secara pasti kekuatan beton ringan, dilakukan pengujian kuat tekan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan dan diberi beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Untuk mengetahui besar dari kuat tekan beton ringan maka digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 2.3})$$

Dimana:

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

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

2.10 Kuat Tarik Belah (*Tensile Strength Test*)

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian kuat tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji. Umumnya kekuatan tarik belah beton relative rendah, yaitu antara 9% - 15% dari nilai kuat tekannya.

Menurut Nawy, (1998:41) dalam Putra (2015), pendekatan yang baik dalam menghitung kekuatan tarik beton (f_{ct}) adalah dengan menggunakan rumus $0.1f'_c < f_{ct} < 0.2f'_c$. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan bila beban-beban aksial langsung dan masalah penjepitan (*gripping*) pada mesin. Sehingga untuk mengetahui kuat tarik beton dalam pengujian hanya dapat diukur dengan metode uji keruntuhan (*modulus of rupture*) dan metode uji belah silinder.

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton. Specimen silinder direbahkan dan ditekan dengan menggunakan beban tekan merata di seluruh bagian panjang dari silinde sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *splitting test* atau *brasillian test*. Kuat tarik dengan belah silinder dapat ditentukan dengan persamaan:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \times d \times L} \quad (\text{Pers. 2.4})$$

Dimana:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa).

P = Beban pada waktu belah (N).

d = Diameter benda uji silinder (mm).

L = Panjang benda uji silinder (mm).

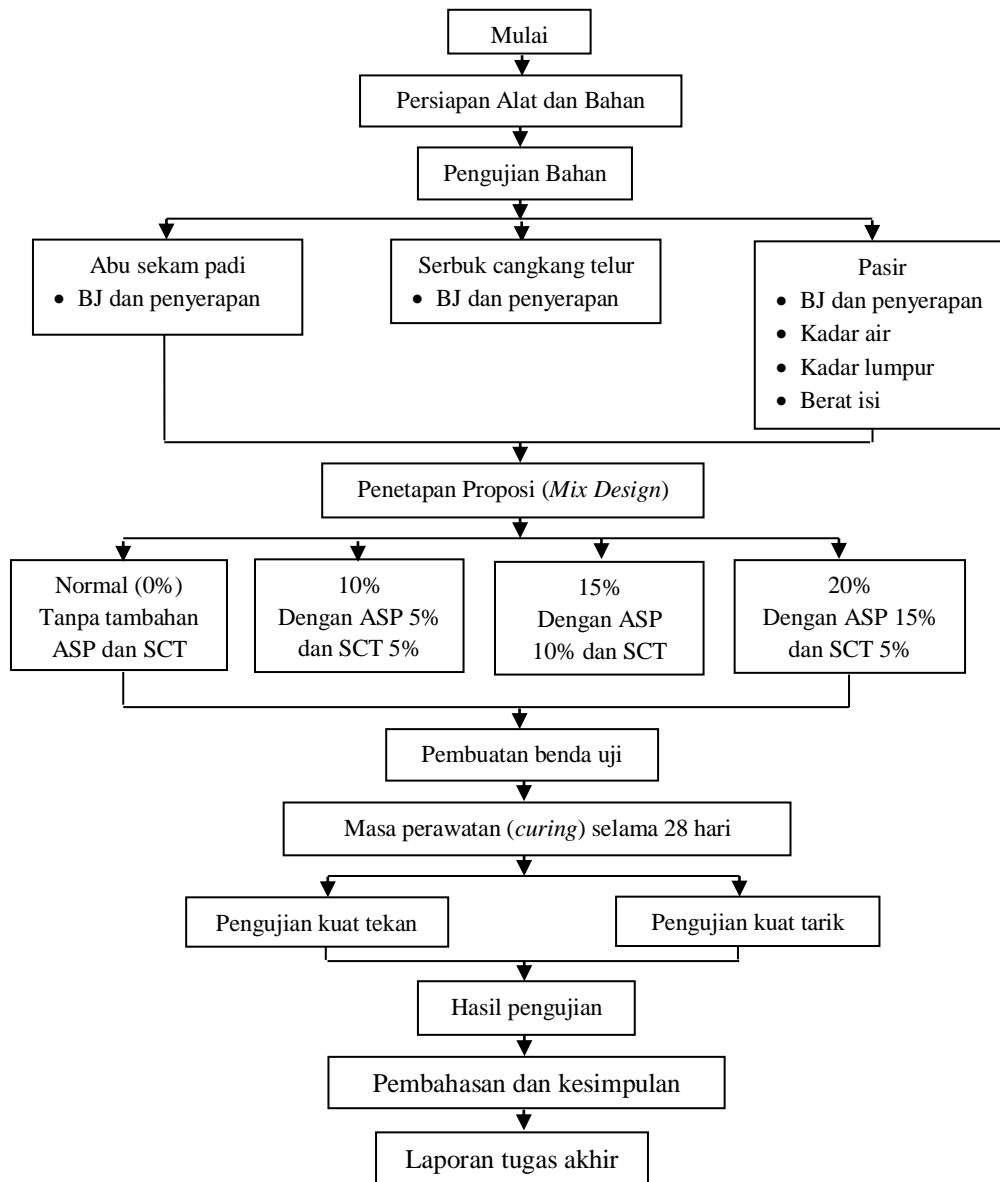
Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian biasanya mencapai kekuatan 0.05 – 0.6 kali $\sqrt{f'_c}$, sehingga untuk beton normal biasanya digunakan $0.57\sqrt{f'_c}$.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan alir metode penelitian

Gambar 3.1 di atas menunjukkan alur dari metode penelitian dimana pada proses awal, dilakukan:

1. Persiapan alat dan bahan

Sebelum memulai penelitian, perlu dilakukan proses persiapan baik persiapan dan pengecekan alat maupun persiapan bahan yang akan digunakan selama penelitian berlangsung. Hal ini dimaksudkan supaya mempermudah kinerja saat melakukan penelitian.

2. Pengujian bahan

Pengujian bahan yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur serta berat jenis agregat. Untuk bahan pengganti semen yaitu abu sekam padi dan serbuk cangkang telur hanya dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan. Setelah pengujian dasar selesai dilakukan, maka selanjutnya dapat merencanakan rancangan campuran.

3. *Mix design*.

Merencanakan rancangan campuran (*mix design*) beton ringan merupakan hal yang penting sebelum melakukan pelaksanaan pengerjaan beton. Dalam *mix design* ditentukan pula semua proporsi yang akan digunakan.

4. Pencampuran bahan pengganti

Penggunaan bahan pengganti semen pada penelitian inia adalah menggunakan abu sekam padi (5%, 10%, dan 15%) dan serbuk cangkang telur (5%).

5. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji adalah proses utama yang dilakukan dalam penelitian ini. Dilakukan pencampuran semua bahan penyusun beton yaitu pasir, semen, air, *foam agent*, *chemical admixture* dan bahan pengganti semen (abu sekam padi dan serbuk cangkang telur) yang telah ditentukan proporsinya saat *mix design*.

6. Pengujian *slump flow*

Dilakukan pengujian *slump flow* untuk mengetahui

7. Perawatan (*curing*)

Benda uji yang telah dicetak akan melalui proses perawatan (*curing*) dengan melakukan perendaman beton selama 28 hari.

8. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya pada benda uji tekan dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

9. Pengujian kuat tarik

Selanjutnya pada benda uji tarik dilakukan pengujian kuat tarik terhadap beton yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

10. Hasil pengujian

Setelah penelitian di Laboratorium telah selesai dilakukan, dilanjutkan pada pembahasan dan konsultasi analisa data pada dosen pembimbing.

11. Pembahasan dan kesimpulan

Setelah analisa telah dikerjakan secara keseluruhan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

12. Laporan tugas akhir

Tahapan selanjutnya adalah menyelesaikan laporan tugas akhir.

3.2 Tempat Penelitian

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk penelitian kadar air, berat jenis, *slump flow*, dan berat isi maksimum.
2. Untuk pengujian kuat tekan (*compressive strength test*) dan kuat tarik belah (*tensile strength test*) akan dilakukan di Laboratorium di luar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3 Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang maksimal, maka dibutuhkan peralatan dan bahan yang berkualitas guna memenuhi persyaratan yang berlaku.

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Sebagian besar alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Peralatan yang tidak ada seperti *foam generator*, sarung tangan, masker, dan lainnya sebagainya dibeli di toko-toko terdekat. Alat-alat yang digunakan antara lain sebagai berikut:

Peralatan material:

1. Saringan halus, digunakan untuk memeriksa gradasi pasir dan bahan tambah.
2. Timbangan digital.
3. Gelas ukur, digunakan untuk takaran air, *foam agent*, dan *admixtures* yang digunakan dalam pengerjaan beton ringan CLC. Gelas ukur ini juga digunakan untuk menguji berat isi dari mortar.
4. *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu pengujian.
5. Piknometer, digunakan untuk melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dari pasir, abu sekam padi dan serbuk cangkang telur.
6. Oven, digunakan untuk mengeringkan sampel bahan.
7. Wadah atau ember, digunakan sebagai tempat air perendaman sampel.
8. Cetakan beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Plastik ukuran 10 kg, sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk *dimixer*.
10. Pan, digunakan untuk menjemur agregat halus serta untuk alas pengaduk beton.
11. Satu set alat *slump flow test*, yang terdiri: kerucut *abrams*, mistar, dan plat.
12. Skop tangan dan alat cetok, digunakan untuk mencampurkan mortar, menuangkan mortar ke cetakan dan meratakan permukaan mortar dalam cetakan.
13. Vaseline dan kuas, digunakan untuk melapisi cetakan agar beton tidak lengket dan menempel dalam cetakan.
14. Mesin pengaduk beton (*mixer*), digunakan untuk mencampur semua bahan hingga membentuk adonan mortar.

15. Mesin pengaduk *foam agent*, terbuat dari bor beserta mata bor yang dimodifikasi agar dapat memutar dengan konstan, sehingga menghasilkan busa yang lebih stabil.
16. Bak perendam, digunakan untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.

Alat pengujian beton:

1. Mesin kuat tekan (*compression test machine*)
2. Mesin kuat tarik belah (*tensile test machine*)

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton ringan CLC adalah sebagai berikut:

1. Abu sekam padi

Pengumpulan abu sekam padi akan diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Abu sekam padi yang digunakan diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi menggunakan suhu tinggi dan stabil sekitar 500°C - 800°C hingga menghasilkan abu yang berwarna abu-abu.

2. Serbuk cangkang telur

Sedangkan pengumpulan cangkang telur akan diambil dari pedagang-pedagang makanan kaki lima dan industri roti disekitaran kota Medan.

Langkah awal yang dilakukan dalam membuat serbuk cangkang telur yaitu: (1) menjemur cangkang telur di bawah sinar matahari, (2) menghaluskan cangkang telur hingga menjadi serbuk, dan (3) menyaring cangkang telur yang telah dihaluskan dengan saringan no. 50.

3. Semen

Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe 1 dengan merk Andalas sesuai dengan ketentuan dalam ASTM C 796.

4. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus yang digunakan berupa butiran pasir yang lolos pada ayakan No.4. Pada penelitian ini, agregat halus yang akan digunakan diperoleh dari daerah Megawati, Kota Binjai.

5. *Foam Agent*

Foam agent yang akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari *e-commerce* yang sesuai dengan ketentuan pada ASTM C 869 dan C796.

6. *Chemical Admixture*

Chemical Admixture yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *chemical admixture* tipe F sesuai dengan standart ASTM C 494. Dalam hal ini penulis menggunakan Sikament NN.

7. Air

Air yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang akan digunakan merupakan air bersih yang layak diminum, sehingga telah memenuhi syarat penggunaan air pada beton.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimental, dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa beton ringan CLC (*cellular lightweight concrete*) dengan perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1:2, nilai F.A.S sebesar 0.55, dan perbandingan antara *foam agent* (FA/W) dengan air sebesar 1:40. Densitas beton ringan yang dihasilkan adalah < 1800 kg/m³. Kemudian selanjutnya untuk penggantian semen sebagian dengan ASP dan SCT dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

3.4.1 Variasi 0% (Normal)

Tidak ada penambahan campuran abu sekam padi dan serbuk cangkang telur pada variasi ini. Hal ini didasarkan bahwa variasi ini adalah variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

3.4.2 Variasi 10%

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 10% dari berat keseluruhan semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran abu sekam padi dengan serbuk cangkang telur masing-masing sebesar 5% dari berat keseluruhan semen. Kuantitas serbuk cangkang telur pada penelitian

ini konstan sebanyak 5% untuk variasi selanjutnya. Hal ini didasarkan pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

3.4.3 Variasi 15%

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 15% dari berat keseluruhan semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran abu sekam padi sebesar 10% dan serbuk cangkang telur sebesar 5% dari berat keseluruhan semen.

3.4.4 Variasi 20%

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 20% dari berat keseluruhan semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan campuran abu sekam padi sebesar 15% dan serbuk cangkang telur sebesar 5% dari berat keseluruhan semen.

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

3.5 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap penyusunan laporan penelitian. Menyusun tahapan penelitian dengan baik merupakan salah satu faktor penunjang berhasilnya suatu penelitian. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:

3.5.1 Tahap Persiapan

Pada tahapan persiapan, aktivitas yang dilakukan berupa studi literature, pengumpulan alat dan bahan, serta membuat rancangan penelitian dengan metode eksperimen. Abu sekam padi dan serbuk cangkang telur digunakan sebagai campuran pengganti semen sebagian pada pembuatan beton ringan CLC dengan berbagai macam variasi yaitu, 10%, 15% dan 20%. Kemudian beton tersebut akan dibandingkan dengan variasi 0% sebagai variasi pengontrol.

3.5.2 Pengadaan dan Pemeriksaan Bahan

Pengadaan dan pemeriksaan bahan dilakukan di dalam lingkungan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: semen, pasir, abu sekam padi, serbuk cangkang telur, air, *foam agents*, dan *admixtures*.

Pemeriksaan dilakukan guna untuk memeriksa dan memastikan kualitas bahan penyusun beton ringan CLC. Untuk menghasilkan beton yang memiliki kualitas tinggi, maka diperlukan pula bahan yang telah memenuhi persyaratan. Pemeriksaan dilakukan pada semua bahan yang akan digunakan.

1. Pasir

Pemeriksaan pasir ditujukan untuk mengetahui kelayakan pasir sebagai bahan pencampur dan pembentuk beton. Ada beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada pasir, yaitu:

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis pasir dalam keadaan SSD serta mengetahui penyerapan yang terjadi saat keadaan SSD.
- b. Pemeriksaan berat jenis pasir, tujuannya adalah untuk menentukan berat jenis pasir, baik dalam keadaan lepas maupun padat.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur pasir, tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa banyak kadar lumpur yang terkandung dalam pasir.
- d. Pemeriksaan kadar air pasir, tujuannya adalah untuk mengetahui kandungan air pada pasir.

2. Semen

Pemeriksaan semen yang dilakukan hanya melalui visual, yaitu bahwa semen tidak mengandung material lainnya serta memiliki butiran halus yang seragam dan tidak adanya gumpalan-gumpalan pada semen yang dapat mengurangi sifat ikatan yang dimiliki oleh semen.

3. Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Telur

Pemeriksaan yang dilakukan dari kedua bahan pengganti semen ini adalah pemeriksaan berat jenis dan penyerapan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis kedua bahan dalam kondisi SSD dan mengetahui kadar air yang terserap dalam bahan tersebut dalam keadaan SSD.

4. Air

Pemeriksaan air yang dilakukan hanya melalui visual air yang digunakan yaitu bahwa air merupakan air bersih yang tidak mengandung minyak, lumpur ataupun zat kimia lainnya . Air yang digunakan merupakan air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah sesuai dengan persyaratan air minum.

5. *Foam Agent*

Pemeriksaan *foam agent* yang dilakukan hanya melalui visual. *Foam agent* yang digunakan merupakan *foam agent* yang bersih dari berbagai macam kotoran yang dapat mengurangi sifat dan mutu *foam agent* itu sendiri.

6. *Chemical Admixture*

Pemeriksaan *chemical admixture* juga dilakukan hanya melalui visual, yaitu tidak terdapat kotoran yang terkandung pada *chemical admixture* yang digunakan.

3.6 Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis pasir dalam keadaan SSD
2. Peralatan:
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spiritus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan: Pasir dalam keadaan SSD dan air
4. Prosedur:
 - a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali ***D**
 - b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel pasir seberat 500 gram ***B**
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh ***D**

- d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama 3×5 menit. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.
- e. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
- f. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama ± 24 jam.
- g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel pasir yang tertinggal di piknometer.
- h. Masukkan wadah ke dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. *E
- j. Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \\ \frac{E}{(B+D-C)} & \qquad \qquad \qquad (\text{Pers. 3.1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \\ \frac{B}{(B+D-C)} & \qquad \qquad \qquad (\text{Pers. 3.2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \\ \frac{E}{(E+D-C)} & \qquad \qquad \qquad (\text{Pers. 3.3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \\ \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% & \qquad \qquad \qquad (\text{Pers. 3.4}) \end{aligned}$$

3.6.2 Pemeriksaan Berat jenis Pasir

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis pasir baik dalam keadaan lepas maupun padat.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan.

- b. Tongkat pemadat.
 - c. Wadah berbentuk silinder.
3. Bahan:
- a. Pasir SSD.
 - b. Prosedur:
4. Prosedur:
- ❖ Tanpa rojokan
 - a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering serta ukur tinggi dan diameternya.
 - b. Isi silinder dengan pasir dan ratakan permukaannya.
 - c. Timbang wadah silinder beserta pasir tersebut.
 - d. Hitung berat pasirnya dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder.
 - e. Hitung volume dari wadah silinder. ***G**
 - ❖ Dengan rojokan
 - a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering serta ukur tinggi dan diameternya.
 - b. Isi silinder dengan pasir sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian dari tinggi wadah dan rojok disetiap bagian sebanyak 25 kali. Lakukan hal serupa untuk bagian $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$.
 - c. Khusus untuk lapisan terakhir, ketinggian pasir harus melebihi tinggi wadah silinder.
 - d. Ratakan permukaan pasir dengan tinggi silinder dan timbang.
 - e. Hitung berat pasirnya dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder. ***F**
 - f. Hitung volume dari wadah silinder. ***G**
 - g. Perhitungan:

Berat jenis Pasir =

$$\frac{F}{G}$$

(Pers. 3.5)

3.6.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir

1. Tujuan : Untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam pasir
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
3. Bahan:
 - a. Pasir tertahan ayakan no.4
 - b. Ayakan no. 200
 - c. Air
4. Prosedur:
 - a. Timbang pasir sebanyak 700 gram. Letakkan pasir ke dalam wadah. ***A**
 - b. Ambil air dan bersihkan pasir dengan air. Kemudian pisahkan air dengan pasir menggunakan ayakan no.200. Ulangi langkah ini hingga pasir menjadi benar-benar bersih.
 - c. Keringkan pasir dengan cara memasukkan ke dalam oven bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - d. Setelah ± 24 jam, keluarkan pasir dari oven kemudian dinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - e. Timbang dan catat berat pasir setelah dioven. ***H**
 - f. Perhitungan:

Kadar lumpur =

$$\frac{A-H}{A} \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.6})$$

3.6.4 Pemeriksaan Kadar Air Pasir

1. Tujuan : Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir
2. Peralatan:
 - a. Timbangan
 - b. Wadah
 - c. Oven
3. Bahan:

- a. Pasir lolos ayakan no.4
- 4. Prosedur:
 - a. Timbang pasir dalam kondisi SSD (***W1**).
 - b. Masukkan pasir kedalam oven dengan bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - c. Keluarkan pasir dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - d. Timbang pasir tersebut (***W2**).
 - e. Perhitungan:

$$\text{Kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.7})$$

3.6.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu sekam padi

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis abu sekam padi dalam keadaan SSD
2. Peralatan:
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spiritus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan:
 - a. Abu sekam padi
 - b. Air
4. Prosedur:
 - a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali ***D**
 - b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel abu sekam padi seberat 500 gram ***B**
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh ***D**

- d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama 3×5 menit. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.
- e. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
- f. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama ± 24 jam.
- g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel abu sekam padi yang tertinggal di piknometer.
- h. Masukkan wadah ke dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. *E

j. Perhitungan:

$$\text{Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.8})$$

$$\text{Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.9})$$

$$\text{Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.10})$$

$$\text{Penyerapan} = \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.11})$$



Gambar 3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis serbuk cangkang telur dalam keadaan SSD.
2. Peralatan:
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spitus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan:
 - a. Serbuk cangkang telur.
 - b. Air.
4. Prosedur:
 - a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali ***D**
 - b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel serbuk cangkang telur seberat 500 gram ***B**
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh ***D**
 - d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama 3×5 menit. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.

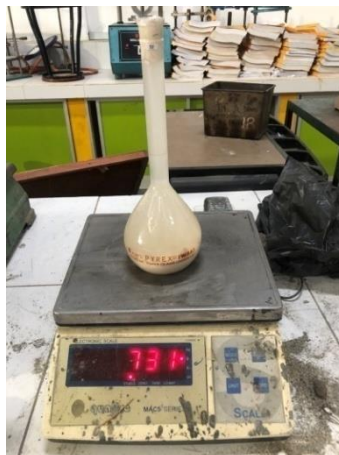
- e. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
- f. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama ± 24 jam.
- g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel serbuk cangkang telur yang tertinggal di piknometer.
- h. Masukkan wadah ke dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. *E
- j. Perhitungan:

$$\text{Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.12})$$

$$\text{Berat jenis contoh SSD SCT} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.13})$$

$$\text{Berat jenis contoh semu SCT} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (\text{Pers. 3.14})$$

$$\text{Penyerapan SCT} = \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \quad (\text{Pers. 3.15})$$



Gambar 3.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

3.7 Rancangan Campuran (*Mix Design*)

1. Tujuan : Untuk membuat campuran beton ringan CLC berdasarkan data analisa agregat dan bahan pengganti yang telah diperoleh.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Takaran air atau gelas ukur.
 - c. Ember.
 - d. Sendok semen dan cetok.
 - e. Bor tangan dan pengaduk.
 - f. Mesin pengaduk beton (*mixer*).
3. Bahan:
 - a. Pasir lolos ayakan no.4.
 - b. Semen portland tipe 1, berupa semen merk Andalas.
 - c. Abu sekam padi lolos ayakan no.40.
 - d. Serbuk cangkang telur lolos ayakan no.40.
 - e. *Foam agent*.
 - f. *Admixture type F*, berupa sikament NN.
 - g. Air.
4. Prosedur:
 - a. Siapkan semua bahan yang akan digunakan mulai dari pasir, semen, abu sekam padi, serbuk cangkang telur, air, *foam agent*, dan *admixture*.
 - b. Masukkan pasir kemudian dilanjut dengan semen ke dalam mesin pengaduk (*mixer*). Aduk keduanya hingga menyatu.
 - c. Setelah pasir dan semen telah menyatu, kemudian masukkan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur. Biarkan selama beberapa saat agar semua bahan tercampur hingga rata.
 - d. Masukkan air yang telah disiapkan ke dalam mesin pengaduk sedikit demi sedikit sesuai dengan takaran perhitungan.
 - e. Kemudian tuangkan *admixture* ke dalam mesin pengaduk yang telah berisi adonan beton.

- f. Siapkan *foam agent*. Larutkan *foam agent* dan air ke dalam wadah dengan perbandingan 1:40. Aduk *foam agent* menggunakan mesin bor yang telah dimodifikasi hingga mengembang dan menghasilkan busa yang stabil.
- g. Masukkan busa yang telah stabil tersebut ke dalam adonan beton, kemudian aduk hingga rata.
- h. Adonan beton telah siap diuji *slump flow* dan dicetak ke dalam bekisting.



Gambar (a)



Gambar (b)



Gambar (c)



Gambar (d)

Gambar 3.4 Pengerjaan *mix design*; (a) memasukkan semua bahan; (b) mencampur bahan dengan air; (c) menuangkan *foam agent*; (d) mencampur *foam agent* dengan adonan hingga rata.

3.8 Percobaan *Slump Flow*

1. Tujuan : Untuk memeriksa kelecakan (*workability*) pada adonan beton ringan CLC yang telah dibuat.
2. Peralatan:

- a. Kerucut *abrams*.
 - b. Meteran atau penggaris.
 - c. Sendok semen dan cetok.
 - d. Alas *slump flow*.
3. Bahan:
- a. Adonan beton ringan CLC
4. Prosedur:
- a. Letakkan kerucut *abrams* di atas alas yang telah disediakan. Kerucut *abrams* harus diletakkan secara terbalik, dimana lubang dengan diameter terkecil berada dibawah dan menyentuh alas.
 - b. Tekan kerucut *abrams* pada alas .
 - c. Ambil adonan beton menggunakan sendok semen. Kemudian tuangkan kedalam kerucut *abrams* hingga penuh.
 - d. Setelah penuh ratakan permukaan adonan beton setinggi kerucut *abrams*.
 - e. Angkat kerucut *abrams* dan biarkan adonan beton menyebar pada alas.
 - f. Ukur diameter terbesar dan terkecil dari sebaran beton tersebut.



Gambar 3.5 Pemeriksaan *Slump Flow*

- g. Perhitungan:

Slump Flow =

$$\frac{d_1 + d_2}{2}$$

(Pers. 3.16)

3.9 Percobaan Mencetak dan Merendam Beton

1. Tujuan : Untuk membuat benda uji silinder yang kemudian akan dievaluasi mutunya.
2. Peralatan:
 - a. Cetakan silinder 150 mm × 300 mm.
 - b. Pelumas (vaselin) dan kuas.
 - c. Kaca.
 - d. Sendok semen dan cetok.
 - e. Spidol atau stipo.
 - f. Bak Perendam.
3. Bahan:
 - a. Adonan beton ringan CLC.
 - b. Air.
4. Prosedur:
 - a. Siapkan cetakan silinder yang telah dibersihkan dari kotoran yang menempel.
 - b. Olesi cetakan silinder menggunakan pelumas atau vaselin hingga merata, hal ini dilakukan agar mempermudah saat proses pelepasan cetakan.
 - c. Isi cetakan dengan adonan beton CLC hingga memenuhi cetakan.
 - d. Setelah selesai, ketuk-ketuk sisi cetakan agar bagian yang belum terisi adonana beton dapat terisi.
 - e. Ratakan permukaan beton sesuai tinggi cetakan menggunakan cetok.
 - f. Letakkan cetakan yang telah terisi ditempat yang rata dan bebas dari getaran.
 - g. Biarkan cetakan selama 24 jam. Tutup atas permukaan beton dengan kaca yang sudah diolesi dengan vaselin.
 - h. Setelah 24 jam, lepaskan beton dari cetakan dan berilah tanda menggunakan spidol anti air atau stipo. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan proses pengidentifikasian beton ringan CLC.
 - i. Timbang beton ringan CLC yang telah ditandai tersebut.
 - j. Masukkan beton ringan CLC yang telah ditimbang ke dalam bak perendam berisi air.

- k. Biarkan beton di dalam bak perendam sesuai umur rencana beton ringan CLC.
- l. Setelah mencapai umur rencana yang diinginkan, keluarkan beton ringan CLC dari bak perendam dan biarkan hingga kering sempurna sebelum di lakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik.



Gambar (a)



Gambar (b)

Gambar 3.6 Mencetak dan merendam beton CLC; (a) menyiapkan bekisting; (b) merendam beton

3.10 Pemeriksaan Berat jenis (*Density*) Beton

1. Tujuan : Untuk mengetahui berat jenis (*density*) beton ringan CLC.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan
3. Bahan:
 - a. Sampel beton ringan
4. Prosedur:
 - a. Hitung nilai volume dari sampel benda uji.
 - b. Timbang sampel benda uji yang belum dimasukkan ke dalam bak perendam. Kemudian catat beratnya. Ini merupakan berat jenis beton sebelum masuk ke bak perendam.
 - c. Timbang sampel benda uji yang sudah dikeluarkan dari bak perendam. Kemudian catat beratnya saat sudah kering.
 - d. Perhitungan:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Pers. 3.17})$$

Dimana:

ρ = Berat jenis beton (kg/m^3).

m = Berat benda uji (kg).

v = Volume beton (m^3).

3.11 Test Kuat Tekan

1. Tujuan : Untuk mengetahui kekuatan tekan hancur beton ringan CLC terhadap pembebanan.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Mesin kuat tekan.
3. Bahan:
 - a. Beton ringan CLC.
4. Prosedur:
 - a. Timbang masing-masing beton ringan CLC.
 - b. Letakkan beton ringan CLC pada alat tekan. Pilih permukaan beton yang rata sebagai bidang yang akan diberi beban.
 - c. Siapkan kamera agar dapat membaca pembebanan secara akurat.
 - d. Gerakkan handle ke kanan dan tekan tombol penggerak (selama pengetesan tombol tidak boleh dilepas).
 - e. Jika beton ringan telah terlihat retak dan grafik pembebanan telah menunjukkan nilai yang menurun, maka hentikan pengetesan.
 - f. Catat nilai pembebanan yang telah tertera pada mesin kuat tekan.
 - g. Perhitungan:

$$\text{Kuat tekan } (f_c) = \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 3.18})$$

Dimana:

f_c = Kekuatan tekan beton (MPa).

P = Gaya tekan maksimum (kN).

A = Luas penampang beton (m^2).

3.12 Test Kuat Tarik

1. Tujuan : Untuk mengetahui nilai kuat tarik dari beton ringan CLC.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Mesin kuat tarik belah.
 - c. Plat atau batang penekan tambahan.
 - d. Bantalan bantu pembebanan.
3. Bahan:
 - a. Beton ringan CLC (silinder).
4. Prosedur:
 - a. Beri tanda pada benda uji dengan membuat garis tengah pada setiap sisi ujung silinder. Pastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada pada bidang aksial yang sama.
 - b. Lakukan pengukuran diameter dan panjang benda uji dengan ketelitian 0.25 mm.
 - c. Letakkan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung benda uji.
 - d. Letakkan bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis pada tengah-tengah plat sehingga menekan bagian bawah dari mesin uji.
 - e. Letakkan benda uji di atas bantalan bantu dari kayu lapis tersebut sedemikian rupa hingga tanda garis tengah benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah dan bantalan kayu lapis.
 - f. Letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang di atas benda uji sehingga bagian tengahnya tepat berpotongan dengan tanda garis tengah yang ada pada ujung silinder.
 - g. Berikan pembebanan secara terus-menerus tanpa sentakan dengan kecepatan pembebanan yang konstan.
 - h. Perhitungan:

$$\text{Kuat tarik } (f_{ct}) = \frac{2P'}{\pi \times d \times L} \quad (\text{Pers. 3.19})$$

Dimana:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa).

P' = Beban pada waktu belah (N).

- d = Diameter benda uji silinder (mm).
L = Panjang benda uji silinder (mm).

3.13 Analisa Data

Adapun analisa dari setiap penelitian diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Berat jenis dari material pasir dan bahan pengganti diperoleh dari pengujian berat jenis.
2. Nilai kadar air diperoleh dari pengukuran kadar air pada pasir dan bahan pengganti.
3. Nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada penelitian ini diperoleh dari setiap sampel beton ringan CLC yang diuji pada umur rencana 28 hari.
4. Nilai berat jenis (*density*) beton ringan pada penelitian ini diperoleh dari setiap sampel beton yang belum direndam dan juga sampel beton kering yang telah direndam sesuai umur rencana.
5. Grafik berat jenis beton (*density*) dapat dianalisa pada saat beton belum direndam dan saat beton telah kering setelah direndam.
6. Grafik kuat tekan dan kuat tarik beton dapat dianalisa pada umur 28 hari setelah semua sampel beton selesai diuji.
7. Persentase dari setiap campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik beton. Grafik akan membentuk kurva yang menunjukkan bahwa beton akan mengalami gaya tekan dan tarik maksimum pada persentase campuran tertentu.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Pasir

Pemeriksaan terhadap pasir yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, berat jenis, kadar lumpur dan kadar air.

4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Pasir

Nilai berat jenis adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air.

Tabel 4.1: Data Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Pasir

Agregat Halus Lolos Ayakan No.4	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
0	1	2	3	4
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh (B)	Gram	500	500	500
Berat contoh (SSD) kering oven $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai konstan (E)	Gram	491	492	491.5
Berat piknometer penuh air (D)	Gram	695	697	696
Berat contoh (SSD) di dalam piknometer penuh air (C)	Gram	996	998	997
Berat jenis contoh kering	kg/l	2,47	2,47	2,47
Berat jenis contoh SSD	kg/l	2,51	2,51	2,51
Berat jenis contoh semu	kg/l	2,58	2,57	2,58
Penyerapan	%	1,83	1,62	1,73

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis dan penyerapan air pada pasir seperti pada Tabel 4.1, Maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{491}{(500+695-996)} \\ &= 2,4673 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{500}{(500+695-996)} \\ &= 2,5125 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{491}{(491+695-996)} \\ &= 2,5842 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{(500-491)}{491} \right] \times 100\% \\ &= 1,833\%\end{aligned}$$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{492}{(500+697-998)} \\ &= 2,4723 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{500}{(500+697-998)} \\ &= 2,5125 \text{ gr/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\
 &= \frac{492}{(492+697-998)} \\
 &= 2,5759 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\
 &= \left[\frac{(500-492)}{492} \right] \times 100\% \\
 &= 1,6260\%
 \end{aligned}$$

3. Berat Jenis dan Penyerapan Air Rata-rata

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\
 &= \frac{491,5}{(500+696-997)} \\
 &= 2,4698 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\
 &= \frac{500}{(500+696-997)} \\
 &= 2,5125 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\
 &= \frac{491,5}{(491,5+696-997)} \\
 &= 2,580 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\
 &= \left[\frac{(500-491,5)}{491,5} \right] \times 100\% \\
 &= 1,7293\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 128 – 93, bahwa pengujian berat jenis di atas masih memenuhi syarat, yaitu sebesar 1,60 – 3,30.

Sedangkan hasil penyerapan air pada pasir yang diperoleh dari 2 sampel pengujian masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM 128 – 93 yaitu dengan batas maksimal penyerapan sebesar 4%.

4.1.2 Berat Isi Pasir

Berat isi pasir adalah massa per satuan volume pasir yang dihitung dalam jumlah besar, dimana volume tersebut termasuk dalam volume partikel dan volume rongga antar partikel. Pemeriksaan berat isi pasir dimaksudkan untuk menentukan proporsi pasir yang digunakan dalam campuran. Berat isi pasir dapat diartikan juga sebagai perbandingan antara berat pasir kering dengan volume wadahnya.

Tabel 4.2: Data Hasil Pemeriksaan Berat Isi Pasir

Fine Agreggat	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
0	1	2	3	4
Berat pasir dan wadah	Gram	16480	17363	18758
Berat wadah	Gram	5400	5400	5400
Berat pasir (F)	Gram	11080	11963	13358
Volume wadah (G)	cm ³	10952,23	10952,23	10952,23
Berat isi	gr/cm ³	1,0116	1,0923	1,2196
Rata-rata	gr/cm ³	1,10783		

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data berat jenis pasir seperti pada Tabel 4.2, Maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 1 (Metode lepas)} &= \frac{F}{G} \\
 &= \frac{11080}{10952,23} \\
 &= 1,0116 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Sampel 2 (Metode tusuk)} = \frac{F}{G}$$

$$= \frac{11963}{10952,23}$$

$$= 1,0923 \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 3 (Metode goyang)

$$= \frac{F}{G}$$

$$= \frac{13358}{10952,23}$$

$$= 1,2196 \text{ gr/mm}^3$$

Rata-rata

$$= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3}$$

$$= \frac{1,0116 + 1,0923 + 1,2196}{9}$$

$$= 1,1078 \text{ gr/cm}^3$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 29 / C 29 M - 91, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian berat is pasir yang dilakukan baik dalam metode lepas, metode tusuk maupun metode goyang didapati bahwa telah memenuhi spesifikasi yaitu 0,4 – 1,9 gr/cm³.

4.1.3 Kadar Lumpur Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur pada pasir bertujuan untuk menentukan besarnya persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan utama penyusun beton ringan CLC. Kandungan lumpur harus < 5% yang merupakan ketentuan bagi penggunaan agregat halus dalam pembuatan beton. Hal ini dikarenakan ada kecenderungan peningkatan penggunaan air akibat adanya kandungan lumpur yang berlebih. Lumpur yang tidak dapat bersatu dengan semen akan menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada akhirnya kekuatan tekan dan tarik beton akan berkurang.

Tabel 4.3: Data Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir

Fine Agreggat	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
0	1	2	3	4
Berat contoh kering (A)	Gram	700	700	700
Berat kering contoh setelah dicuci (H)	Gram	687	675	681
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (I)	Gram	13	25	19
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci	%	1,857	3,57	2,71

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data kadar air seperti pada Tabel 4.3, Maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur Sampel 1} &= \frac{A-H}{A} \times 100\% \\
 &= \frac{700-687}{700} \times 100\% \\
 &= 1,857\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur Sampel 2} &= \frac{A-H}{A} \times 100\% \\
 &= \frac{700-675}{700} \times 100\% \\
 &= 3,57\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur Rata-rata} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\
 &= \frac{1,857 + 3,57}{2} \\
 &= 2,7135\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 556-89, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian adalah kadar lumpur yang terkandung dalam pasir masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu maksimal sebesar 5,0%.

4.1.4 Kadar Air Pasir

Pemeriksaan kadar air pada pasir ini dilakukan untuk memenuhi besarnya kadar air yang terkandung dalam pasir dengan cara pengeringan dalam oven. Kadar air pada pasir adalah perbandingan antara berat pasir dalam kondisi kering oven terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

Tabel 4.4: Data Hasil Pemeriksaan Kadar Air Pasir

Fine Agregat	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
0	1	2	3	4
Berat contoh SSD dan Berat Wadah	gram	555	565	560
Berat Contoh SSD	gram	500	500	500
Berat Contoh Kering Oven dan Berat Wadah	gram	544	550	549
Berat Contoh Kering	gram	489	485	487
Berat Wadah	gram	55	65	60
Berat Air	gram	11	15	13
Kadar Air	%	2,24	2,24	2,24
Rata-rata	%	2,24		

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data kadar air seperti pada Tabel 4.4, Maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air Sampel 1} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 489}{489} \times 100\% \\ &= 2,24\% \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Air Sampel 2} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$= \frac{500-485}{485} \times 100\%$$

$$= 3,09\%$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 556-89, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian adalah kadar air yang terkandung dalam pasir masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu sebesar 1% - 5%.

4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penganti

4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Abu Sekam Padi

Dengan mengetahui berat jenis kering (*specific gravity*) dan penyerapan air pada abu sekam padi (ASP), maka kita dapat menentukan nilai berat jenis SSD, berat jenis contoh semu dan persentasi penyerapan air. Nilai berat jenis kering adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, jumlah rongga, atau pori yang didapat pada agregat.

Tabel 4.5 Data Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Abu Sekam Padi

Agregat Halus Lolos Ayakan No.4	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
0	1	2	3	4
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh (B)	Gram	100	100	100
Berat contoh (SSD) kering oven 110 ± 5°C sampai konstan (E)	Gram	90	95	92,5
Berat piknometer penuh air (D)	Gram	693	695	694
Berat contoh (SSD) di dalam piknometer penuh air (C)	Gram	725	731	728
Berat jenis contoh kering	kg/l	1,55	1,61	1,40
Berat jenis contoh SSD	kg/l	1,47	1,56	1,52

Tabel 4.5: *lanjutan*

Berat jenis contoh semu	kg/l	1,55	1,61	1,58
Penyerapan	%	11,1	5,26	8.18

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis dan penyerapan air pada abu sekam padi seperti pada Tabel 4.5, maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

1. Berat Jenis dan Penyerapan sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{90}{(100+693-725)} \\ &= 1,323 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{100}{(100+693-725)} \\ &= 1,4705 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{90}{(90+693-725)} \\ &= 1,5517 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{(100-90)}{90} \right] \times 100\% \\ &= 11,1\% \end{aligned}$$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{95}{(100+695-731)} \\ &= 1,4843 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\
 &= \frac{100}{(100+695-731)} \\
 &= 1,5652 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\
 &= \frac{95}{(95+695-731)} \\
 &= 1,6101 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\
 &= \left[\frac{(100-95)}{95} \right] \times 100\% \\
 &= 5,2631\%
 \end{aligned}$$

3. Berat Jenis dan Penyerapan Rata-rata

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\
 &= \frac{92,5}{(100+694-728)} \\
 &= 1,4015 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\
 &= \frac{100}{(100+694-728)} \\
 &= 1,515 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\
 &= \frac{92,5}{(92,5+694-728)} \\
 &= 1,5812 \text{ gr/l}
 \end{aligned}$$

$$\text{Penyerapan} = \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\%$$

$$= \left[\frac{(100-92,5)}{92,5} \right] \times 100\%$$

$$= 8,1081\%$$

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Serbuk Cangkang Telur

Dengan mengetahui berat jenis kering (*specific gravity*) dan penyerapan air pada serbuk cangkang telur (SCT), maka kita dapat menentukan nilai berat jenis SSD, berat jenis contoh semu dan persentasi penyerapan air. Nilai berat jenis kering adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, jumlah rongga, atau pori yang didapat pada serbuk cangkang telur (SCT).

Tabel 4.6: Data Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Cangkang Telur

Agregat Halus Lolos Ayakan No.4	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
0	1	2	3	4
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh (B)	Gram	200	200	200
Berat contoh (SSD) kering oven 110±5°C sampai konstan (E)	Gram	182	189	185,5
Berat piknometer penuh air (D)	Gram	693	693	693
Berat contoh (SSD) di dalam piknometer penuh air (C)	Gram	731	745	738
Berat jenis contoh kering	kg/l	1,12	1,27	1,19
Berat jenis contoh SSD	kg/l	1,23	1,35	1,29
Berat jenis contoh semu	kg/l	1,26	1,38	1,32
Penyerapan	%	9,89	5,82	7,81

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis dan penyerapan air pada serbuk cangkang telur seperti pada Tabel 4.6, maka digunakan perhitungan:

Perhitungan:

1. Berat Jenis dan Penyerapan sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{182}{(200+693-731)} \\ &= 1,1234 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{200}{(200+693-73)} \\ &= 1,2345 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{182}{(182+693-731)} \\ &= 1,2638 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{(200-182)}{182} \right] \times 100\% \\ &= 9.8901\% \end{aligned}$$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{189}{(200+693-745)} \\ &= 1,2770 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{200}{(200+693-745)} \end{aligned}$$

$$= 1,3513 \text{ gr/l}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{189}{(189+693-745)} \\ &= 1,3795 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{(200-189)}{189} \right] \times 100\% \\ &= 5,8201\% \end{aligned}$$

3. Berat Jenis dan Penyerapan Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{185,5}{(200+693-738)} \\ &= 1,1967 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{200}{(200+693-738)} \\ &= 1,2903 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{185,5}{(185,5+693-738)} \\ &= 1,3202 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \left[\frac{(B-E)}{E} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{(200-185,5)}{185,5} \right] \times 100\% \\ &= 7,8167\% \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan *Mix Design* Beton Ringan

Sampai saat ini, tidak ada pengaturan *mix design* yang baku untuk proses pembuatan beton ringan CLC. Hal ini disebabkan karena densitas yang berperan besar pada jenis beton ini bergantung pada *foaming agents* dan reaksi yang terjadi saat pencampuran untuk menghasilkan pori gelembung udara pada beton tersebut. Oleh karena itu, untuk acuan campuran yang digunakan didasarkan pada pendekatan terhadap SNI 03-6825-2002 serta jurnal penelitian-penelitian sejenisnya yang relevan.

Perhitungan *mix design* didasarkan pada volume cetakan yang akan digunakan dalam sekali pembuatan benda uji. Dalam 1 m adonan beton digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2 dengan nilai FAS sebesar 0.55. Penggunaan *foam agent* harus dicampurkan dengan air dengan ketentuan perbandingan 1:40 serta ditambahkan *chemical admixtures* sebesar 0.2% dari berat semen keseluruhan. Berikut ini tabel variasi pengganti semen yang digunakan serta tabel komposisi campuran beton ringan CLC dalam 1 m³.

Tabel 4.7: Variasi pengganti semen yang digunakan

Variasi Campuran	ASP	SCT	<i>Admixtures</i>
0	1	2	3
0%	0%	0%	0,2%
10%	5%	5%	0,2%
15%	10%	5%	0,2%
20%	15%	5%	0,2%

Keterangan:

1. 0% Abu sekam padi (ASP) + 0% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.
2. 5% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.
3. 10% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.

4. 15% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.

Tabel 4.8: Komposisi Campuran Beton Ringan CLC Dalam 1 m³

No	Deskripsi	Satuan	Beton Ringan			
			0%	10%	15%	20%
0	1	2	3	4	5	6
1	Semen	(kg)	466.67	420.07	396.7	373.37
2	Pasir	(kg)	933.3	933.3	933.3	933.3
3	Air	(l)	256.67	256.67	256.67	256.67
4	<i>Foam Agent</i>	(l)	1:40	1:40	1:40	1:40
5	<i>Chemical Admixture</i>	(l)	0.93	0.93	0.93	0.93
6	Abu Sekam Padi (ASP)	(kg)	0	23.3	46.67	70.0
7	Serbuk Cangkang Telur (SCT)	(kg)	0	23.3	23.3	23.3

Keterangan:

Analisa Komposisi Campuran Dalam 1 m³:

Dalam rencana adonan beton ringan CLC sebanyak 1 m³ dengan berat jenis rencana sebesar 1400 Kg/m³. Maka diketahui kebutuhan material yang diperlukan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat material rencana} &= \rho_{\text{rencana}} \times V \\
 &= 1400 \text{ Kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \\
 &= 1400 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2, maka berat material rencana tersebut dibagi 3 guna mendapatkan nilai perbandingannya.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ Bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\
 &= \frac{1400}{3 \text{ Bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\
 &= 466.67 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ Bagian}} \times 2 \text{ bagian pasir}$$

$$= \frac{1400}{3 \text{ Bagian}} \times 2 \text{ bagian semen}$$

$$= 933.3 \text{ Kg}$$

Kebutuhan air = Nilai FAS rencana \times Berat semen keseluruhan

$$= 0.55 \times 466.67 \text{ Kg}$$

$$= 256.67 \text{ Liter}$$

Kebutuhan *Foam Agent* yaitu perbandingan *foam agent* dan air telah ditentukan menurut ASTM C 789, yaitu pada setiap pengadukan adonan beton ringan sebanyak 1 m³ maka digunakan perbandingan sebesar 1 liter *foam Agent* dicampurkan dengan 40 liter air.

Kebutuhan *admixture* = 0.2% \times Berat semen keseluruhan

$$= 0.2\% \times 466.67 \text{ Kg}$$

$$= 0.93 \text{ Liter}$$

Kebutuhan bahan campuran pengganti semen

1. Variasi 10%

Kebutuhan abu sekam padi = 5% \times Berat semen keseluruhan

$$= 5\% \times 466.67 \text{ Kg}$$

$$= 23.3 \text{ Kg}$$

Kebutuhan serbuk cangkang telur = 5% \times Berat semen keseluruhan

$$= 5\% \times 466.67 \text{ Kg}$$

$$= 23.3 \text{ Kg}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

Semen yang digunakan = Semen Keseluruhan – 5% ASP – 5%SCT

$$= 466.67 - 23.3 - 23.3$$

$$= 420.07 \text{ Kg}$$

2. Variasi 15%

Kebutuhan abu sekam padi = 10% \times Berat semen keseluruhan

$$= 10\% \times 466.67 \text{ Kg}$$

$$= 46.67 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan serbuk cangkang telur} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 5\% \times 400 \text{ Kg} \\
&= 23.3 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Semen yang digunakan} &= \text{Semen Keseluruhan} - 10\% \text{ ASP} - 5\% \text{SCT} \\
&= 466.67 - 46.67 - 23.3 \\
&= 396.7 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

3. Variasi 20%

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan abu sekam padi} &= 15\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 15\% \times 466.67 \text{ Kg} \\
&= 70.0 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan serbuk cangkang telur} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 5\% \times 466.67 \text{ Kg} \\
&= 23.3 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Semen yang digunakan} &= \text{Semen Keseluruhan} - 15\% \text{ ASP} - 5\% \text{SCT} \\
&= 466.67 - 70.0 - 23.3 \\
&= 373.37 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Analisa Komposisi Campuran Saat Pelaksanaan:

Digunakan cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

$$\begin{aligned}
\text{Volume 1 Benda Uji} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
&= \frac{1}{4} \times \pi \times 0.15^2 \times 0.3 \\
&= 0.0053 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Pada saat pelaksanaan pembuatan beton ringan, dalam sekali pengadukan digunakan sebanyak 3.5 volume benda uji. Hal ini dilakukan untuk pengujian *slump flow* serta mengantisipasi apabila adanya kekurangan adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 3.5 Benda Uji} &= 3.5 \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 3.5 \times 0.0053 \text{ m}^3 \\
 &= 0.01855 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan beton ringan CLC pada penelitian ini, komposisi *mix design* didasarkan pada berat jenis kering (*density*) rencana sebesar 1400 Kg/m^3 . Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat material rencana} &= \rho_{\text{rencana}} \times V_{3.5} \\
 &= 1400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.01855 \text{ m}^3 \\
 &= 25,97 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9: Komposisi Campuran Beton Ringan CLC Dalam 0.01855 m^3

No	Deskripsi	Satuan	Beton Ringan			
			0%	10%	15%	20%
0	1	2	3	4	5	6
1	Semen	(kg)	8.7	7.83	7.24	6.96
2	Pasir	(kg)	17.31	17.31	17.31	17.31
3	Air	(l)	4.8	4.8	4.8	4.8
4	<i>Foam Agent</i>	(l)	19:760	19:760	19:760	19:760
5	<i>Chemical Admixture</i>	(l)	0.017	0.017	0.017	0.017
6	Abu Sekam Padi	(kg)	0	0.435	0.87	1.305
7	Serbuk Cangkang Telur	(kg)	0	0.435	0.435	0.435

1. Untuk Variasi 0%

Dikarenakan digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2, maka berat material rencana tersebut dibagi 3 guna mendapatkan nilai perbandingannya.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ Bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\
 &= \frac{25.97}{3 \text{ Bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\
 &= 8.7 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ Bagian}} \times 2 \text{ bagian pasir} \\
 &= \frac{25.97}{3 \text{ Bagian}} \times 2 \text{ bagian semen}
 \end{aligned}$$

$$= 17.31 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= \text{Nilai FAS rencana} \times \text{Berat semen keseluruhan} \\ &= 0.55 \times 8.7 \text{ Kg} \\ &= 4.78 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Kebutuhan *Foam Agent* pada volume beton 1 m^3 yaitu perbandingan *foam agent* dan air telah ditentukan menurut ASTM C 789 sebesar 1 liter *foam Agent* dicampurkan dengan 40 liter air. Maka untuk pengadukan dengan volume sebesar 0.01855 m^3 digunakan perbandingan yaitu 19 ml *foam agent* dicampur dengan 760 ml air.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan admixture} &= 0.2\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\ &= 0.2\% \times 8.7 \text{ Kg} \\ &= 0.0174 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan campuran pengganti semen

1. Variasi 10%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu sekam padi} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\ &= 5\% \times 8.7 \text{ Kg} \\ &= 0.435 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan serbuk cangkang telur} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\ &= 5\% \times 8.7 \text{ Kg} \\ &= 0.435 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Semen yang digunakan} &= \text{Semen Keseluruhan} - 5\% \text{ ASP} - 5\% \text{SCT} \\ &= 8.7 - 0.435 - 0.435 \\ &= 7.83 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Variasi 15%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu sekam padi} &= 10\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\ &= 10\% \times 8.7 \text{ Kg} \\ &= 0.87 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan serbuk cangkang telur} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 5\% \times 8.482 \text{ Kg} \\
&= 0.435 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Semen yang digunakan} &= \text{Semen Keseluruhan} - 10\% \text{ ASP} - 5\% \text{SCT} \\
&= 8.7 - 0.87 - 0.435 \\
&= 7.4 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

3. Variasi 20%

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan abu sekam padi} &= 15\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 15\% \times 8.7 \text{ Kg} \\
&= 1.305 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan serbuk cangkang telur} &= 5\% \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 5\% \times 8.7 \text{ Kg} \\
&= 0.435 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan semen dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Semen yang digunakan} &= \text{Semen Keseluruhan} - 15\% \text{ ASP} - 5\% \text{SCT} \\
&= 8.7 - 1.305 - 0.435 \\
&= 6.96 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

4.4 Pemeriksaan *Slump Flow*

Slump flow test digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas pada beton jenis SCC (*Self Compacting Concrete*). Kebutuhan nilai *slump flow* pada konstruksi bidang vertical dan bidang horizontal memiliki nilai yang berbeda. Untuk konstruksi vertical disarankan menggunakan *slump flow* antara 650 mm – 800 mm. Sedangkan untuk konstruksi horizontal disarankan menggunakan *slump flow* antara 600 mm – 750 mm.

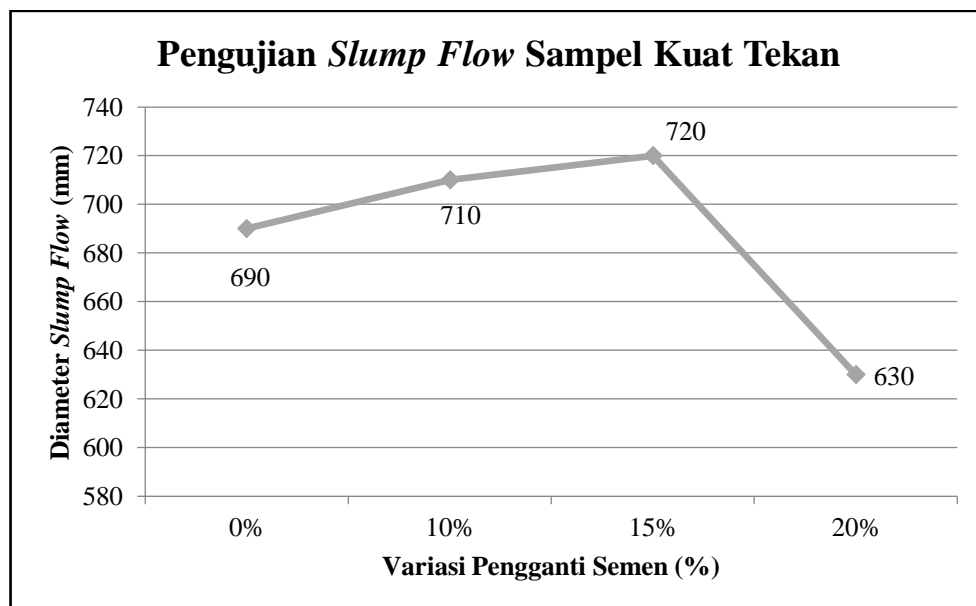
4.4.1 Sampel Kuat Tekan

Dilakukan pengujian nilai *slump flow* pada sampel kuat tekan guna mengetahui nilai diameter yang dihasilkan untuk setiap variasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton ringan CLC dengan penambahan ASP dan SCT.

Tabel 4.10: *Slump flow* adonan beton ringan CLC untuk sampel kuat tekan.

No.	Kode Variasi	Diameter 1 (mm)	Diameter 2 (mm)	<i>Slump Flow</i> (mm)
0	1	2	3	$4=(2+3)*0.5$
1.	Sampel 0%	680	700	690
2.	Sampel 10%	700	720	710
3.	Sampel 15%	710	730	720
4.	Sampel 20%	620	640	630

Dari Tabel 4.10 diatas dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 720 mm terjadi pada variasi beton ringan CLC dengan campuran pengganti semen 15%, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 630 mm ada pada variasi beton ringan CLC 20%. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.



Gambar 4.1 Grafik analisa pengujian *slump flow* pada sampel kuat tekan

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kenaikan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 15%. Namun, pada variasi 20% terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan *chemical admixtures* yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton ringan CLC serta penambahan ASP dan SCT pada takaran tertentu yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan CLC. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 1611/C 1611M 05, bahwa hasil yang didapatkan dari sampel pengujian dan perhitungan diameter pada *slump flow* masih memenuhi ketentuan *multi operator precision* yaitu memiliki hasil rata-rata diameter antara 530-740 mm. Dimana variasi 20% merupakan variasi campuran yang akan sangat mudah mengalir di dalam cetakan dibandingkan variasi lainnya.

4.4.2 Sampel Kuat Tarik

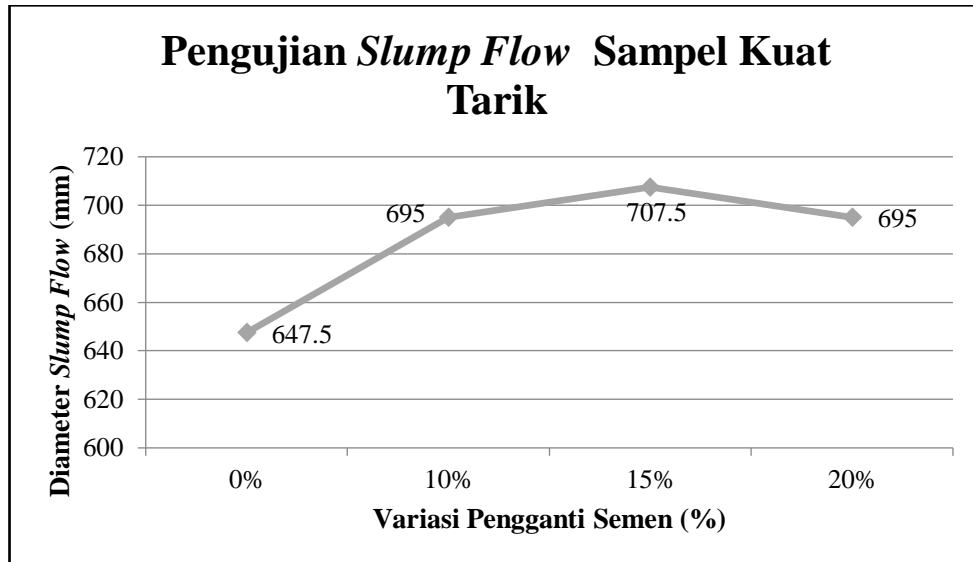
Dilakukan pengujian nilai *slump flow* pada sampel kuat tekan guna mengetahui nilai diameter yang dihasilkan untuk setiap variasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton ringan CLC dengan penambahan ASP dan SCT.

Tabel 4.11: Tabel *slump flow* adonan beton ringan CLC untuk sampel kuat tarik.

No.	Kode Variasi	Diameter 1	Diameter 2	<i>Slump Flow</i>
		(mm)	(mm)	(mm)
0	1	2	3	4=(2+3)*0.5
1.	Sampel 0%	640	655	647.5
2.	Sampel 10%	685	705	695
3.	Sampel 15%	705	710	707.5
4	Sampel 20%	690	700	695

Dari Tabel 4.11 diatas dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 707.5 mm terjadi pada variasi beton ringan CLC dengan

campuran pengganti semen 15%, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 647.5 mm ada pada variasi beton ringan CLC 0%. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.

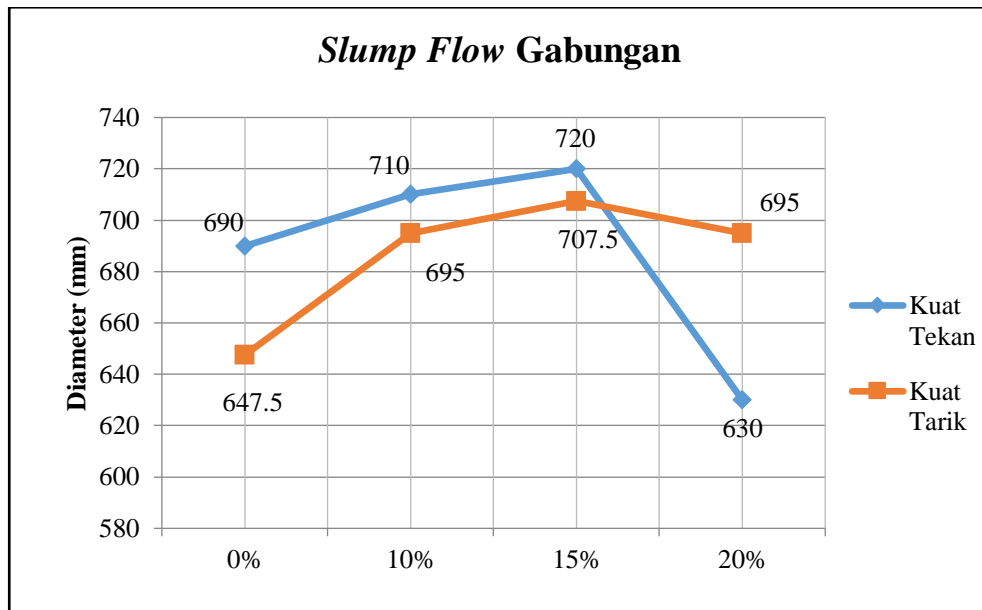


Gambar 4.2 Grafik analisa pengujian *Slump Flow* pada sampel kuat tarik

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat kenaikan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 15%. Namun, pada variasi 20% terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan *chemical admixtures* yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton ringan CLC serta penambahan ASP dan SCT pada takaran tertentu yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan CLC. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 1611/C 1611M 05, bahwa hasil yang didapatkan dari sampel pengujian dan perhitungan diameter pada *slump flow* masih memenuhi ketentuan *multi operator precision* yaitu memiliki hasil rata-rata diameter antara 530-740 mm. Dimana variasi 20% merupakan variasi campuran yang akan sangat mudah mengalir di dalam cetakan dibandingkan variasi lainnya.

4.4.3 *Slump Flow Rata-rata Gabungan*



Gambar 4.3 Grafik analisa pengujian *Slump Flow* gabungan

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 yang merupakan gabungan dari grafik *slump flow* untuk sampel kuat tekan dan grafik *slump flow* untuk sampel kuat tarik, sehingga lebih mudah untuk menyimpulkan dari hasil pengujian *slump flow* yang dilakukan pada kedua sampel. Dari kedua jenis sampel tersebut menghasilkan nilai *slump flow* dengan nilai *slump* yang mengalami kenaikan dan penurunan. Penurunan yang terjadi adalah diakibatkan oleh adanya penambahan ASP dan SCT dalam jumlah tertentu yang menghambat *flowability* dan *workability* pada beton ringan CLC. Penggunaan *chemical admixture* yang bertujuan untuk mempermudah kelecakan beton pun tidak mampu menangani penyerapan air pada penambahan ASP dan SCT tersebut. Sehingga terjadi penurunan diameter *slump flow*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Safarizki, H.A (2017) dengan menggunakan bahan tambah serbuk bata dan serat fiber dengan variasi penambahan 2.7% serbuk bata serta 0.07% fiber dapat meningkatkan *slump flow* dari 120 mm menjadi 670 mm. Sedangkan ketika dilakukan penambahan limbah fiber dari 0.07% menjadi 0.55% terjadi pengurangan *slump flow* sebesar 50%. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya fiber yang ditambahkan sehingga adonan beton tidak lagi mengalami kelecakan seperti pada variasi sebelumnya.

4.5 Pengujian Berat jenis Beton (*Density*)

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

4.5.1 Analisa Berat jenis Beton Ringan (*Density*) Pada Sampel Kuat Tekan

Pada tabel dibawah ini dijelaskan mengenai analisa berat jenis beton ringan pada sampel kuat tekan untuk setiap variasi. Terdapat dua jenis berat jenis yang dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 28 hari.

Tabel 4.12: Berat jenis beton ringan CLC untuk kuat tekan pada umur 28 hari

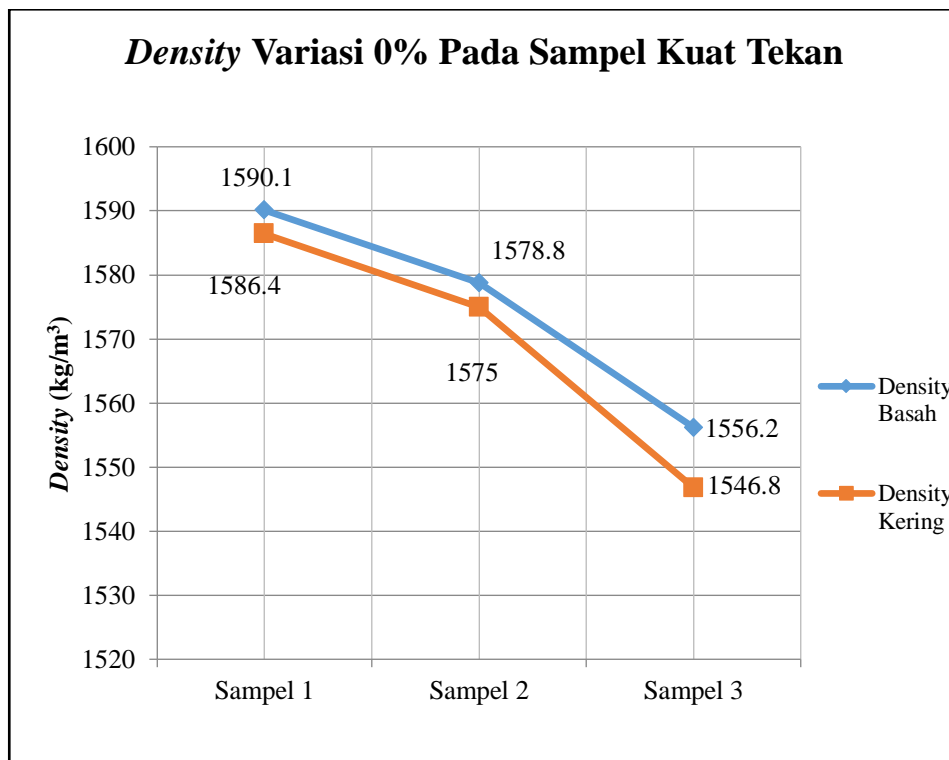
Silinder 150/300 mm		Berat Basah	Volume benda uji	Berat jenis Benda Uji	Berat jenis Rata- rata	Berat Kering	Berat jenis Benda Uji Kering	Berat jenis Kering Rata- rata
Pengganti semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
0%	S1	8.43	0.0053	1590.1	1575.0	8.41	1586.4	1569.4
	S2	8.37	0.0053	1578.8		8.35	1575.0	
	S3	8.25	0.0053	1556.2		8.2	1546.8	
10%	S1	8.39	0.0053	1582.6	1568.8	8.35	1575.0	1556.2
	S2	8.36	0.0053	1576.9		8.29	1563.7	
	S3	8.20	0.0053	1546.8		8.11	1529.8	
15%	S1	8.21	0.0053	1548.6	1546.9	8.08	1524.1	1531.0
	S2	8.29	0.0053	1563.7		8.23	1552.4	
	S3	8.102	0.0053	1528.3		8.04	1516.6	

Tabel 4.12: *lanjutan*

20%	S1	7.99	0.0053	1507.0	1524.2	7.86	1482.6	1509.0
	S2	8.11	0.0053	1530.0		8.01	1510.9	
	S3	8.14	0.0053	1535.4		8.13	1533.5	

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

1. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 0% Pada Sampel Kuat Tekan

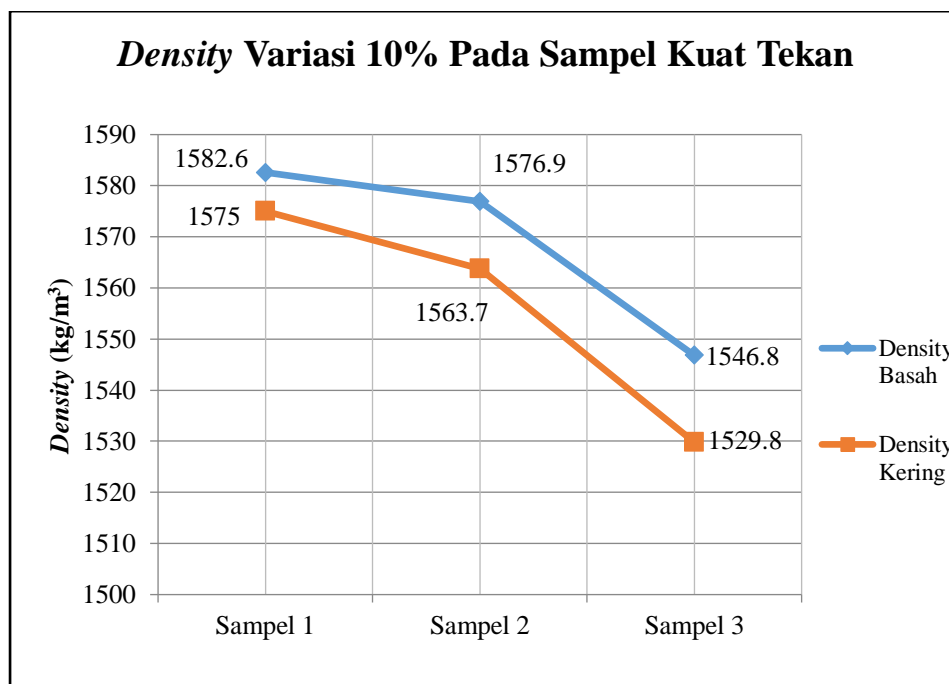


Gambar 4.4 Grafik analisa *density* variasi 0% pada sampel kuat tekan

Dari Gambar 4.4 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. Density terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1590.1 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1586.4 kg/m^3 untuk densitas kering dan yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1556.2 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1546.8 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0.24% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0.24% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 0.61% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0.36%.

2. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 10% Pada Sampel Kuat Tekan



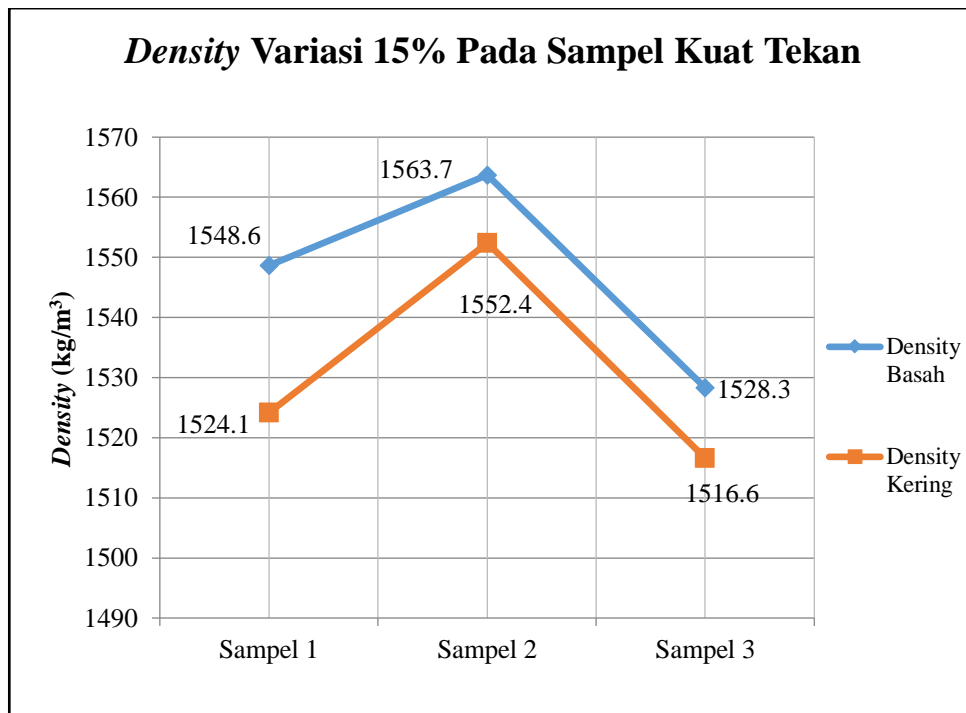
Gambar 4.5 Grafik analisa *density* variasi 10% pada sampel kuat tekan

Dari Gambar 4.5 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 10% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1582.6 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1575 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1546.8 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1529.8 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0.47% dari

density basah, sampel 2 sebesar 0.84% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 1.09% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0.801%.

3. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 15% Pada Sampel Kuat Tekan

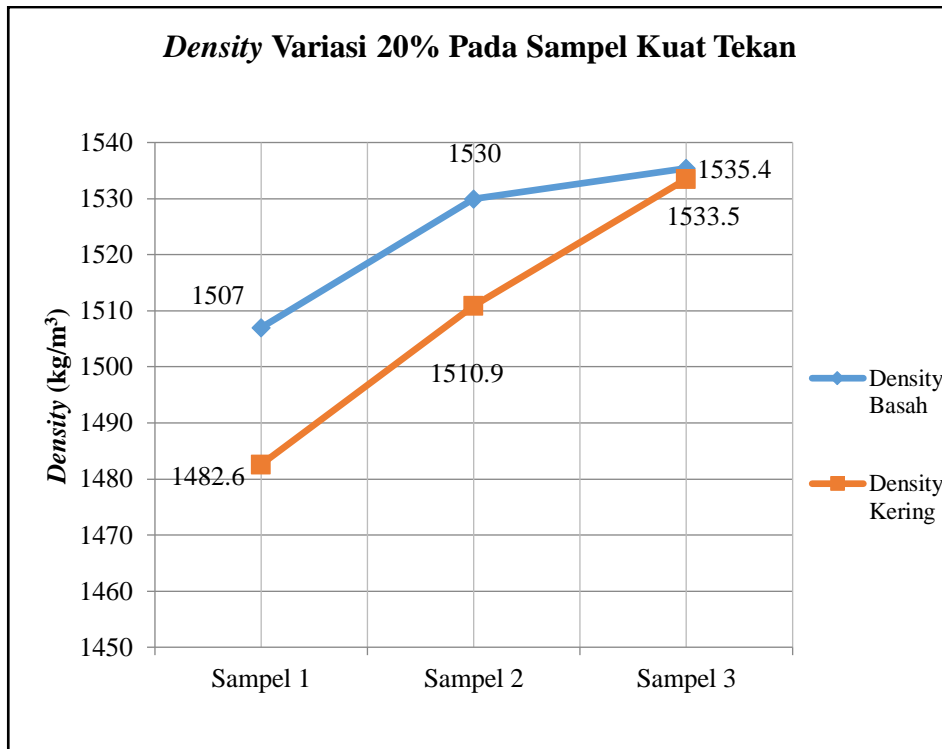


Gambar 4.6 Grafik analisa *density* variasi 15% pada sampel kuat tekan

Dari Gambar 4.6 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 15% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 2 yaitu sebesar 1563.7 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1552.4 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1528.3 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1516.6 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 1.58% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0.72% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 0.76% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 1.02%.

4. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 20% Pada Sampel Kuat Tekan



Gambar 4.7 Grafik analisa *density* variasi 20% pada sampel kuat tekan

Dari Gambar 4.7 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 20% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1535.4 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1533.5 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1507 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1482.6 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 1.63% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 1.24% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 0.12% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0.99%.

4.5.2 Analisa Berat jenis Beton Ringan (*Density*) Pada Sampel Kuat Tarik

Pada tabel dibawah ini dijelaskan mengenai analisa berat jenis beton ringan pada sampel kuat tarik untuk setiap variasi. Terdapat dua jenis berat jenis yang

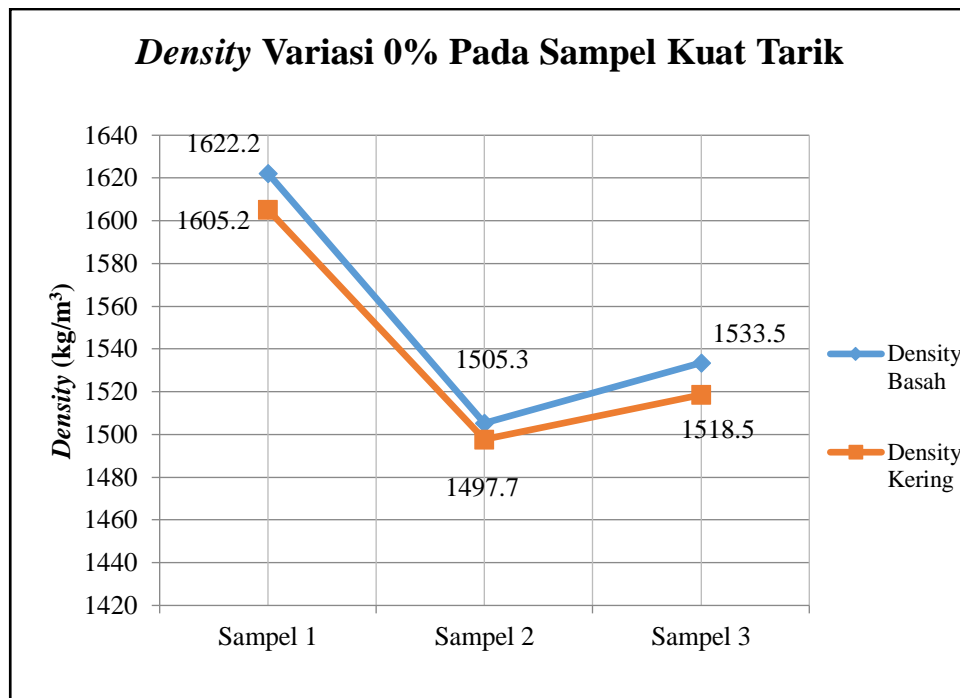
dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 28 hari.

Tabel 4.13: Tabel berat jenis beton ringan CLC untuk kuat tarik pada umur 28 hari

Silinder 150/300 mm		Berat Basah	Volume benda uji	Berat jenis Benda Uji	Berat jenis Rata- rata	Berat Kering	Berat jenis Benda Uji Kering	Berat jenis Kering Rata- rata
Pengganti semen	Kode							
		(kg)	(m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
0	1	2	3	4=2/3	5	6	7=6/3	8
0%	S1	8.60	0.0053	1622.2	1553.7	8.51	1605.2	1540.5
	S2	7.98	0.0053	1505.3		7.94	1497.7	
	S3	8.13	0.0053	1533.5		8.05	1518.5	
10%	S1	7.93	0.0053	1495.8	1522.9	7.892	1488.7	1499.1
	S2	8.17	0.0053	1541.1		8.00	1509.0	
	S3	8.12	0.0053	1531.7		7.95	1499.6	
15%	S1	8.18	0.0053	1543.0	1521.6	7.96	1501.5	1467.5
	S2	8.12	0.0053	1531.7		7.77	1465.6	
	S3	7.9	0.0053	1490.2		7.61	1435.5	
20%	S1	7.89	0.0053	1488.3	1498.3	7.65	1443.0	1451.4
	S2	7.90	0.0053	1490.2		7.64	1441.1	
	S3	8.04	0.0053	1516.6		7.79	1470.0	

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

1. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 0% Pada Sampel Kuat Tarik

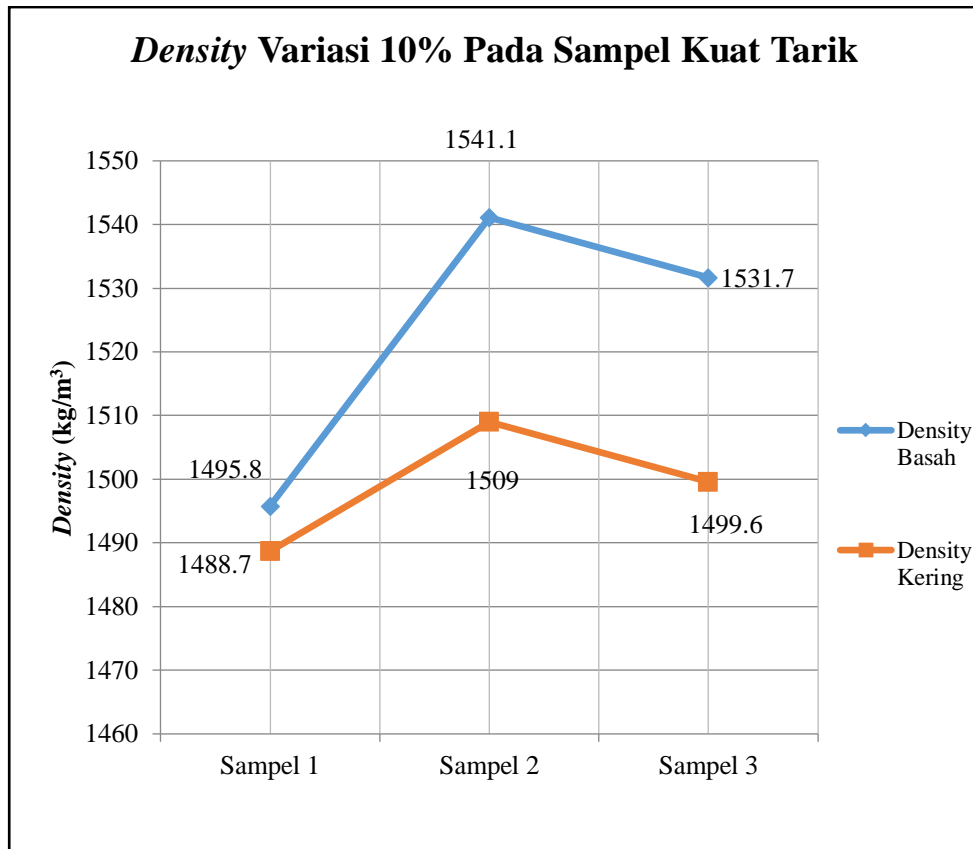


Gambar 4.8 Grafik analisa *density* variasi 0% pada sampel kuat tarik

Dari Gambar 4.8 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1622.2 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1605.2 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 2 yaitu sebesar 1505.3 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1497.7 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 1.04% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0.50% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 0.98% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0.85%.

2. Analisa Hasil Grafik Berat Jenis Beton (*Density*) Variasi 10% Pada Sampel Kuat Tarik

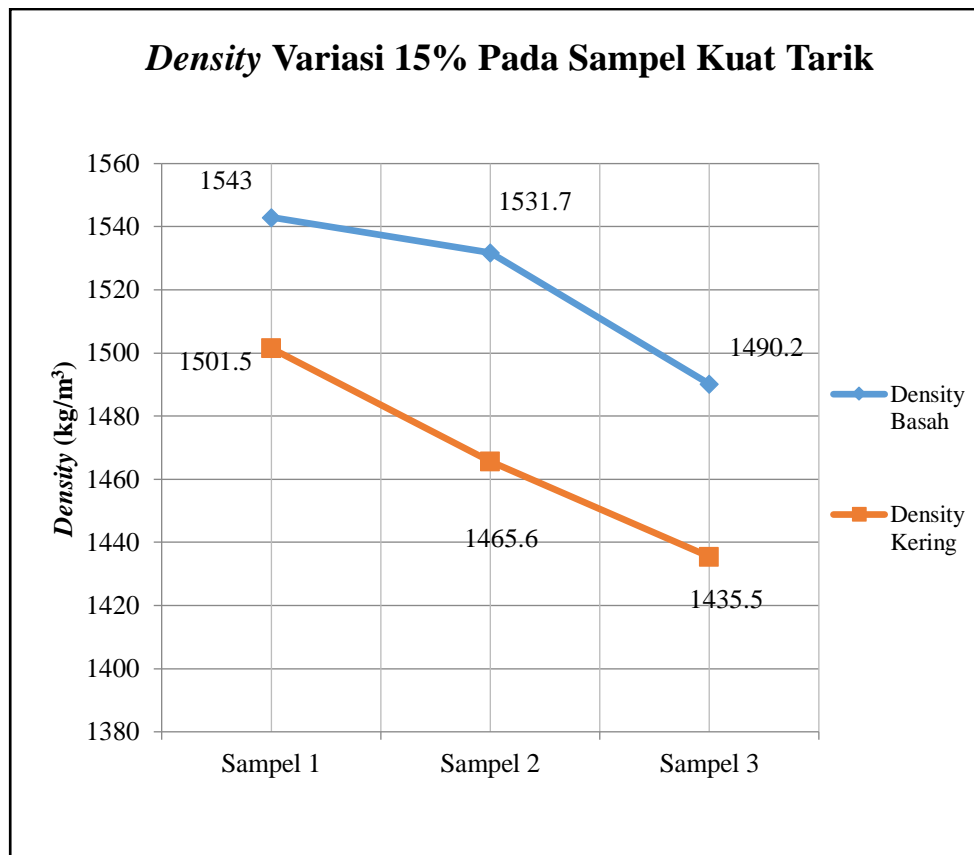


Gambar 4.9 Grafik analisa *density* variasi 10% pada sampel kuat tarik

Dari Gambar 4.9 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 10% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 2 yaitu sebesar 1541.1 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1509.0 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1495.8 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1488.7 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0.48% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 2.08% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 2.09% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 1.56%.

3. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 15% Pada Sampel Kuat Tarik

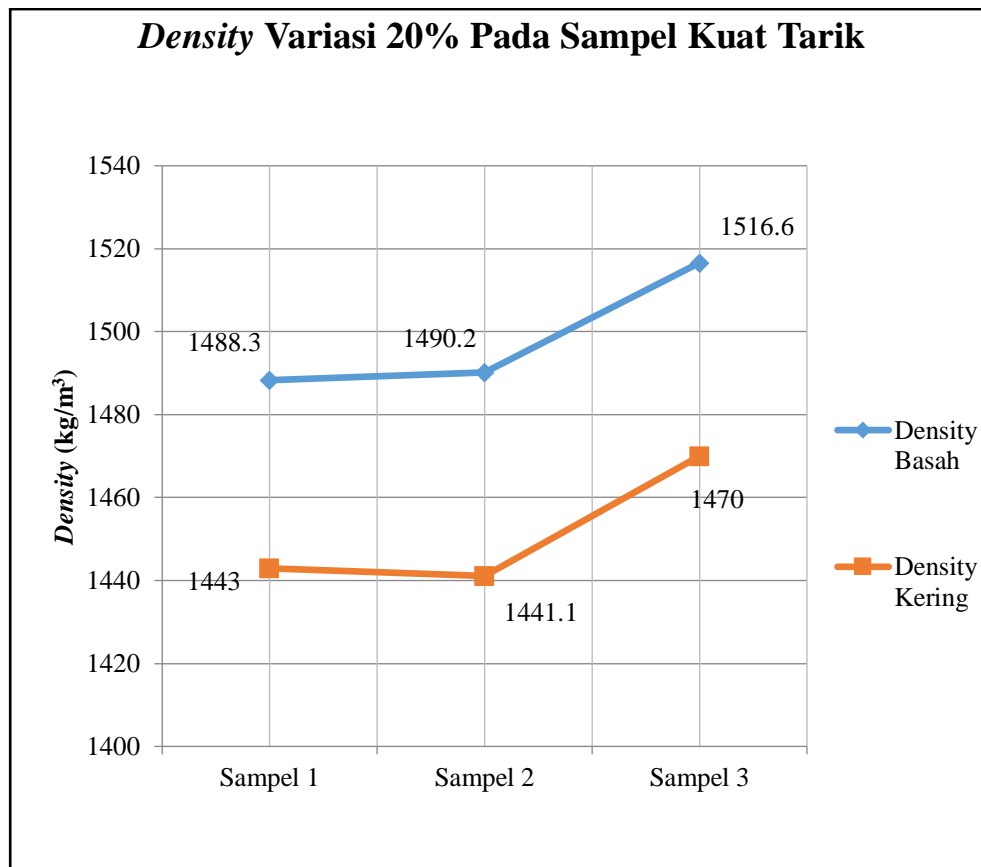


Gambar 4.10 Grafik analisa *density* variasi 15% pada sampel kuat tarik

Dari Gambar 4.10 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 15% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1543 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1501.5 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1490.2 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1435.5 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 2.7% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 4.31% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 3.7% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 3.5%.

4. Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Variasi 20% Pada Sampel Kuat Tarik

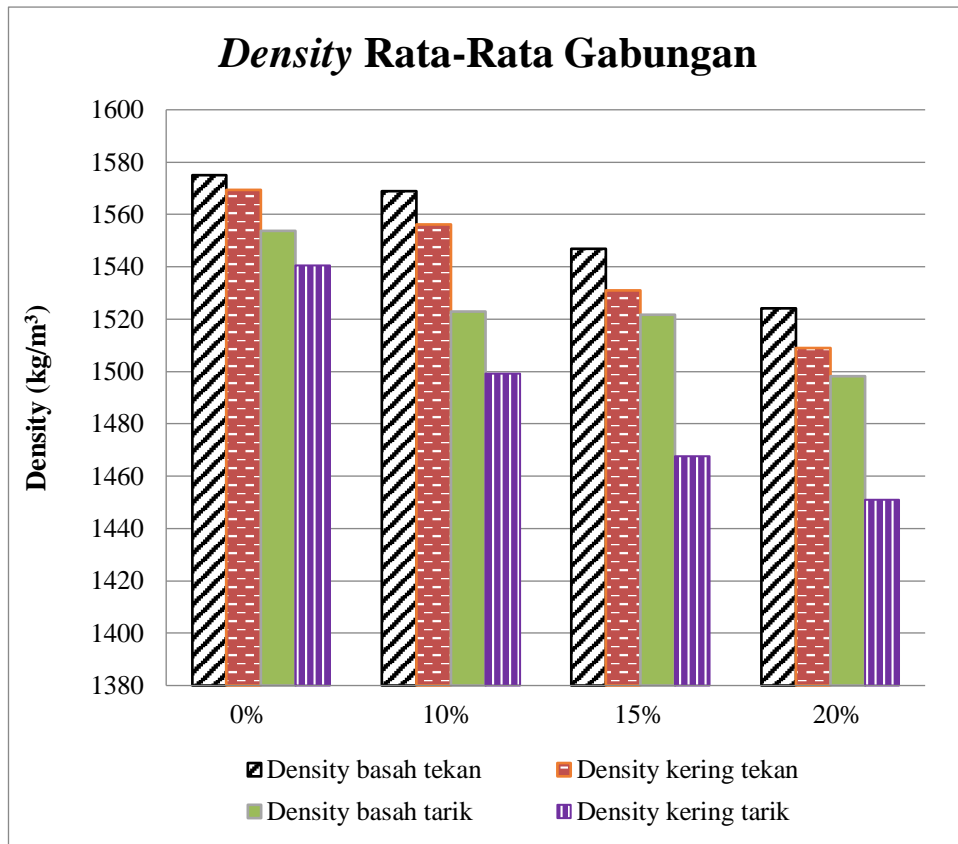


Gambar 4.11 Grafik analisa *density* variasi 20% pada sampel kuat tarik

Dari Gambar 4.11 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 20% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. *Density* terbesar ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1516.6 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1470 kg/m^3 untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1488.3 kg/m^3 untuk densitas basah dan 1443 kg/m^3 untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 3.04% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 3.29% dari *density* basah, sampel 3 sebesar 3.07% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 3.13%.

4.5.3 Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (*Density*) Ringan CLC Rata-rata.



Gambar 4.12 Grafik analisa *density* rata-rata gabungan

Dari Gambar 4.12 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada sampel kuat tekan dan kuat tarik masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ kg/m}^3$. Dapat dilihat pula bahwa nilai densitas beton ringan CLC berkurang seiring penambahan variasi pengganti semen (campuran ASP dan SCT) baik pada sampel kuat tekan maupun pada sampel kuat tarik. Diperoleh pula nilai densitas sampel kuat tekan cenderung lebih tinggi daripada nilai densitas sampel kuat tarik. Namun perbedaan nilai densitas yang terjadi tidak terlalu signifikan. Pada gambar di atas juga menunjukkan bahwa nilai berat jenis beton (*density*) beton ringan CLC minimum untuk kuat tekan dan tarik terdapat pada variasi 20% Sedangkan nilai densitas terbesar untuk sampel kuat tekan dan kuat tarik ada pada variasi 0%

Kenaikan dan penurunan nilai berat jenis beton ringan CLC (*density*) dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan *foam* serta kestabilan *foam* yang digunakan dalam pengadukkan beton ringan. Hal ini juga dipengaruhi oleh berkurangnya semen yang kemudian digantikan dengan campuran ASP dan SCT.

4.6 Pengujian Kuat Tekan

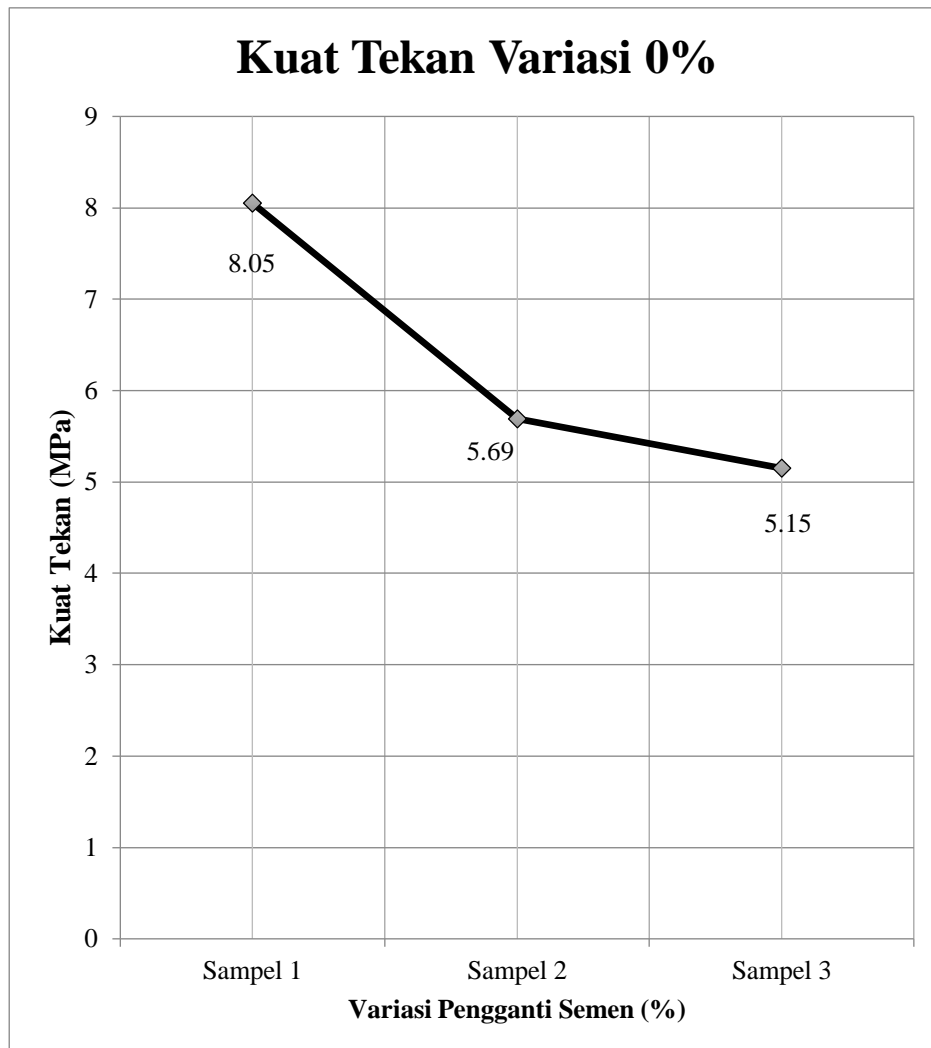
Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990 pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*) dengan kapasitas 1500 kN. Benda uji yang dilakukan tes adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tekan tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran ASP dan SCT (variasi 0%) dengan kekuatan tekan rata-rata sebesar 7.13 MPa, dan kekuatan terendah terdapat pada beton dengan campuran ASP sebesar 15% dan SCT sebesar 5% (variasi 20%) yaitu dengan kekuatan tekan rata-rata hanya sebesar 3.73 MPa.

Tabel 4.14: Analisa Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari

No	Kode Variasi	Dimensi		Luas Penampang	Volume	Density kering	Umur	Beban Maksimum	Kekuatan Tekan	Kuat Tekan Rerata
		L	D							
		(cm)		(cm ²)	(cm ³)	(kg/m ³)	(hari)	(kN)	(MPa)	(MPa)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	S1 0%	30	15	176.71	0.0053	1586.4	28	142.2	8.05	7.13
2.	S2 0%	30	15	176.71	0.0053	1575.0	28	100.5	5.69	
3.	S3 0%	30	15	176.71	0.0053	1546.8	28	135.4	7.67	
4.	S1 10%	30	15	176.71	0.0053	1575.0	28	61.2	3.46	4.92
5.	S2 10%	30	15	176.71	0.0053	1563.7	28	111.7	6.32	
6.	S3 10%	30	15	176.71	0.0053	1529.8	28	87.7	4.96	
7.	S1 15%	30	15	176.71	0.0053	1524.1	28	82.1	4.64	5.15
8.	S2 15%	30	15	176.71	0.0053	1552.4	28	81.3	4.60	
9.	S3 15%	30	15	176.71	0.0053	1516.6	28	109.7	6.21	
10.	S1 20%	30	15	176.71	0.0053	1482.6	28	62.8	3.55	3.73
11.	S2 20%	30	15	176.71	0.0053	1510.9	28	57.8	3.27	
12.	S3 20%	30	15	176.71	0.0053	1533.5	28	77.3	4.37	

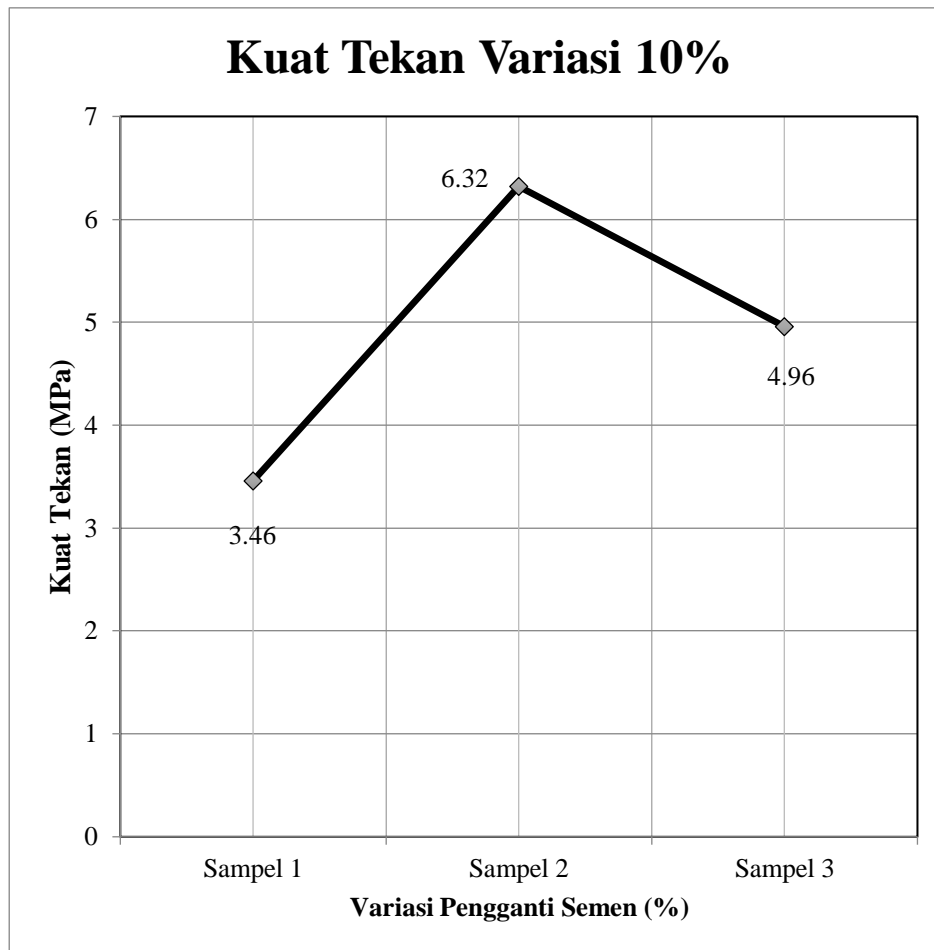
1. Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Variasi 0%



Gambar 4.13 Grafik analisa kuat tekan variasi 0%

Dari Gambar 4.13 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 0% (ASP 0% dan SCT 0%) diperoleh nilai kuat tekan maksimum ada pada sampel 1 yaitu sebesar 8.05 MPa dan kuat tekan minimum ada pada sampel 3 yaitu sebesar 5.15 MPa. Dari ketiga sampel yang diuji pada variasi 0% ini, diperoleh hasil dengan nilai selisih yang cukup jauh antara sampel 2 dan sampel 3 dengan hasil sampel 1 yaitu sebesar 2.36 - 2.9 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

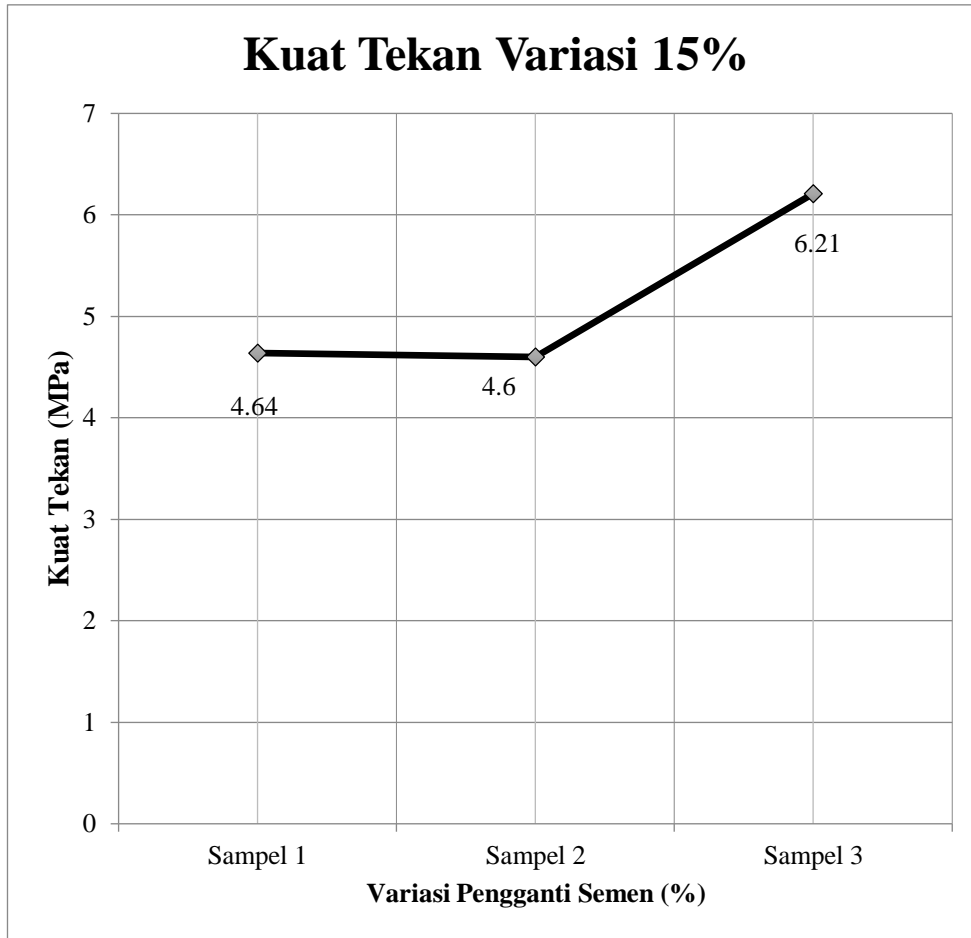
2. Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Variasi 10%



Gambar 4.14 Grafik analisa kuat tekan variasi 10%

Dari Gambar 4.14 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 10% (ASP 5% dan SCT 5%) diperoleh nilai kuat tekan maksimum ada pada sampel 2 yaitu sebesar 6.32 MPa dan kuat tekan minimum ada pada sampel 1 yaitu sebesar 3.46 MPa. Dari ketiga sampel yang diuji pada variasi 0% ini, diperoleh hasil dengan nilai selisih yang beragam antara ketiga sampel tersebut. Namun, sampel 2 dan sampel 3 merupakan hasil nilai kuat tekan yang memiliki nilai selisih paling minimum sebesar 1.36 MPa. Sedangkan selisih antar sampel memiliki range antara 1.36 – 2.8 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

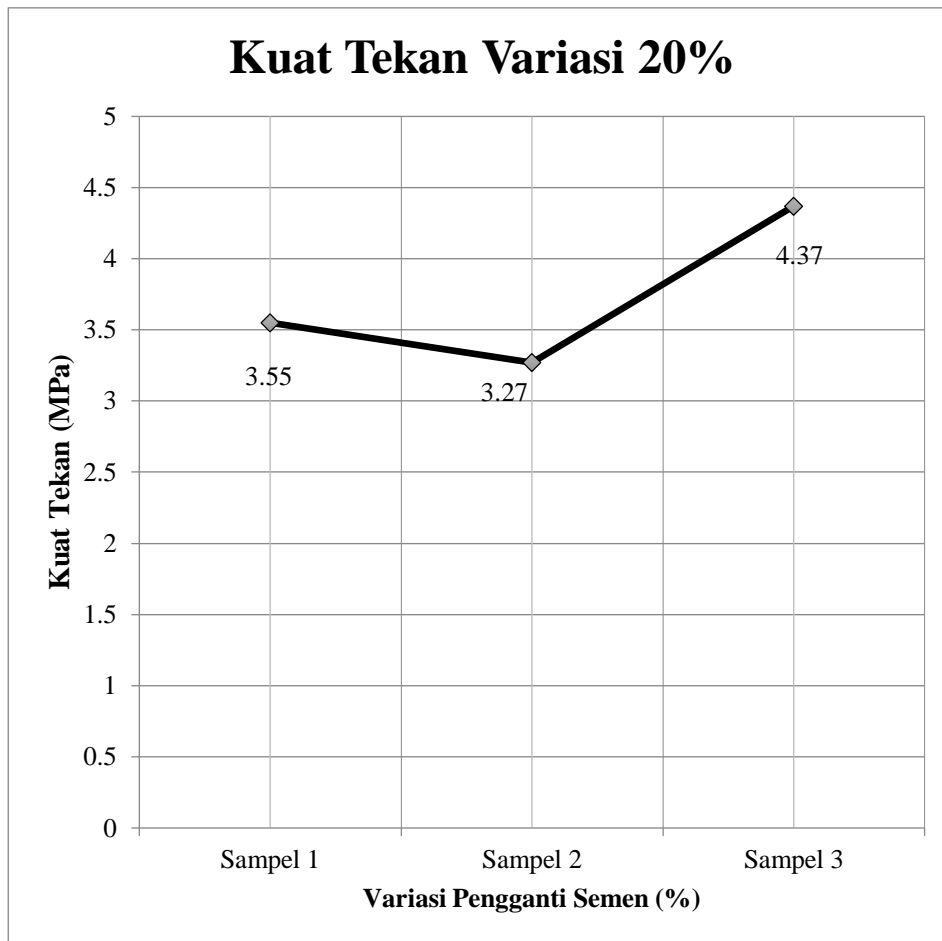
3. Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Variasi 15%



Gambar 4.15 Grafik analisa kuat tekan variasi 15%

Dari Gambar 4.15 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 15% (ASP 10% dan SCT 5%) diperoleh nilai kuat tekan maksimum ada pada sampel 3 yaitu sebesar 6.21 MPa dan kuat tekan minimum ada pada sampel 2 yaitu sebesar 4.6 MPa. Dari ketiga sampel yang diuji pada variasi 15% ini, diperoleh hasil dengan nilai selisih yang cukup berbeda. Namun, sampel 1 dan sampel 2 merupakan hasil nilai kuat tekan yang memiliki nilai selisih paling minimum sebesar 0.04 MPa. Sedangkan selisih antar sampel memiliki range antara 0.04 – 1.61 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

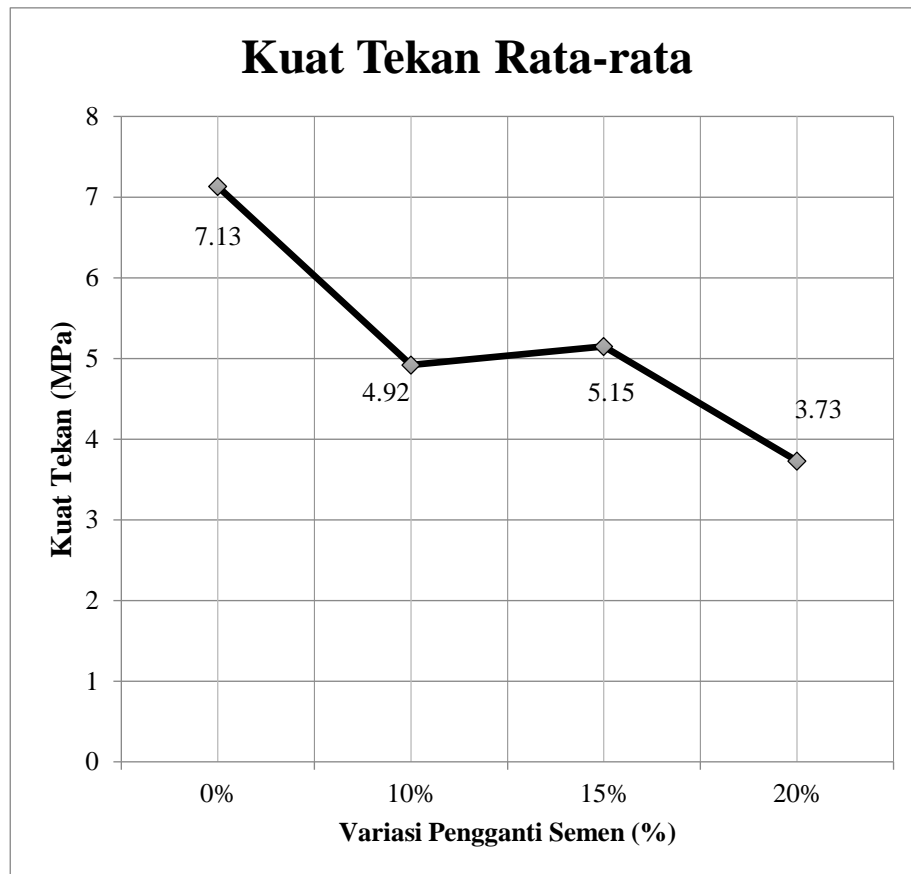
4. Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Variasi 20%



Gambar 4.16 Grafik analisa kuat tekan variasi 20%

Dari gambar 4.16 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 20% (ASP1 5% dan SCT 5%) diperoleh nilai kuat tekan maksimum ada pada sampel 3 yaitu sebesar 4.37 MPa dan kuat tekan minimum ada pada sampel 2 yaitu sebesar 3.27 MPa. Dari ketiga sampel yang diuji pada variasi 0% ini, diperoleh hasil dengan nilai selisih yang beragam antara ketiga sampel tersebut. Namun, sampel 1 dan sampel 2 merupakan hasil nilai kuat tekan yang memiliki nilai selisih paling minimum sebesar 0.28 MPa. Sedangkan selisih antar sampel memiliki range antara 0.28 – 1.1 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

5. Analisa Hasil Grafik Kuat Tekan Rata-rata



Gambar 4.17 Grafik analisa kuat tekan rata-rata

Dari hasil analisa Tabel 4.12 dan Gambar 4.17 diatas, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata terbesar berada pada variasi 0% yaitu sebesar 7.13 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi 20%. Nilai tersebut telah memenuhi minimal kuat tekan untuk beton ringan dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 1.4 MPa.

Dimana pada kuat tekan beton ringan CLC ini, berat jenis (*density*) sangat berpengaruh besar. Semakin tinggi densitas beton tersebut maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Penurunan nilai kuat tekan pada variasi campuran pengganti semen juga dipengaruhi oleh factor jumlah campuran ASP dan SCT yang bereaksi sebagai pengganti semen dalam adonan beton ringan. Kandungan kalsium serta silika yang terkandung pada ASP dan SCT melebihi dari yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat tekan 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 inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan yang cukup jauh dari nilai kuat tekan control pada variasi 0%.

Menurut Ardiyati, dkk (2013) penurunan nilai kuat tekan pada beton terjadi diakibatkan oleh beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

- a. Abu sekam padi dan serbuk cangkang telur memiliki nilai penyerapan yang tinggi

Masalah yang terjadi dalam pemanfaatan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dalam pembuatan beton, terkhusus beton ringan CLC adalah besarnya nilai serapan air yang terjadi. Hal ini dapat menyebabkan beton menjadi keropos sehingga dapat menurunkan kualitas kuat tekannya.

- b. Reaksi senyawa abu sekam padi dan serbuk cangkang telur terhadap senyawa semen

Senyawa-senyawa yang terdapat pada semen adalah C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF , dimana senyawa yang membentuk kekuatan awal pada semen adalah senyawa C_3S yang dibantu oleh panas hidrasi dari senyawa C_3A . Hasil reaksi tersebut akan kembali bereaksi dengan unsur-unsur utama yang terdapat di dalam abu sekam padi yaitu silika dan alumina. Dengan demikian, rantai reaksi hidrasi akan semakin panjang dan memperlama waktu pengerasan beton.

- c. Proses pemadatan

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

4.7 Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2491-2014 pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tarik (*tensile strength test*). Benda uji yang dilakukan tes adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

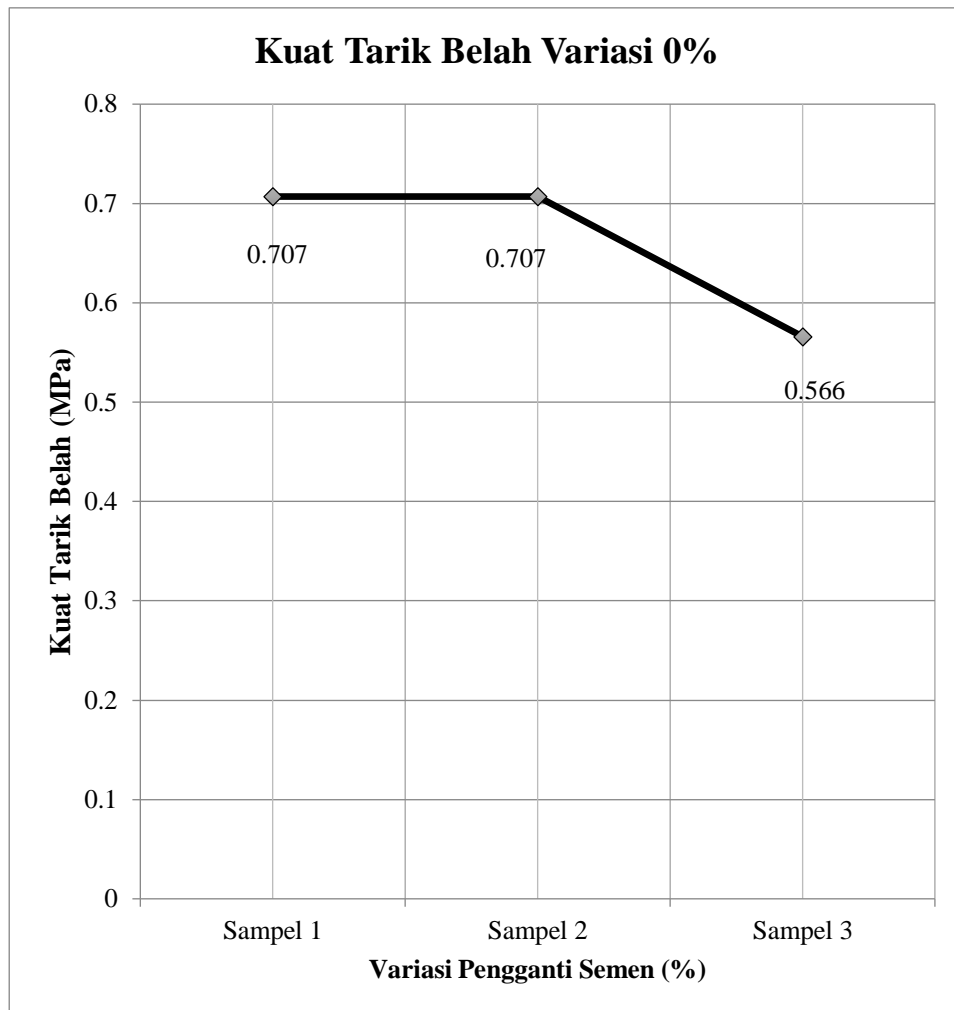
Menurut Ferguso (1986) dalam Rahamudin (2016), kekuatan tarik belah beton relative rendah, hanya 10-15% dari nilai kekuatan tekannya. Kekuatan ini juga lebih sukar untuk diukur dan hasilnya pun cenderung berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lainnya dibandingkan dengan sampel uji tekan . Hasil pengujian kuat tarik belah tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tarik belah tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran ASP dan SCT (variasi 0%) dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 0.660 MPa, dan kekuatan tarik terendah terdapat pada beton dengan campuran ASP sebesar 15% dan SCT sebesar 5% (variasi 20%) yaitu dengan kekuatan tarik rata-rata hanya sebesar 4.72 MPa. Perolehan nilai tersebut juga berbanding lurus dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada setiap variasi.

Tabel 4.15: Analisa Kuat Tarik Pada Umur 28 Hari

No	Kode Variasi	Dimensi		Luas Penampang	Volume	Density	Umur	Beban Waktu Belah	Kekuatan Tarik Belah	Kuat Tarik Rata-rata
		L	D							
		(cm)		(cm ²)	(cm ³)	(kg/m ³)	(hari)	(kN)	(MPa)	(MPa)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	S1 0%	30	15	176.71	0.0053	1605.2	28	50	0.707	0.660
2.	S2 0%	30	15	176.71	0.0053	1497.7	28	50	0.707	
3.	S3 0%	30	15	176.71	0.0053	1518.5	28	40	0.566	
4.	S1 10%	30	15	176.71	0.0053	1488.7	28	40	0.566	0.519
5.	S2 10%	30	15	176.71	0.0053	1509.1	28	40	0.566	
6.	S3 10%	30	15	176.71	0.0053	1499.6	28	30	0.424	
7.	S1 15%	30	15	176.71	0.0053	1501.5	28	20	0.283	0.472
8.	S2 15%	30	15	176.71	0.0053	1465.6	28	40	0.566	
9.	S3 15%	30	15	176.71	0.0053	1435.5	28	40	0.566	
10.	S1 20%	30	15	176.71	0.0053	1443.0	28	30	0.424	0.519
11.	S2 20%	30	15	176.71	0.0053	1441.1	28	40	0.566	
12.	S3 20%	30	15	176.71	0.0053	1470.0	28	40	0.566	

1. Analisa Hasil Grafik Kuat Tarik Belah Variasi 0%

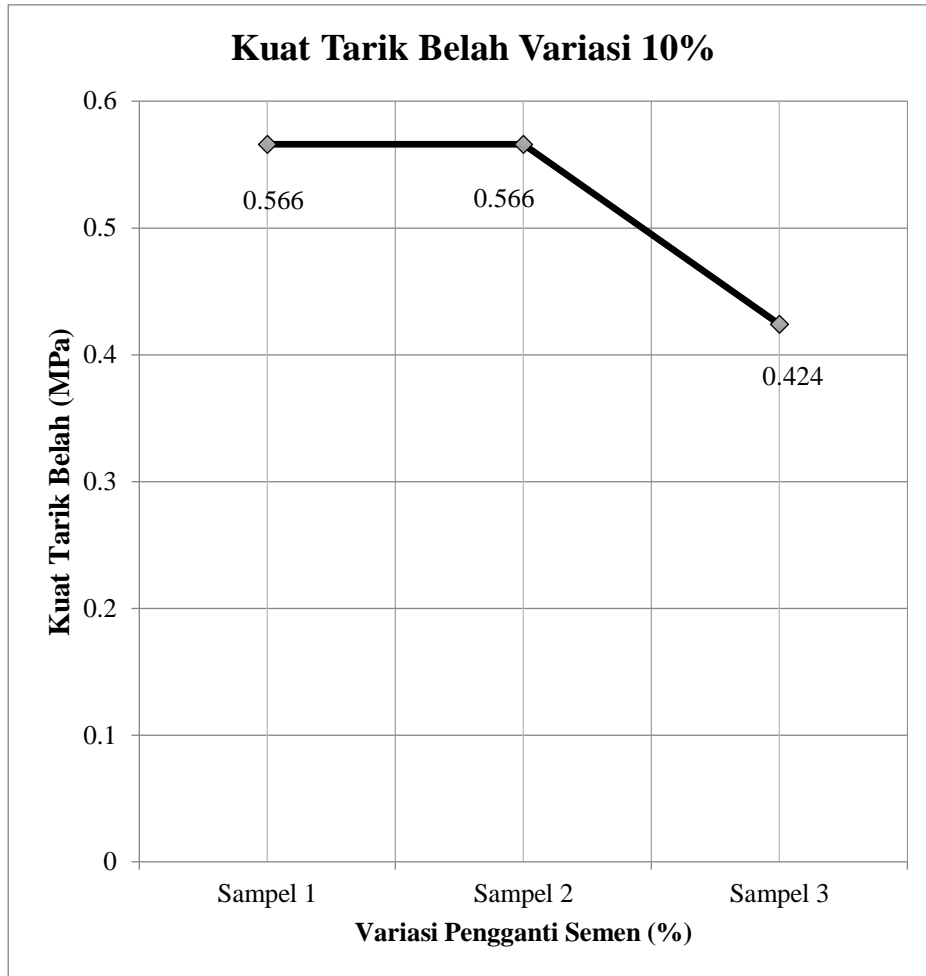


Gambar 4.18 Grafik analisa kuat tarik belah pada variasi 0%

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan telah memenuhi minimal nilai kuat tarik belah untuk beton dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 0.17 MPa.

Dapat dilihat pula dari Gambar 4.18 bahwa pada sampel 1 dan sampel 2 adalah sama yaitu sebesar 0.707 MPa. Sedangkan pada sampel 3 terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 0.141 Mpa.

2. Analisa Hasil Grafik Kuat Tarik Belah Variasi 10%

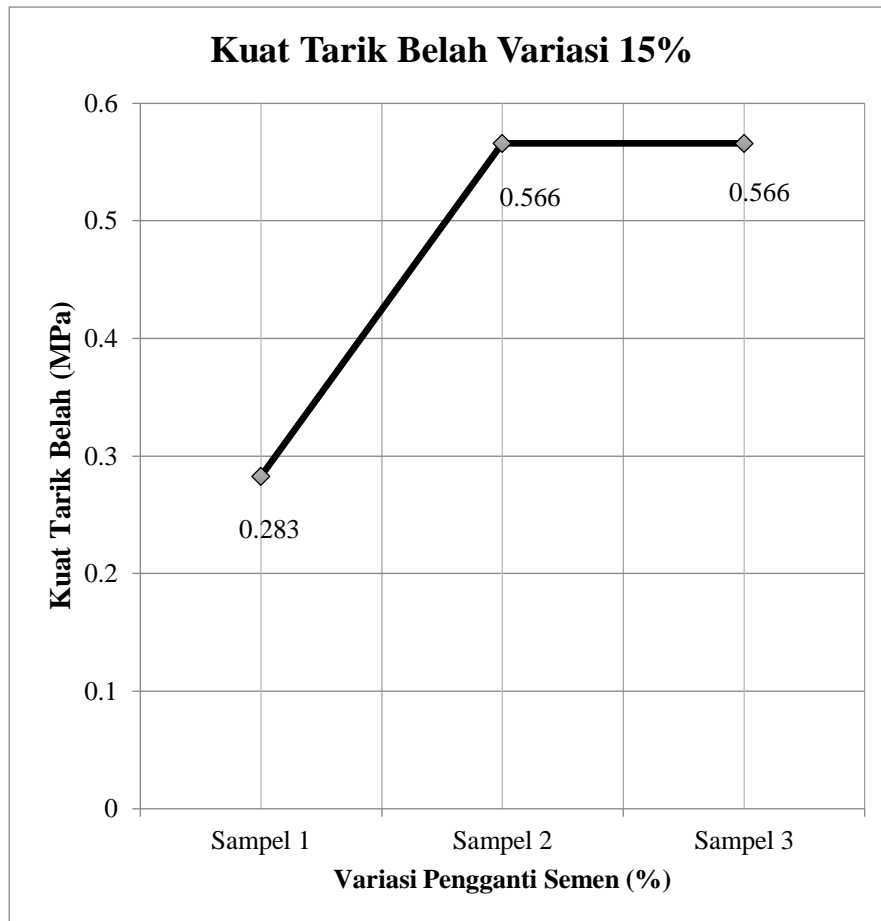


Gambar 4.19 Grafik analisa kuat tarik belah pada variasi 10%

Dari Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan telah memenuhi minimal nilai kuat tarik belah untuk beton dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 0.17 MPa.

Dapat dilihat pula dari Gambar 4.19 bahwa pada sampel 1 dan sampel 2 adalah sama yaitu sebesar 0.566 MPa. Sedangkan pada sampel 3 terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 0.142 Mpa.

3. Analisa Hasil Grafik Kuat Tarik Variasi 15%

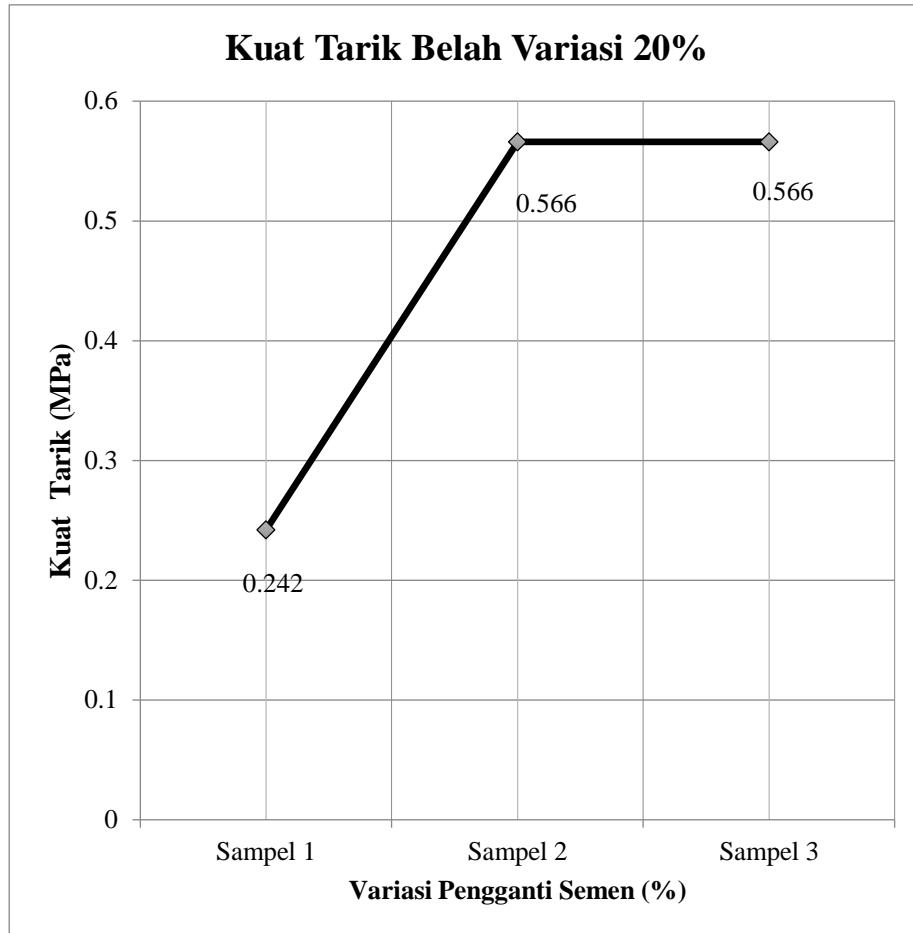


Gambar 4.20 Grafik analisa kuat tarik belah pada variasi 15%

Dari Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan telah memenuhi minimal nilai kuat tarik belah untuk beton dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 0.17 MPa.

Dapat dilihat pula dari Gambar 4.20 bahwa pada sampel 2 dan sampel 3 adalah sama yaitu sebesar 0.566 MPa. Sedangkan pada sampel 1 terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 0.283 Mpa.

4. Analisa Hasil Grafik Kuat Tarik Belah Variasi 20%

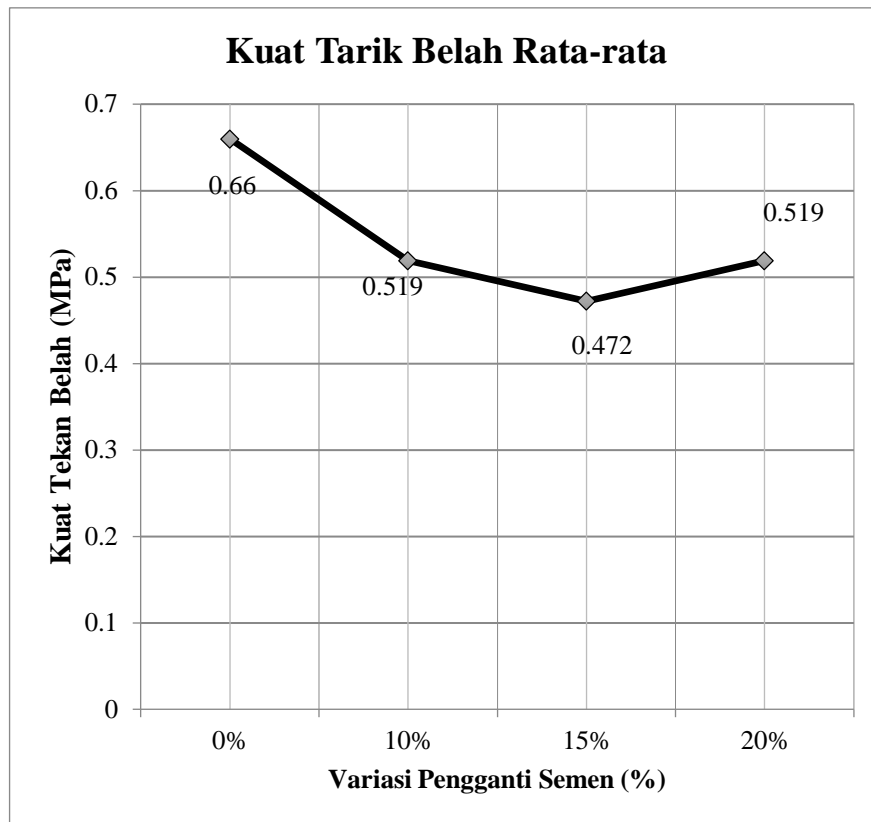


Gambar 4.21 Grafik analisa kuat tarik belah pada variasi 20%

Dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan telah memenuhi minimal nilai kuat tarik belah untuk beton dengan penambahan *foam agent* yang diatur pada ASTM C 859 yaitu sebesar 0.17 MPa.

Dapat dilihat pula dari Gambar 4.21 bahwa pada sampel 1 dan sampel 2 adalah sama yaitu sebesar 0.566 MPa. Sedangkan pada sampel 3 terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 0.325 Mpa.

5. Analisa Hasil Grafik Kuat Tarik Belah Rata-rata



Gambar 4.22 Grafik analisa kuat tarik belah rata-rata

Dari Gambar 4.22 dapat dilihat pula bahwa kadar optimum penggunaan ASP dan SCT sebanyak 0% menghasilkan nilai kuat tarik belah yang lebih maksimum daripada penggunaan variasi lainnya. Nilai kuat tarik tersebut juga berbanding lurus dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan. Menurut Majid, dkk (2018) kekuatan tarik belah yang dihasilkan akan relative rendah, yaitu sekitar 10-15% dari nilai kekuatan tekannya. Dimana, pada pengujian tekan diperoleh hasil maksimum pada penggunaan ASP dan SCT sebanyak 0%. Sehingga pada pengujian kuat tarik pun, diperoleh hasil maksimum pada penggunaan ASP dan SCT sebanyak 0%. Hal ini disebabkan akibat dari penambahan substitusi ASP dan SCT guna mengurangi penggunaan semen, sehingga workabilitas campuran menjadi tidak maksimal akibat tidak seimbangnya penggunaan campuran. Penyebab lainnya juga dikarenakan ASP dan SCT sangat menyerap air, akibatnya kekuatan beton yang dihasilkan menjadi menurun.

Menurut Majid, dkk (2018) alasan utama dari kuat tarik belah yang kecil adalah bahwa pada kenyataannya beton dipenuhi oleh retak-retak halus yang tidak dipengaruhi bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekan, berbeda jika beton menerima beban tarik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan selesainya proses penelitian dan analisis hasil penelitiannya, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu:

1. Hasil dari penambahan ASP dan SCT pada beton ringan CLC memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa:
 - a. Diperoleh nilai slump flow maksimum yaitu sebesar 720 mm pada sampel kuat tekan variasi 15% dan 707.5 mm pada sampel kuat tarik variasi 15%. Sedangkan nilai slump flow minimum adalah sebesar 630 mm sampel kuat tekan variasi 20% dan 695 mm pada sampel kuat tarik variasi 10% dan 20%.
 - b. Pada pemeriksaan *density* terhadap variasi campuran 10%, 15% dan 20% untuk sampel kuat tekan cenderung menurun hingga 2.7% - 5.8% dari *density* variasi 0% dan untuk sampel kuat tarik menurun 0.84% - 3.84% dari *density* variasi 0%.
 - c. Karakteristik kuat tekan beton ringan CLC dengan campuran ASP dan SCT sebagai campuran pengganti semen pada variasi 10%, 15% dan 20% di umur 28 hari mengalami penurunan sebesar 27.7% sampai 47.7% atau 1-98 MPa - 3.4 MPa dari nilai kuat tekan pada variasi pengontrol 0%.
 - d. Pada pengujian kekuatan tarik belah juga terjadi penurunan nilai kuat tarik sebesar 0.141 MPa - 0.188 MPa dari nilai kuat tarik tertinggi pada variasi 0%. Hasil dari pengujian kuat tarik yang dilakukan juga berbanding lurus terhadap nilai kuat tekan.
2. Hasil dari penambahan ASP dan SCT pada beton ringan CLC memberikan pengaruh terhadap nilai densitas, kuat tekan dan kuat tarik sebagai berikut:
 - a. Berat jenis (*density*) beton ringan CLC rata-rata adalah sebesar 1569.4 kg/m³ - 1451.4 kg/m³, sesuai dengan nilai *density* rencana yaitu sebesar 1400 kg/m³ dan telah memenuhi persyaratan SNI 03-3449-2002 yaitu tidak melebihi 1800 kg/m³.

- b. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi 0%, yaitu tanpa penggunaan ASP dan SCT pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 7.14 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan minimum terjadi pada variasi 20% yaitu sebesar 3.73 MPa.
 - c. Nilai kuat tarik belah optimum terjadi pada variasi 0%, yaitu tanpa penggunaan ASP dan SCT pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 0.66 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah minimum terjadi pada variasi 15% yaitu sebesar 0.472 MPa.
3. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan ASP dan SCT dengan persentase paling optimum terjadi pada variasi 15% untuk pengujian kuat tekan .

5.2 Saran

Dengan harapan bahwa penelitian ini akan menghasilkan hasil yang bervariasi dan maksimal, ada beberapa saran yang bisa diambil antara lain:

1. Pengecoran beton harus dilakukan secara berkelanjutan serta menerima perlakuan perawatan yang sama. Hal ini dilakukan agar tidak menyebabkan nilai hasil kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan pada saat tes tidak berbeda jauh.
2. Pengujian material serta sampel dapat dilakukan secara lebih selektif karena bisa jadi alat yang digunakan tidak pernah dikalibrasi terlebih alat seperti timbangan yang sangat sering digunakan untuk menimbang. Sehingga sebelum digunakan perlu menetralkan posisi timbangan terlebih dahulu.
3. Penggunaan takaran ASP dan SCT mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan dan tarik pada beton ringan CLC. Perlu dilakukan riset lebih mendalam terhadap kandungan dan takaran yang digunakan untuk menggantikan semen.
4. Kualitas semen portland serta campuran ASP dan SCT yang digunakan perlu diperhatikan karena jika terjadi gumpalan pada semen atau ASP dan SCT akan memberikan pengaruh terhadap hasil tes tekan dan tarik.
5. Perlunya dilakukan pengujian pada umur rencana beton 7 hari, 14 hari, dan 21 hari guna mengetahui nilai kuat tekan dan tarik yang berkembang dan

pengaruhnya terhadap reaksi penggantian semen dengan campuran ASP dan SCT.

6. Penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi bagi penelitian tugas akhir selanjutnya, dengan harapan pada hasil penelitian selanjutnya akan menghasilkan karakteristik beton ringan CLC yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 496. *Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*
- ASTM C 796 – 97. *Standart Test Method For Foaming Agents For Use in Producing Cellular Concrete Using Performed Foam.*
- ASTM C 869 – 91. *Standart Spesification for Foaming Agents Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete.*
- Ardiyati, P., Octaviani, M. B., Purwanto, P., & Sabdono, P. (2013). Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Nano Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. *JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL*, 2(4), 252-262.
- Chen, Y. L., Chang, J. E., Lai, Y. C., & Chou, M. I. M. 2017. A comprehensive study on the production of autoclaved aerated concrete: Effects of silika-lime-cement composition and autoclaving conditions. *Construction and Building Materials*, 153, 622–629.
- de Sensale, G. R., & Viacava, I. R. (2018). A study on blended Portland cements containing residual rice husk ash and limestone filler. *Construction and Building Materials*, 166, 873-888.
- Ghazi Wakili, K., Hugi, E., Karvonen, L., Schnewlin, P., & Winnefeld, F. 2015. Thermal behaviour of autoclaved aerated concrete exposed to fire. *Cement and Concrete Composites*, 62, 52–58.
- Hadipramana, J., Riza, F. V., Rahman, I. A., Loon, L. Y., Adnan, S. H., & Zaidi, A. M. A. (2016, November). Pozzolanic characterization of waste rice husk ash (RHA) from Muar, Malaysia. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 160, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
- Handayani, P.A., Nurjanah, E., & Rengga, W. 2014. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), 19-24.
- Hunggurami, E., 2014. Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Tanah Putih sebagai Agregat. *Jurnal Teknik Sipil*, III (2), 125-136.
- Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. 2017. Eggshell waste as catalyst: A review.

- Journal of Environmental Management*, 197, 351–359.
- Liu, Y., Leong, B. S., Hu, Z. T., & Yang, E. H. 2017. Autoclaved aerated concrete incorporating waste aluminum dust as foaming agent. *Construction and Building Materials*, 148, 140–147.
- Narayanan, N., & Ramamurthy, K. 2000. Structure and properties of aerated concrete : a review, 22, 321–329.
- Owsiak, Z., Sołtys, A., Sztąboroski, P., & Mazur, M. 2015. Properties of autoclaved aerated concrete with halloysite under industrial conditions. *Procedia Engineering*, 108, 214–219.
- Pliya, P., & Cree, D. 2015. Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*, 95, 1–9.
- Ramamurthy, K., Nambiar, E. K. K., & Ranjani, G. I. S. 2009. Cement & Concrete Composites A classification of studies on properties of foam concrete. *Cement and Concrete Composites*, 31(6), 388–396.
- Santoso, M.P.Bagus. 2015. Peranan Pasir Kwarsa Dalam Proses Pembuatan Bata Ringan (Autoclaved Aerated Concrete). *Laboratorium PT. SB Con Pratama: Demak*.
- SNI 03-3449-2002. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan.
- SNI 15-2049-2004. Semen Portland.
- SNI 1970-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- SNI 03-2493-2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
- Sua-iam, G., Sokrai, P., & Makul, N. (2016). Novel ternary blends of Type 1 Portland cement, residual rice husk ash, and limestone powder to improve the properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 125, 1028-1034.
- Sua-Iam, G., & Makul, N. (2013). Utilization of limestone powder to improve the properties of self-compacting concrete incorporating high volumes of untreated rice husk ash as fine aggregate. *Construction and Building Materials*, 38, 455-464.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Torkaman, J., Ashori, A., & Momtazi, A. S. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and building materials*, 50, 432-436.
- Triastuti, T., & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Journal of Civil Engineering*, 24 (2), 139-144.
- Widyastutik, A. R. (2018). *Pengaruh Prosentase Foam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Volume Beton Ringan Selular (Clc) Dengan Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer* (Doctoral Dissertation, Universitas 17 Agustus 1945).
- Yang, K. H., & Lee, K. H. (2015). Tests on high-performance aerated concrete with a lower density. *Construction and Building Materials*, 74, 109–117.

LAMPIRAN



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor / 1894/AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Sipil pada Tanggal 23 November 2019 ini Menetapkan :

Nama : DELINA NILA SARI
Npm : 1607210084
Program Study : TEKNIK Sipil
Semester : VII (Tujuh)
Judul tugas akhir : OBSERVASI TEGANGAN TARIK BETON RINGAN CLC
(SELULAR LIGHT WEIGHT CONCRETE) YANG DIPERKUAT
ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR
SECARA EKSPERIMENTAL DAN SIMULASI APLIKASI .


Pembimbing I : Dr. JOSEF HADIPRAMANA

Demikian diizinkan untuk Menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Sipil
2. Penulisan Tugas Akhir Dinyatakan batal setelah 1 (satu) tahun tanggal ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.




Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 28 Rabiul Awal 1441 H
25 November 2019 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

Cc. File

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DELINA NILA SARI
NPM : 1607210084
JUDUL : OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) YANG DIPERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL




NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	14/12/2019	Perbaiki: <ul style="list-style-type: none"> • Rumusan masalah • Ruang lingkup masalah • Tujuan penelitian • Tambahkan manfaat • Hapus sistematika penulisan 	
2.	10/01/2020	Perbaiki: <ul style="list-style-type: none"> • Rumusan masalah • Tujuan penelitian • Metodologi • Tambahkan teori 	
3.	21/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> • ACC Seminar Proposal 	

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DELINA NILA SARI

NPM : 1607210084

JUDUL : OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) YANG DIPERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL DAN SIMULASI APLIKASI




NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4.	28/08/2020	<ul style="list-style-type: none"> • Tambahkan teori yang relate terhadap variabel • Masukkan penelitian-penelitian terdahulu • Berikan data pendukung untuk teori 	
5.	16/09/2020	<ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan langkah-langkah dari diagram alir • Beri keterangan nama pada setiap rumus • Perhatikan margin, seragamkan • Hapus keterangan foto milik pribadi 	
6.	10/10/2020	<ul style="list-style-type: none"> • Berikan ulasan untuk Sub Bab 4 • Perbaiki penamaan tabel • Beri keterangan pada singkatan ASP dan SCT • Perbaiki penulisan nama gambar 	



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jln. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238, Telp. (061)-6622400

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DELINA NILA SARI
NPM : 1607210084
JUDUL : OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC
(*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE*) YANG DIPERKUAT ABU
SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA
EKSPERIMENTAL

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
7.	20/10/2020	<ul style="list-style-type: none">• ACC Seminar Hasil	
8.	30/10/2020	<ul style="list-style-type: none">• Perbaiki penulisan, sesuaikan dengan panduan• Perbaiki kesimpulan	
9.	03/11/2020	<ul style="list-style-type: none">• ACC Lanjut ke Sidang	

Dosen Pembimbing



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



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



SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi) ASTM C 128	LAB NO. (No. Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 08 Juli 2020 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 10 Juli 2020
---	--

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGATES (Agregat Halus) PASSING NO. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	01	02	AVE (Rata - Rata)
Wt. Of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B) gr	500	500	500
Wt. Of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) sampai konstan) (E) gr	491	492	491.5
Wt. Of Flask + Water (Berat Piknometer penuh air) (D) gr	695	697	696
Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam Piknometer penuh air) (C) gr	996	998	997
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.47	2.47	2.47
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.51	2.51	2.51
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.58	2.57	2.58
Absorption $[(B - E) / E] \times 100\%$	1.83	1.62	1.73

TESTED BY (Dikerjakan Oleh) (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh) (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
--	--





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



UNIT WEIGHT AGGREGATE TEST (Percobaan Berat Isi Agregat) ASTM C 29	LAB NO. (No. Surat) :
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 08 Juli 2020
	TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 09 Juli 2020

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGAT	01	02	03
Wt of Sample & Mold (Berat contoh dan wadah) gr	16480	17363	18758
Wt of Mold (Berat wadah) gr	5400	5400	5400
Wt of Sample (Berat contoh) gr	11080	11963	13358
Vol of Mold (Volume wadah) cm ³	10952.23	10952.23	10952.23
Unit weight (Berat Isi) gr/ cm ³	1.0116	1.0923	1.2196
Average gr/ cm ³	1.10783		

TESTED BY (Dikerjakan Oleh)  (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh)  (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
---	---



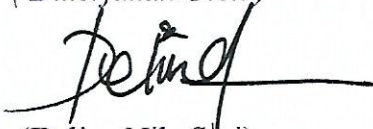

LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO. 3 MEDAN 20238



MUD CONTENT TEST (Percobaan Kadar Lumpur) ASTM C 556 - 89	LAB NO. (No. Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 10 Juli 2020 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 10 Juli 2020
--	--

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGAT (No. 4)		01	02	Average
Berat contoh kering (A)	gr	700	700	700
Berat kering contoh setelah dicuci (B)	gr	687	675	681
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci	gr	13	25	19
Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci	%	1.857	3.57	2.71

TESTED BY (Dikerjakan Oleh)  (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh)  (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
---	---





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



WATER CONTENT TEST (Percobaan Kadar Air) ASTM C 566	LAB NO. (No. Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 12 Juli 2020 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 12 Juli 2020
--	--

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGAT	01	02	Average
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah) gr	555	565	560
Wt of SSD Sampel (Berat contoh SSD) gr	500	500	500
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah) gr	544	554	549
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering) gr	489	489	489
Wt of Mold (Berat wadah) gr	55	65	60
Wt of Water (Berat Air) gr	11	11	11
Water Content	2,2495	2,2495	2,2495
Ave	2,2495		

TESTED BY (Dikerjakan Oleh)  (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh)  (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
---	---



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



SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Abu Sekam Padi dan Absorpsi)	LAB NO. (No. Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 06 Juli 2020 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 08 Juli 2020
--	--

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	MEDAN
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGATES (Agregat Halus) PASSING NO. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	01	02	AVE (Rata - Rata)
Wt. Of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B) gr	100	100	100
Wt. Of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) sampai konstan) (E) gr	90	95	92.5
Wt. Of Flask + Water (Berat Pikonometer penuh air) (D) gr	693	695	694
Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam Pikonometer penuh air) (C) gr	725	731	728
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	1.55	1.61	1.40
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	1.47	1.56	1.52
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	1.55	1.61	1.58
Absorption $[(B - E) / E] \times 100\%$	11.1	5.26	8.18

TESTED BY (Dikerjakan Oleh) (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh) (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
--	---



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



SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Serbuk Cangkang Telur dan Absorpsi)	LAB NO. (No. Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bahan) : 07 Juli 2020 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 09 Juli 2020
---	--

SOURCE OF SAMPLE (Asal Contoh)	MEDAN
PROJECT (Proyek)	PENELITIAN TUGAS AKHIR
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGATES (Agregat Halus) PASSING NO. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	01	02	AVE (Rata – Rata)
Wt. Of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B) gr	200	200	200
Wt. Of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) sampai konstan) (E) gr	182	189	185.5
Wt. Of Flask + Water (Berat Pikonometer penuh air) (D) gr	693	693	693
Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam Pikonometer penuh air) (C) gr	731	745	738
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	1.12	1.27	1.19
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	1.23	1.35	1.29
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	1.26	1.38	1.32
Absorption $[(B - E) / E] \times 100\%$	9.89	5.82	7.81

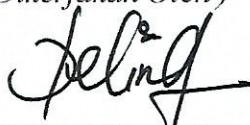
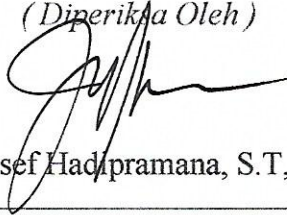
TESTED BY (Dikerjakan Oleh)  (Delina Nila Sari)	CHECKED BY (Diperiksa Oleh)  (Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc)
---	---

FOTO DOKUMENTASI SAAT PELAKSANAAN PENELITIAN



Gambar L1. Briefing Sebelum Memulai Kegiatan Penelitian



Gambar L2. Menimbang Pasir



Gambar L3. Menyiapkan Air Untuk Pengerjaan Beton



Gambar L4. Menyiapkan Peralatan Untuk Pengadukkan Beton



Gambar L5. Memasukkan Bahan Penyusun Beton Ke dalam *Mixer*



Gambar L6. Membuat Busa *Foam Agent*



Gambar L7. Busa Yang Dihasilkan Dari Proses Pengadukkan



Gambar L8. Memasukkan Busa Ke Dalam Molen



Gambar L9. Adonan Beton Segar Dituang Ke Pan



Gambar L10. Melakukan Pemeriksaan *Slump Flow*



Gambar L11. Mengukur diameter *slump flow*



Gambar L12. Menyiapkan Bekisting



Gambar L13. Mengisi Beton Ke dalam Bekisting



Gambar L14. Menimbang beton yang telah dibuka dari bekisting



Gambar L15. Merendam beton selama 28 hari



Gambar L16. Beton yang telah dikeluarkan dari bak perendam



Gambar L17. Pengujian Kuat Tekan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Delina Nila Sari
Panggilan : Delina / Nila
Tempat, Tanggal Lahir : Air Teluk Kiri, 17 Juni 1999
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat Sekarang : Air Teluk Kiri dsn III, Kab. Asahan
HP/Tlpn Seluler : 082160398984
Nama Ayah : Rusli
Nama Ibu : Sri Sukesih
E-mail : delina.nilasari17@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

No	Tingkat Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Kelulusan
1.	SD	SDN 014646 Air Teluk Kiri	2010
2.	SMP	SMP Negeri 1 Air Batu	2013
3.	SMA	SMK Negeri 1 Pulau Rakyat	2016
4.	Universitas	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2016 - Selesai