

TUGAS AKHIR

**PENYERAPAN DAN KUAT TEKAN
BETON RINGAN MENGGUNAKAN *STYROFOAM*
(PENELITIAN)**

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

Disusun Oleh:

ARDI FATAHILLAH NASUTION

1707210017



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ardi Fatahillah Nasution

NPM : 1707210017

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Penyerapan dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan
Styrofoam (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 27 September 2021

Dosen Pembimbing



Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ardi Fatahillah Nasution

NPM : 1707210017

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Penyerapan dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan
Styrofoam (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, 27 September 2021

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



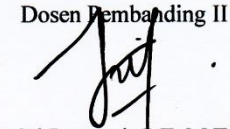
Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Sri Prapanti, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Ardi Fatahillah Nasution
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 02 Juni 1999
NPM : 1707210017
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Penyerapan dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan *Styrofoam*”.

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, 27 September 2021

Saya yang menyatakan

A photograph of a handwritten signature in black ink over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', 'TEL. 20', 'METERA', 'TEMREL', and the number '155AJX435078252'. The signature is written in a cursive style across the stamp.

Ardi Fatahillah Nasution

ABSTRAK

PENYERAPAN DAN KUAT TEKAN BETON RINGAN MENGGUNAKAN *STYROFOAM* (STUDI PENELITIAN)

Ardi Fatahillah Nasution
1707210017
Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

Pembuatan beton ringan membutuhkan material campuran yang mempunyai berat jenis yang rendah. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah *styrofoam*. Penelitian ini menggunakan butiran *styrofoam* yang berasal dari Kota Medan dengan ukuran butiran *styrofoam* yaitu 2 sampai 5mm dan akan disubstitusikan dengan agregat halus. Adapun komposisi substitusi campuran *styrofoam* adalah 0%, 1%, 2% dan 2,5% dari berat agregat halus. Dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 pengujian kuat tekan yaitu untuk kuat tekan setelah perendaman 14 hari dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis basah dan berat jenis kering beton ringan *styrofoam* yang telah diuji tersebut memenuhi persyaratan dimana kisaran beton ringan sesuai referensi adalah kurang dari 1900 kg/m³. Adapun berdasarkan pengujian kuat tekan 14 hari dan 28 hari berkisar antara 1,5 - 7,5 MPa dimana penggunaannya pada daerah non struktur seperti dinding partisi, kanopi, dan lain-lain.

Kata kunci : Beton ringan, *Styrofoam*, Kuat tekan.

ABSTRACT

ABSORPTION AND COMPRESSIVE STRENGTH LIGHTWEIGHT CONCRETE USING STYROFOAM (RESEARCH STUDY)

Ardi Fatahillah Nasution
1707210017
Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

The manufacture of lightweight concrete requires mixed materials that have low specific gravity. One alternative material that can be used is styrofoam. This study uses styrofoam granules from Medan City with styrofoam grain sizes of 2 to 5mm and will be substituted with fine aggregate. The composition of the styrofoam mixture substitution is 0%, 1%, 2% and 2.5% by weight of fine aggregate. In this study, it was divided into 2 tests for compressive strength, namely for compressive strength after immersion for 14 days and 28 days. Based on the results of testing the wet specific gravity and dry specific gravity of the Styrofoam lightweight concrete that has been tested meets the requirements where the range of lightweight concrete according to the reference is less than 1900 kg/m³. Meanwhile, based on the 14-day and 28-day compressive strength tests, it ranges from 1.5 - 7.5 MPa where its use is in non-structural areas such as partition walls, canopies, and others.

Keywords: Lightweight concrete, Styrofoam, Compressive strength.

KATA PENGANTAR



Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penyerapan dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan *Styrofoam*”.

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 laporan 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 Razali Nasution dan Ibu Nefda Masdiana, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku dosen pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ade Faisal S.T, M.Sc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umrani S.T, M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Bapak Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain dan Ibu Rizki Efrida S.T, M.T, selaku Ketua dan Seketaris 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. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.

Penulis menyadari bahwa skripsi 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, 27 September 2021

Penulis



Ardi Fatahillah Nasution

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.1.1 Beton Berdasarkan Kelas dan Mutu Beton	5
2.1.2 Beton Berdasarkan Jenis	6
2.2 Beton Ringan	7
2.3 Material Penyusun Beton Ringan	9
2.3.1 Semen	9
2.3.2 Agregar Halus	11
2.3.3 Air	12
2.3.4 Styrofoam	13
2.4 <i>Slump Flow</i> (ASTM C1611)	14
2.5 Kuat Tekan Beton	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17

3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Desain dan Jumlah Benda Uji	19
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.4 Persiapan Bahan dan Alat Penelitian	20
3.5 Metode Pengecoran	21
3.6 Metode Perawatan Benda Uji	21
3.7 Pengujian Benda Uji	21
3.8 Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan	22
3.8.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	22
3.8.2 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	23
3.8.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	24
3.8.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	25
3.8.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan <i>Styrofoam</i>	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	28
4.1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	28
4.1.2 Berat Isi Agregat Halus	30
4.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	32
4.1.4 Kadar Air Agregat Halus	33
4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Pengganti	34
4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Butiran <i>Styrofoam</i>	34
4.3 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton Ringan	36
4.4 Pemeriksaan <i>Slump Flow</i>	41
4.4.1 Pemeriksaan <i>Slump Flow</i> Pada Sampel Kuat Tekan 14 Hari	41
4.4.2 Pemeriksaan <i>Slump Flow</i> Pada Sampel Kuat Tekan 28 Hari	42
4.5 Pengujian Berat jenis Beton (<i>Density</i>)	43
4.5.1 Analisa Berat Jenis Beton Ringan (<i>Density</i>) Pada Sampel Kuat Tekan 14 Hari	43
4.5.2 Analisa Berat Jenis Beton Ringan (<i>Density</i>) Pada Sampel Kuat Tekan 28 Hari	49
4.6 Pengujian Kuat Tekan	54
4.6.1 Analisa Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 14 Hari	54

4.6.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Semen PCC.	10
Gambar 2.2:	Agregat Halus.	11
Gambar 2.3:	<i>Styrofoam</i> .	14
Gambar 2.4:	Pengujian <i>Slump Flow</i> .	15
Gambar 3.1:	Bagan Alir Metodologi Penelitian.	17
Gambar 4.1:	Grafik pengujian <i>slump flow</i> pada sampel kuat tekan 14 Hari.	42
Gambar 4.2:	Grafik pengujian <i>slump flow</i> pada sampel kuat tekan 28 Hari.	43
Gambar 4.3:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 0% pada sampel kuat tekan 14 Hari.	45
Gambar 4.4:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 1% pada sampel kuat tekan 14 Hari.	45
Gambar 4.5:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 2% pada sampel kuat tekan 14 Hari.	46
Gambar 4.6:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 14 Hari.	47
Gambar 4.7:	Grafik analisa <i>density</i> basah pada sampel kuat tekan 14 hari.	48
Gambar 4.8:	Grafik analisa <i>density</i> kering pada sampel kuat tekan 14 hari.	48
Gambar 4.9:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 0% pada sampel kuat tekan 28 Hari.	50
Gambar 4.10:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 1% pada sampel kuat tekan 28 Hari.	50
Gambar 4.11:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 2% pada sampel kuat tekan 28 Hari.	51
Gambar 4.12:	Grafik analisa <i>density</i> variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 28 Hari.	52
Gambar 4.13:	Grafik analisa <i>density</i> basah pada sampel kuat tekan 28 hari.	53
Gambar 4.14:	Grafik analisa <i>density</i> kering pada sampel kuat tekan 28 hari.	53
Gambar 4.15:	Grafik analisa kuat tekan variasi 0% 14 Hari.	55
Gambar 4.16:	Grafik analisa kuat tekan variasi 1% 14 Hari.	55
Gambar 4.17:	Grafik analisa kuat tekan variasi 2% 14 Hari.	56
Gambar 4.18:	Grafik analisa kuat tekan variasi 2,5% 14 Hari.	57
Gambar 4.19:	Grafik analisa kuat tekan analisa sampel 14 hari.	57

Gambar 4.20: Grafik analisa kuat tekan variasi 0% 28 Hari.	59
Gambar 4.21: Grafik analisa kuat tekan variasi 1% 28 Hari.	59
Gambar 4.22: Grafik analisa kuat tekan variasi 2% 28 Hari.	60
Gambar 4.23: Grafik analisa kuat tekan variasi 2,5% 28 Hari.	61
Gambar 4.24: Grafik analisa kuat tekan analisa sampel 28 hari.	61
Gambar L.1: Mencuci agregat halus.	68
Gambar L.2: Mengeringkan agregat halus.	68
Gambar L.3: <i>Compressing test machine</i> .	68
Gambar L.4: Cetakan Silinder 15x30cm.	69
Gambar L.5: Oven.	69
Gambar L.6: Gelas ukur.	69
Gambar L.7: Kerucut abrams.	70
Gambar L.8: Mesin <i>mixer</i> beton.	70
Gambar L.9: Timbangan digital.	70
Gambar L.10: Bak perendaman.	71
Gambar L.11: Ember.	71
Gambar L.12: Sendok semen dan sekop tangan.	71
Gambar L.13: Penggaris.	72
Gambar L.14: Skrap.	72
Gambar L.15: Mencuci peralatan sebelum membuat beton ringan.	72
Gambar L.16: Memasukkan bahan kedalam mesin <i>mixer</i> .	73
Gambar L.17: Pemeriksaan <i>slump flow</i> .	73
Gambar L.18: Pengeringan beton ringan dalam cetakan.	73
Gambar L.19: Perendaman beton ringan.	74
Gambar L.20: Penimbangan beton ringan.	74
Gambar L.21: Penimbangan <i>styrofoam</i> .	74
Gambar L.22: Pengujian kuat tekan.	75
Gambar L.23: Hasil pengujian kuat tekan.	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1:	Pembagian penggunaan beton ringan menurut Djauharotun (2002).	8
Tabel 2.2:	Susunan unsur semen <i>Styrofoam</i> .	10
Tabel 3.1:	Jumlah benda Uji.	19
Tabel 4.1:	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.	28
Tabel 4.2:	Berat Isi Agregat Halus.	31
Tabel 4.3:	Kadar Lumpur Agregat Halus.	32
Tabel 4.4:	Kadar Air Agregat Halus.	33
Tabel 4.5:	Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Butiran <i>Styrofoam</i> .	34
Tabel 4.6:	Komposisi Campuran Beton Ringan <i>Styrofoam</i> Dalam 1 m ³ .	37
Tabel 4.7:	Komposisi Campuran Beton Ringan <i>Styrofoam</i> Dalam 0.01325 m ³ .	39
Tabel 4.8:	<i>Slump flow</i> beton ringan <i>styrofoam</i> 14 hari.	41
Tabel 4.9:	<i>Slump flow</i> beton ringan <i>styrofoam</i> 28 hari.	42
Tabel 4.10:	Berat jenis beton ringan untuk kuat tekan pada umur 14 hari.	44
Tabel 4.11:	Berat jenis beton ringan untuk kuat tekan pada umur 28 hari.	49
Tabel 4.12:	Analisa Kuat Tekan beton ringan <i>styrofoam</i> Umur 14 hari.	54
Tabel 4.13:	Analisa Kuat Tekan beton ringan <i>styrofoam</i> Umur 28 hari.	58

DAFTAR NOTASI

SF	= <i>Slump Flow</i>	(mm)
d_1	= Diameter 1	(mm)
d_2	= Diameter 2	(mm)
$f'c$	= Kuat Tekan Beton	(N/mm ²)
P	= Beban Maksimum	(N)
A	= Luas Penampang yang Menerima Beban	(mm ²)
B	= Berat contoh SSD kering permukaan jenuh	(gr)
E	= Berat contoh SSD kering oven 110° C Sampai Konstan	(gr)
D	= Berat Piknometer penuh air	(gr)
C	= Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air	(gr)
F	= Berat pasir	(gr)
G	= Volume wadah	(Cm ³)
A	= Berat contoh kering	(gr)
H	= Berat kering setelah dicuci	(gr)
I	= Berat kotoran agregat lolos saringan no.200 setelah dicuci	(gr)
W1	= Berat contoh SSD	(gr)
W2	= Berat contoh kering	(gr)
d	= Diameter silinder	(mm)
t	= Tinggi silinder	(mm)
V	= volume beton dalam 1m ³	(m ³)
V _{2,5}	= Volume beton dalam 2,5 benda uji silinder	(m ³)
$\rho_{rencana}$	= Berat jenis rencana	(Kg/m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pembangunan struktur bangunan sipil seperti pembangunan hotel, pembangunan perumahan, pembangunan perkantoran, dan bangunan lainnya terus meningkat. Beton merupakan bahan konstruksi suatu bangunan yang sering digunakan oleh masyarakat, karena beton memiliki suatu keunggulan dibandingkan material yang lainnya, seperti tahan terhadap perubahan cuaca, memiliki kekuatan yang baik, serta mudah dalam suatu pengerjaan (Nathalia dkk, 2020).

Ada berbagai jenis beton yang biasanya digunakan dalam konstruksi sipil antara lain beton normal, beton mutu tinggi dan beton ringan. Proses pembuatan beton ringan membutuhkan material campuran yang mempunyai berat jenis yang rendah.

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 . Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah *styrofoam*. Menggunakan *styrofoam* pada campuran beton, secara total berat beton menjadi lebih ringan dan nilai guna pada *styrofoam* akan bertambah. Namun hal ini akan berpengaruh pada kekuatan beton tersebut seiring dengan penambahan *styrofoam* pada campuran beton.

Selain harganya yang *styrofoam* murah, *styrofoam* atau *expanded polystyrene* yang terbuat dari polisterin atau yang lebih dikenal dengan gabus putih kerap menjadi limbah *styrofoam* maupun limbah rumah tangga yang menjadi masalah lingkungan karena sifat *styrofoam* yang tidak dapat membusuk dan sulit terurai di alam (Surya, 2019).

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terhadap Penyerapan dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan *Styrofoam* untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh *styrofoam* dalam campuran beton ringan dengan perbandingan *styrofoam* yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2%, dan 2,5% sebagai substitusi agregat halus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan volume *styrofoam* yang bervariasi (0%, 1%, 2%, dan 2,5%) terhadap kuat tekan pada beton ringan?
2. Berapa nilai penyerapan *styrofoam* pada perencanaan campuran beton ringan?

1.3 Ruang Lingkup

Dalam penelitian yang dilakukan, ada beberapa lingkup masalah yang dibatasi yaitu :

1. Beton yang akan di buat merupakan beton ringan non-struktural.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe 1.
3. Pasir yang digunakan diperoleh dari daerah Kota Binjai.
4. SNI 1970-2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
5. SNI 03-2493-2011. Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium.
6. SNI 03-3449-2002. Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan.
7. ASTM C1611M. *Standart test method for slump flow of self-consolidating concrete.*
8. ASTM C128-01. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate.*
9. ASTM C 29 / C 29 M – 91. *Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.*
10. Variasi perbandingan *styrofoam* terhadap volume beton yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%.
11. Kuat tekan ($f'c$) beton *styrofoam* dengan spesimen silinder 15 x 30 cm² pada umur 14, dan 28 hari.
12. Jumlah sampel yang digunakan tiap kali pengujian sebanyak 2 buah dan total sampel sebanyak 16 buah.
13. *Styrofoam* yang digunakan berdiameter 2 mm-5 mm.

14. Pemeriksaan, pembuatan, dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan volume *styrofoam* yang bervariasi (0%, 1%, 2%, dan 2,5%) terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui nilai penyerapan *styrofoam* pada perencanaan campuran beton ringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Memberi informasi mengenai kuat tekan beton ringan *styrofoam*.
2. Dapat dijadikan bahan referensi mengenai persentase *styrofoam* yang baik digunakan dalam campuran beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori secara singkat dan gambaran umum mengenai karakteristik beton, dan *styrofoam* atau *expanded polystyrene*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan bahasan mengenai tahapan penelitian, pengumpulan data, bahan penelitian, lokasi penelitian, dan pengujian yang akan dilakukan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diterima penulis agar lebih baik lagi kedepannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1993).

Ditinjau dari ilmu bahan, beton termasuk material komposit, yang terdiri dari pasta semen dan agregat. Pasta semen berfungsi sebagai bahan perekat sebagai wujud campuran semen dengan air, setelah mengalami reaksi hidrasi akan berperan sebagai bahan perekat untuk mengikat fragmen-fragmen agregat kasar dan halus sehingga menjadi satu kesatuan yang padat dan kuat. Sedangkan agregat berperan sebagai bahan pengisi yang terdiri dari agregat kasar dan halus (Dedi, 2016).

Menurut SNI 03-2834-2000, Beton merupakan campuran antara material semen, agregat, air dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat. Dengan kata lain, beton merupakan suatu material struktur yang terbuat dari campuran agregat kasar, agregat halus dan air serta bahan tambah lainnya yang direncanakan.

Secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok (Aulia, 2012) , yaitu beton berdasarkan kelas dan mutu beton, beton berdasarkan jenisnya.

2.1.1 Beton Berdasarkan Kelas dan Mutu Beton

Beton berdasarkan kelas dan mutu beton dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

1. Beton kelas I

Beton kelas I (B0) adalah beton untuk pekerjaan non struktural yang hanya dibatasi pada pengawasan ringan dalam hal mutu beton, dan tidak disyaratkan pemeriksaan terhadap kekuatan tekan.

2. Beton kelas II

Beton kelas II (B1) adalah beton untuk pekerjaan struktural. Dalam pelaksanaannya harus dipimpin oleh tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225.

3. Beton kelas III

Beton yang lebih tinggi dari K 225 tergolong dalam Beton Kelas III. Dalam pelaksanaannya, beton kelas ini harus dilaksanakan dibawah pimpinan tenaga ahli dan perlu adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap untuk pengawasan mutu beton secara berkelanjutan.

2.1.2 Beton Berdasarkan Jenis

Beton berdasarkan jenisnya, dibedakan menjadi 6 jenis, yaitu:

1. Beton ringan

Beton yang memiliki berat isi antara 1400-1800 kg/m³ disebut beton ringan. Beton ringan terdiri dari campuran bahan yang sesuai dengan kriteria ringan dan memiliki kuat tekan yang setabil (Iwan, 2018). Beton ringan digunakan untuk mengurangi bobot mati dari struktur bangunan.

2. Beton normal

Beton dengan campuran batu kerikil, pasir, air dan semen yang dipakai pada beton normal mempunyai berat isi 2400 kg/m³ (Krisnamurti, 2017). Pada Teknik pencampuran di lapangan, beton ini sering digunakan karena kemudahan dalam pemakaian. Bangunan kecil seperti dilingkungan kita salah satu contoh dalam penerapan beton normal.

3. Beton berat

Beton yang memiliki berat lebih dari 3200 kg/m³ dapat dikategorikan menjadi beton berat (Muqtadi, 2014). Ciri utama dari beton berat yaitu memiliki berat massa yang padat dan berat. Hal itu disebabkan oleh pemilihan agregat yang berbeda bila dibandingkan dengan beton lainnya. Agregat beton berat berasal dari material yang berbobot berat seperti contohnya biji besi/ logam. Untuk pengaplikasian di lapangan beton berat digunakan untuk konstruksi bangunan khusus.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Beton yang dituangkan dengan volume yang cukup besar disebut dengan beton massa. Dengan perbandingan luas permukaan dan berat volume yang luas, beton massa biasanya digunakan pada konstruksi dinding penahan tanah, fondasi jembatan, pilar, landasan pacu, bending (Risdiyanto, 2013). Kelebihan beton massa bila dibandingkan dengan beton yang lain yaitu panas hidrasi yang dimiliki beton massa relatif lebih rendah. Hal ini lah yang membuat beton massa banyak digunakan, yaitu guna menghindari panas hidrasi beton dalam proses pengecoran.

5. *Ferro-Cement*

Ferro-cement merupakan campuran mortar dan jaring kawat baja atau biasa disebut dengan fine-mesh (Artiningsih 2017). Jaring kawat baja tersebut berfungsi sebagai pemberi kekuatan Tarik.

6. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat merupakan beton dengan penambahan bahal lain berupa serat pada adukannya (Candra dkk, 2019). Serat yang ada pada beton ini memiliki fungsi sebagai pencegah retak rambut sehingga akan menjadikan beton lebih daktil bila dibandingkan dengan beton normal.

2.2 Beton Ringan

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 . Membuat beton ringan diperlukan material yang memiliki berat jenis yang ringan pula. Berat jenis yang lebih ringan dapat dicapai jika berat beton diperkecil yang berpengaruh pada menurunnya kekuatan beton tersebut. Pembuatan beton ringan pada prinsipnya adalah membuat rongga dalam beton. Menurut Surya (2019), Ada 3 macam cara membuat rongga udara dalam beton, yaitu:

1. Cara paling sederhana yaitu dengan memberikan agregat ringan. Agregat ini bisa berupa batu apung, batu alwa, atau abu terbang (*fly ash*) yang dijadikan batu. Adapun spesifikasi agregat ringan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan pertimbangan utama adalah ringannya bobot dan tinggi kekuatan yang

meliputi: persyaratan komposisi kimia, dan sifat fisik agregat sesuai standar SNI 03-2461-2002.

2. Menghilangkan aregat halus (agregat halus disaring, contohnya debu/abu terbangnya dibersihkan).
3. Meniupkan atau mengisi udara di dalam beton. Cara ini dibagi lagi menjadi secara mekanis dan kimiawi. Bahan campuran berupa pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit *gypsum*, air, dan dicampur alumunium pasta sebagai bahan pengembang secara kimiawi.

Secara umum kandungan udara mempengaruhi kekuatan beton. Kekuatan beton berkurang 5.5% dari kuat tekan setiap pemasukan udara 1% dari volume campuran. Beton dengan bahan pengisi udara mempunyai kekuatan 10% lebih kecil draipada beton tanpa pemasukan udara pada kadar semen dan *workabilitas* yang sama (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut Djauharotun (2002), berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya beton ringan berkisar antara 240 –1900 kg/m³ seperti terlihat pada 8tyro berikut. Karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan pondasi.

Tabel 2.1: Pembagian penggunaan beton ringan (Djauharotun, 2002).

Beton Ringan	Kerapatan	Kekuatan Tekan
Struktur	1400 – 1900 Kg/m ³	> 17 Mpa
Struktur Ringan	800 -1400 Kg/m ³	7 – 17 Mpa
Non Strutur	240 – 800 Kg/m ³	0,35 – 7 Mpa

Styrofoam pada penelitian ini berfungsi sebagai pembentuk rongga pada beton sehingga peneliti tidak terfokus pada durabilitas *styrofoam*. Namun secara umum beton ringan memiliki standar yang berhubungan dengan durabilias yakni “*Freezing and Thawing Test for Concrete, Method A*” berdasarkan JIS A1148. Hal ini berhubungan dengan faktor lingkungan (cuaca) khususnya di daerah dingin. Pengujian dilakukan dengan melakukan perendaman dalam air. Pada kasus ini,

beton dengan agregat ringan yang dibasahi terlebih dahulu, hingga memiliki kandungan air 25-30%. Namun hasil pengujian ini tidak bias menunjukkan secara akurat tentang ketahanan beton ringan sebab dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi diantaranya, durasi siklus “*freezing and thawing*” pada cuaca, temperatur minimum, dan perubahan temperatur secara drastic (Surya, 2019).

2.3 Material Penyusun Beton Ringan

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 4%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Pencampuran bahan – bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan untuk memikul beban.

Penggunaan material lain yang memiliki berat jenis ringan dalam campuran beton akan mengurangi berat beton secara keseluruhan. Adapun material penyusun beton ringan yang digunakan pada penelitian ini yakni Semen PCC, agregat halus, air, dan *styrofoam* dengan perbandingan variasi yang berbeda-beda yakni 0%, 1%, 2%, dan 2,5% sebagai substitusi agregat halus..

2.3.1 Semen

Semen memiliki sifat utama yaitu mengikat dengan adanya air. Dengan sifat tersebut, semen dalam campuran beton berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan agregat (Gardjito dkk, 2018). Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland diklasifikasikan menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Jenis I, yaitu semen portland yang penggunaannya tidak memerlukan syarat-syarat khusus.
2. Jenis II, yaitu semen portland harus memiliki daya tahan terhadap panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland harus memiliki kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, yaitu semen portland harus memiliki panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland harus sangat tahan terhadap sulfat.



Gambar 2.1: Semen PCC.

Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting (Mulyono, 2003).

Tabel 2.2: Susunan unsur semen *styrofoam* (Tjokrodimuljo, 2007).

Oksida Persen	(%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda/potash Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras, Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (Nurmaidah, 2015). Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.4 atau ukuran 4,75 mm (Mulyono, 2003). Persyaratan agregat halus SK SNI S-04-1989-F :

1. Butir-butirnya keras dan tidak berpori.
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan), jika di uji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika di uji dengan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
5. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
6. Modulus halus butir antara 1,5–3,8 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
7. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
8. Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.



Gambar 2.2: Agregat Halus.

Menurut Tjokrodimulyo (1992), pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Pasir galian, Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.
2. Pasir sungai, Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat–bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat. Pada sungai tertentu yang dekat dengan hutan kadang–kadang banyaknya mengandung humus.
3. Pasir pantai, Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara di cuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang. Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar (Mangerongkonda, 2007).

2.3.3 Air

Kualitas dan kuantitas air yang digunakan untuk membantu pengikatan semen dan agregat harus diperhatikan dengan teliti. Umumnya cara yang populer yang digunakan untuk memilih air yang sesuai adalah jika air tersebut sesuai untuk diminum berarti juga sesuai digunakan untuk mencampur adukan beton (M.S. Shetty, 2000). Menurut PBBI 1971 air yang baik untuk campuran adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
2. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

2.3.4 Styrofoam

Styrofoam yang memiliki nama lain *polystyrene*, begitu banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Begitu *Styrofoam* diciptakan pun langsung marak digunakan di Indonesia. *Styrofoam* pada umumnya digunakan sebagai pembungkus barang elektronik dan makanan karena sifatnya yang tidak mudah bocor, praktis dan ringan. *Polystyrene* ini dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$) yang mempunyai gugus *phenyl* yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. *Styrofoam* ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN.m², modulus geser sampai 0,99 GN/m², angka poisson 0,33 (Dharmagiri dkk, 2008). Dalam bentuk butiran (*granular expanded polystyrene*) mempunyai berat satuan sangat kecil yaitu 13-22 kg/m³. Sehingga *expanded polystyrene* dalam campuran beton sangat cocok digunakan untuk mendapatkan berat jenis beton yang ringan.

Penggunaan *styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kuat tarik. Kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran *styrofoam* dalam beton (Dharmagiri dkk, 2008).

Pada penelitian ini digunakan *styrofoam* yang memiliki ukuran butiran sebesar 2 mm – 5 mm. Persentase penggunaan *styrofoam* pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 0%, 1%, 2% dan 2,5% sebagai substitusi pasir. Penetapan persentase *styrofoam* yang bervariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekanik beton (kuat tekan) terbaik dalam campuran beton.



Gambar 2.3: Styrofoam (Hadi dkk, 2019).

2.4 Slump Flow (ASTM C1611)

Pengujian *slump flow* Memberikan informasi kemampuan dalam mengisi (mengalir) dan kemampuan melalui (untuk campuran stabil, tingginya kemampuan mengalir berbanding lurus dengan kemampuan melalui).

Secara umum, pengujian *slump flow* mirip dengan pengujian *slump* standar (ASTM C143/C143M), yaitu :

1. *Slump cone* diletakkan di tengah pelat *slump flow* dengan bukaan besar menghadap ke bawah.
2. *Slump cone* diisi dalam satu kali tuang (tanpa dirojok).
3. *Slump cone* kemudian diangkat dengan ketinggian $\pm 7,5$ cm agar pasta beton dapat mengalir di atas papan slump.

Slump flow adalah diameter dari rata-rata diameter yang diambil dari dua arah. Besar perbedaan antara dua diameter yang didapat menandakan tidak meratanya tingkat permukaan. Beton ringan umumnya mempunyai slump flow antara 50 cm sampai 70 cm. Dikarenakan sifat yang cair dari Beton ringan, maka pada saat proses pengisian *slump cone* harus ditekan ke bawah dengan erat untuk mencegah agar pasta beton tidak mengalir keluar.



Gambar 2.4: Pengujian *Slump Flow* (Irfani dkk).

Secara matematis, slump flow dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SF : \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

SF = *Slump Flow* (mm)

d_1 = Diameter 1 (mm)

d_2 = Diameter 2 (mm)

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Dapat ditulis dengan persamaan (SNI 1974-2011) :

$$f'c : \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (N/mm^2)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm^2)

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

1. FAS atau faktor air semen, hubungan fas dengan kuat tekan beton adalah semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi

pada kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.

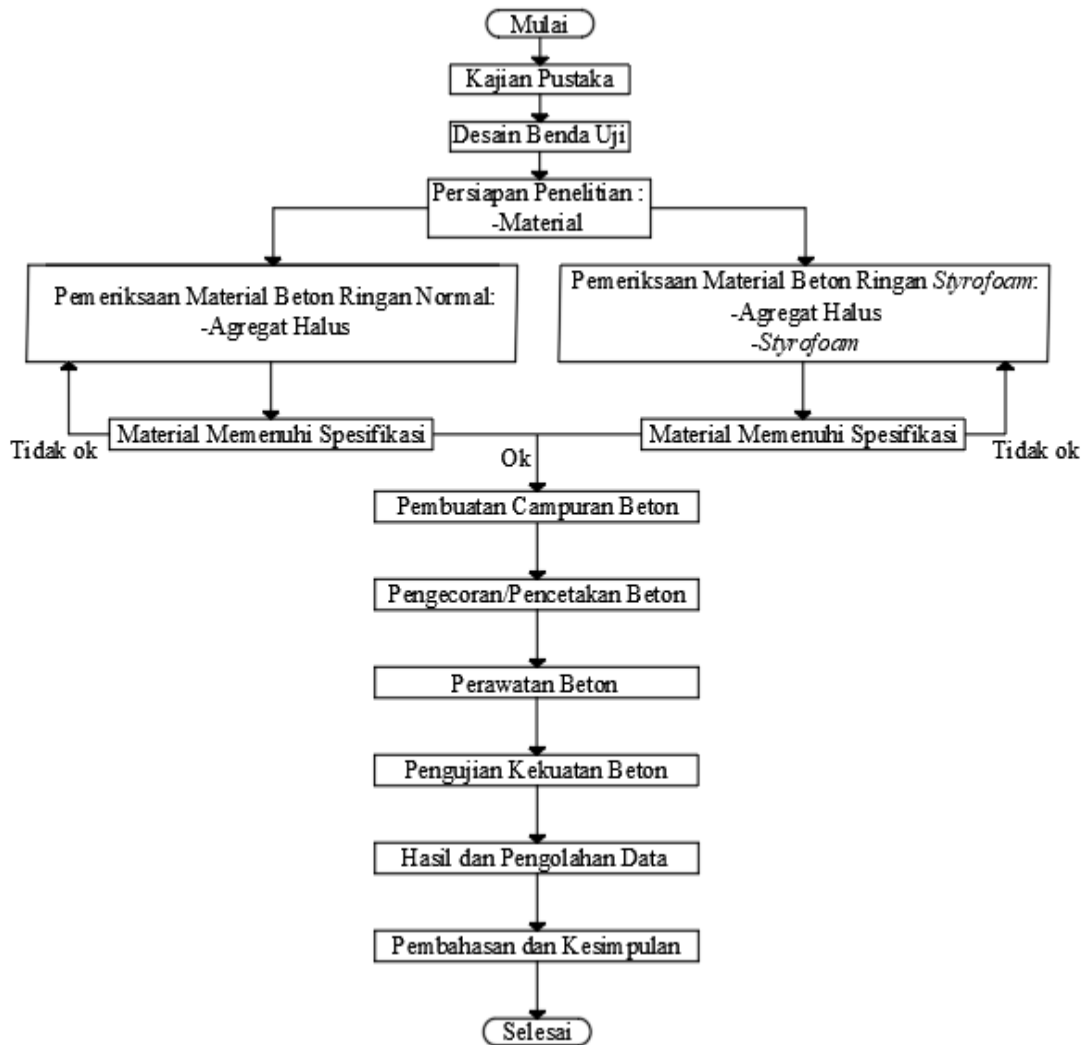
2. Umur beton, kekuatan umur beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas, maka semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya.
3. Jenis semen, kualitas pada jenis semen-jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.
4. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan dari penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada bagan alir Gambar 3.1



Gambar 3.1: Bagan alir metodologi penelitian.

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

1. Kajian pustaka

Peneliti melakukan pencarian referensi untuk melakukan penelitian ini agar penelitian ini berjalan dengan lancar.

2. Desain benda uji

Merencanakan rancangan campuran beton ringan merupakan hal yang penting sebelum melakukan pelaksanaan pengerjaan beton. Dalam desain benda uji ditentukan pula semua proporsi yang akan digunakan.

3. Persiapan penelitian

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.

4. Pemeriksaan material beton ringan

Dilakukan pemeriksaan material beton ringan yaitu pasir dan *styrofoam* sebelum melakukan pencampuran bahan agar material yang akan digunakan dalam kondisi yang baik.

5. Pembuatan campuran beton

Pembuatan benda uji adalah proses utama yang dilakukan dalam penelitian ini. Dilakukan pencampuran semua bahan penyusun beton ringan yaitu pasir, semen, air, dan *styrofoam* yang telah ditentukan proporsinya saat *mix design* kedalam mesin pengaduk beton *mixer*/molen dan dilakukan pengujian *slump flow*.

6. Pengecoran/pencetakan beton

Pencetakan beton ringan dengan benda uji silinder 15 x 30 cm² sebanyak 16 benda uji.

7. Perawatan beton

Benda uji yang telah dicetak akan melalui proses perawatan (*curing*) dengan melakukan perendaman beton selama 14 dan 28 hari.

8. Pengujian kekuatan beton

Selanjutnya benda uji akan dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton ringan yang telah melalui proses perendaman selama 14 dan 28 hari.

9. Hasil dan pengolahan data

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

10. Pembahasan dan kesimpulan

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

11. Selesai

Peneliti dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.

3.2 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm² untuk pengujian kuat tekan beton ringan *styrofoam*.
2. Variasi persentase *styrofoam* : 0%, 1%, 2%, dan 2,5%.
3. *Styrofoam* yang digunakan berukuran 2-5 mm.

Jumlah benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah:

Tabel 3.1: Jumlah benda uji.

Beton	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
	(Hari)	(Silinder)
Beton Styrofoam 0%	14	2
	28	2
Beton <i>Styrofoam</i> 1%	14	2
	28	2
Beton <i>Styrofoam</i> 2%	14	2
	28	2
Beton <i>Styrofoam</i> 2,5%	14	2
	28	2
Jumlah		16

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa analisis kuat tekan beton ringan dengan bahan pengisi *styrofoam*. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 4 bulan yakni mulai bulan Maret – Juli 2021.

3.4 Persiapan Bahan dan Alat Penelitian

Bahan Penelitian terdiri dari :

1. Semen PCC.
2. Agregat halus (pasir)
3. *Styrofoam* berukuran 2-5 mm.
4. Air yang digunakan untuk campuran benda uji adalah air PDAM Laboratorium Beton, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammdaiyah Sumatera Utara.

Alat Penelitian :

1. *Compression test machine*, merupakan alat yang berfungsi untuk menguji kuat tekan beton ringan *styrofoam*.
2. Mesin Pencampur bahan (*mixer/molen*), digunakan untuk mencampur semua bahan hingga membentuk adonan mortar.
3. Cetakan berbentuk silinder 15 x 30 m², digunakan sebagai wadah benda uji beton ringan *styrofoam*.
4. Timbangan.
5. Bak Perendaman, digunakan untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
6. Mistar, digunakan untuk mengukur pengujian *slump flow*.
7. Vaseline dan kuas, digunakan untuk melapisi cetakan agar beton tidak lengket dan menempel dalam cetakan
8. Satu set alat slump flow test, yang terdiri: kerucut abrams, mistar, dan plat.
9. Piknometer, digunakan untuk melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dari pasir, dan *styrofoam*.
10. Stopwatch, digunakan untuk mengukur waktu pengujian
11. Gelas ukur, digunakan untuk takaran air, dan *admixtures* yang digunakan dalam pengerjaan beton ringan *styrofoam*.
12. Oven, digunakan untuk mengeringkan sampel bahan.
13. Wadah atau ember, digunakan sebagai tempat air perendaman sampel.
14. Plastik ukuran 10 kg, sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk *dimixer*.

15. Pan, digunakan untuk menjemur agregat halus serta untuk alas pengaduk beton.

3.5 Metode Pengecoran

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan. Kemudian pertama-tama tuangkan *styrofoam*, agregat halus dan semen yang direncanakan. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata untuk beton ringan *styrofoam*.
3. Setelah bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit dan *styrofoam* secara bergantian sesuai dengan variasi yang telah ditentukan.
4. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
5. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
6. Diamkan selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.6 Metode Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 14, dan 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 13, dan 27 hari.

3.7 Pengujian Benda Uji

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji berbentuk silinder. Pembebanan dilakukan sampai

silinder beton hancur dan dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton (f'_c).

3.8 Langkah-langkah Pemeriksaan Bahan

3.8.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD.
2. Peralatan :
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spiritus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan: Agregat halus 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 agregat halus seberat 500 gram *B
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh *C
 - 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 wadah air sampai terendam dan didiamkan selama ± 24 jam.
 - g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel agregat halus yang tertinggal di piknometer.
 - h. Masukkan wadah kedalam 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:

$$\text{Berat jenis contoh kering} : \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis contoh SSD} : \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis contoh semu} : \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan} : \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.4)$$

3.8.2 Pemeriksaan Berat isi Agregat Halus

1. Tujuan : Untuk menentukan berat isi agregat halus baik dalam keadaan lepas maupun padat.

2. Peralatan :

- a. Timbangan digital
- b. Togkat pemadat
- c. Wadah berbentuk silinder

3. Bahan :

- a. Agregat halus SSD

4. Prosedur :

❖ Tanpa rojokan

- a. Timbang wadah silinder dalam keadaan kering serta ukur tinggi dan diameternya.
- b. Isi silinder dengan agregat halus dan ratakan permukaannya.
- c. Timbang wadah silinder beserta agregat halus tersebut.
- d. Hitung berat agregat halus dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder. *F
- 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 agregat halus sebanyak 1/3 bagian dari tinggi wadah dan rojok disetiap bagian sebanyak 25 kali. Lakukan hal serupa untuk bagian 2/3 dan 3/3.
- c. Khusus untuk lapisan terakhir, ketinggian agregat halus harus melebihi tinggi wadah silinder.
- d. Ratakan permukaan agregat halus dengan tinggi silinder dan timbang.
- e. Hitung berat agregat halus dengan cara mengurangi hasil timbangan total dengan timbangan wadah silinder. *F
- f. Hitung volume dari wadah silinder. *G
- g. Perhitungan :

$$\text{Berat isi agregat halus} : \frac{F}{G} \quad (3.5)$$

3.8.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

1. Tujuan : Untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
3. Bahan:
 - a. Agregat halus tertahan ayakan no.4
 - b. Ayakan no. 200
 - c. Air
4. Prosedur:
 - a. Timbang agregat halus sebanyak 1000 gram. Letakkan agregat halus ke dalam wadah. *A
 - b. Ambil air dan bersihkan agregat halus dengan air. Kemudian pisahkan air dengan agregat halus menggunakan ayakan no.200. Ulangi langkah ini hingga agregat halus menjadi benar-benar bersih.
 - c. Keringkan agregat halus dengan cara memasukkan ke dalam oven bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.

- d. Setelah ± 24 jam, keluarkan agregat halus dari oven kemudian dinginkan hingga mencapai suhu ruangan
- e. Timbang dan catat berat agregat halus setelah dioven. *H
- f. Perhitungan:

$$\text{Kadar lumpur} \quad : \frac{A-H}{A} \times 100\% \quad (3.6)$$

3.8.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

1. Tujuan : Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam agregat halus.
2. Peralatan:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
3. Bahan:
 - a. Agregat halus lolos ayakan no.4
4. Prosedur:
 - a. Timbang agregat halus dalam kondisi SSD *W1.
 - b. Masukkan agregat halus kedalam oven dengan bersuhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - c. Keluarkan agregat halus dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan.
 - d. Timbang agregat halus tersebut *W2.
 - e. Perhitungan:

$$\text{Kadar air} \quad : \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \quad (3.7)$$

3.8.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan *Styrofoam*

1. Tujuan : Untuk menentukan berat jenis dan penyerapan *styrofoam* dalam keadaan SSD
2. Peralatan:
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spiritus.

- c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
3. Bahan:
- a. Styrofoam
 - 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 *styrofoam* seberat 5 gram *B.
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh *C
 - 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 wadah air sampai terendam dan didiamkan selama ±24 jam
 - g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel *styrofoam* yang tertinggal di piknometer.
 - h. Masukkan wadah kedalam oven dengan suhu 105±5°C selama 24 jam.
 - i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. *E
 - j. Perhitungan:

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

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

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

$$\text{Penyerapan} \quad : \quad \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.11)$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

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

4.1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1970-2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

<i>Fine Agregats Passing no. 4</i> (Agregat Halus Lolos Ayakan no. 4)	Sampel 1	Sampel 2	rata-rata
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh) *B (gr)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh SSD kering oven 110° C Sampai Konstan) *E (gr)	495	488	491,5
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) *D (gr)	689	692	690,5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) *C (gr)	993	995	994
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) *E/(B+D-C) (gr/l)	2,53	2,48	2,50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) *B/(B+D-C) (gr/l)	2,55	2,54	2,54
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) *E/(E+D-C) (gr/l)	2,59	2,64	2,61
<i>Absorption</i> (penyerapan) *{((B-E)/E)x100% } (%)	1,01	2,46	1,73

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

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{495}{(500+689-993)} \\ &= 2,53 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{500}{(500+689-993)} \\ &= 2,55 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{495}{(495+689-993)} \\ &= 2,59 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \\ &= \frac{(500-495)}{495} \times 100\% \\ &= 1,01 \text{ \%} \end{aligned}$$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{488}{(500+692-995)} \\ &= 2,48 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{500}{(500+692-995)} \\ &= 2,54 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{488}{(488+692-995)} \\ &= 2,64 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \\ &= \frac{(500-488)}{488} \times 100\% \\ &= 2,46 \text{ \%} \end{aligned}$$

3. Berat Jenis dan Penyerapan Air Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{2,53+2,48}{2} \\ &= 2,50 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{2,55+2,54}{2} \\ &= 2,54 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{2,59+2,64}{2} \\ &= 2,61 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{1,01+2,46}{2} \\ &= 1,73 \text{ \%} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari batas hasil penyerapan air pada agregat halus yang diperoleh dari 2 sampel pengujian masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM C128 – 93 yaitu dengan batas maksimal penyerapan sebesar 4%.

4.1.2 Berat Isi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Berat isi agregat halus.

<i>Fine Agregats</i>	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat pasir dan wadah (gr)	22902	23542	23719
Berat wadah (gr)	5366	5366	5366
Berat pasir *F (gr)	17566	18306	18383
Volume wadah *G (cm ³)	11125,4	11125,4	11125,4
Berat isi (gr/cm ³)	1,58	1,65	1,65
Rata-rata berat isi (gr/cm ³)	1,63		

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data berat isi agregat halus seperti pada Tabel 4.2, Maka digunakan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Sampel 1 (Metode lepas)} &= \frac{F}{G} \\
 &= \frac{17566}{11125,4} \\
 &= 1,58 \text{ gr/cm}^3 \\
 \\
 2. \text{ Sampel 2 (Metode tusuk)} &= \frac{F}{G} \\
 &= \frac{18306}{11125,4} \\
 &= 1,65 \text{ gr/cm}^3 \\
 \\
 3. \text{ Sampel 3 (Metode goyang)} &= \frac{F}{G} \\
 &= \frac{18383}{11125,4} \\
 &= 1,65 \text{ gr/cm}^3 \\
 \\
 4. \text{ Rata-rata berat isi} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{1,58 + 1,65 + 1,65}{3} \\
 &= 1,63 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 29 / C 29 M - 91, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian berat isi agregat halus 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 Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-2461-2002 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Kadar lumpur agregat halus.

<i>Fine Agregats</i>	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat contoh kering *A (gr)	1000	1000	1000
Berat kering contoh setelah dicuci *H (gr)	965	968	967
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci *I (gr)	35	32	34
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,6	3,3	3,5

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

1. Persentase Kadar Lumpur Sampel 1
$$= \frac{A-H}{A} \times 100\%$$
$$= \frac{1000-965}{1000} \times 100\%$$
$$= 3,6 \%$$
2. Persentase Kadar Lumpur Sampel 2
$$= \frac{A-H}{A} \times 100\%$$
$$= \frac{1000-968}{1000} \times 100\%$$
$$= 3,3 \%$$
3. Persentase Kadar Lumpur Rata-rata
$$= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2}$$
$$= \frac{3,6 + 3,3}{2}$$
$$= 3,5 \%$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada SNI 03-2461-2002, 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 Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air pada agregat halus ini dilakukan untuk memenuhi besarnya kadar air yang terkandung dalam agregat halus dengan cara pengeringan dalam oven. Kadar air agregat halus adalah perbandingan antara berat agregat halus 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: Kadar air agregat halus.

<i>Fine Agregats</i>	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan Berat Wadah (gr)	1493	1509
Berat Contoh SSD *W1 (gr)	1000	1000
Berat Contoh Kering Oven dan Berat Wadah (gr)	1481	1498
Berat Contoh Kering *W2 (gr)	988	989
Berat Wadah (gr)	493	509
Berat Air (gr)	12	11
Kadar Air (%)	1,21	1,11
Rata-rata Kadar Air (%)	1,16	

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

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Kadar Air Sampel 1} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{1000 - 988}{988} \times 100\% \\
 &= 1,21 \% \\
 2. \text{ Kadar Air Sampel 1} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1000-989}{989} \times 100\%$$

$$= 1,11 \%$$

3. Rata-rata

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

$$= \frac{1,21 + 1,11}{2}$$

$$= 1,16 \%$$

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada SNI 03-1971-1990, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian adalah kadar air yang terkandung dalam agregat halus masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu sebesar 1% - 5%.

4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penganti

4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Butiran Styrofoam

Dengan mengetahui berat jenis kering (*specific gravity*) dan penyerapan air pada butiran *styrofoam*, maka kita dapat menentukan nilai berat jenis SSD, berat jenis contoh semu dan persentasi penyerapan air. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5: Berat jenis dan penyerapan air pada butiran *styrofoam*.

Butiran Styrofoam 2-5mm	Sampel 1	Sampel 2	rata-rata
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh *B (gr)	5	5	5
Berat contoh (SSD) kering oven 110±5°C sampai konstan *E (gr)	0	0	0
Berat piknometer penuh air *D (gr)	693	695	694
Berat contoh (SSD) di dalam piknometer penuh air *C (gr)	425	431	428
Berat jenis contoh kering *E/(B+D-C) (gr/l)	0	0	0
Berat jenis contoh SSD *B/(B+D-C) (gr/l)	0,2	0,2	0,2
Berat jenis contoh semu *E/(E+D-C) (gr/l)	0	0	0
Penyerapan *{((B-E)/E)x100% } (%)	0	0	0

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis dan penyerapan air pada butiran *styrofoam* seperti pada Tabel 4.5, Maka digunakan perhitungan:

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{0}{(5+693-425)} \\ &= 0 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{5}{(5+693-425)} \\ &= 0,02 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{E}{(E+D-C)} \\ &= \frac{0}{(0+693-425)} \\ &= 0 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \\ &= \frac{(5-0)}{0} \times 100\% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{E}{(B+D-C)} \\ &= \frac{0}{(5+695-431)} \\ &= 0 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{B}{(B+D-C)} \\ &= \frac{5}{(5+695-431)} \\ &= 0,02 \text{ gr/l} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= \frac{0}{(0+695-431)} \\
&= 0 \text{ gr/l} \\
\text{Penyerapan} &= \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \\
&= \frac{(5-0)}{0} \times 100\% \\
&= 0 \%
\end{aligned}$$

3. Berat Jenis dan Penyerapan Air Rata-rata

$$\begin{aligned}
\text{Berat jenis contoh kering} &= \frac{0+0}{2} \\
&= 0 \text{ gr/l} \\
\text{Berat jenis contoh SSD} &= \frac{0,02+0,02}{2} \\
&= 0,02 \text{ gr/l} \\
\text{Berat jenis contoh semu} &= \frac{0+0}{2} \\
&= 0 \text{ gr/l} \\
\text{Penyerapan} &= \frac{0+0}{2} \\
&= 0 \%
\end{aligned}$$

4.3 Perhitungan *Mix Design* Beton Ringan

Sampai saat ini, tidak ada pengaturan mix design yang baku untuk proses pembuatan beton ringan *styrofoam*. Hal ini disebabkan karena densitas yang berperan besar pada jenis beton ini bergantung pada *styrofoam*. 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 m³ adonan beton digunakan perbandingan semen dan agregat halus sebesar 1:2 dengan nilai FAS sebesar 0.55.

Tabel 4.6: Komposisi campuran beton ringan *styrofoam* dalam 1 m³.

No	Deskripsi	Beton ringan <i>styrofoam</i>			
		0%	1%	2%	2,5%
1	Semen (kg)	466,67	466,67	466,67	466,67
2	Agregat Halus (kg)	933,33	924	914,67	908
3	Air (l)	256,67	256,67	256,67	256,67
4	<i>Styrofoam</i> (kg)	0	9,33	18,66	23,33

Keterangan:

Analisa Komposisi Campuran Dalam 1 m³:

Dalam rencana adonan beton ringan *styrofoam* 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 agregat halus sebesar 1:2, maka berat material rencana tersebut dibagi 3 guna mendapatkan nilai perbandingannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\
 &= \frac{1400}{3} \times 1 \\
 &= 466,67 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ bagian}} \times 2 \text{ bagian Agregat Halus} \\
 &= \frac{1400}{3} \times 2 \\
 &= 933,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air} &= \text{Nilai FAS rencana} \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
 &= 0,55 \times 466,67 \\
 &= 256,67 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan campuran pengganti agregat halus

1. Variasi 1%

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 1\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\ &= 1\% \times 933,33 \\ &= 9,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 1\%} \\ &= 933,33 - 9,33 \\ &= 924 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Variasi 2%

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 2\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\ &= 2\% \times 933,33 \\ &= 18,66 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 2\%} \\ &= 933,33 - 18,66 \\ &= 914,67 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Variasi 2,5%

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 2,5\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\ &= 2,5\% \times 933,33 \\ &= 23,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 2,5\%} \\ &= 933,33 - 23,33 \\ &= 908 \text{ kg}\end{aligned}$$

Analisa Komposisi Campuran Saat Pelaksanaan:

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

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 Benda Uji} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 0,3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pada saat pelaksanaan pembuatan beton ringan, dalam sekali pengadukan digunakan sebanyak 2.5 volume benda uji. Hal ini dilakukan untuk pengujian *slump flow* serta mengantisipasi apabila adanya kekurangan adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

$$\begin{aligned} \text{Volume 2.5 Benda Uji} &= 2,5 \times \text{Volume 1 Benda Uji} \\ &= 2,5 \times 0,0053 \\ &= 0,01325 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan beton ringan pada penelitian ini, komposisi *mix design* didasarkan pada berat jenis kering (*density*) rencana sebesar 1400 Kg/m³.

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Berat material rencana} &= \rho_{\text{rencana}} \times V_{2,5} \\ &= 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,01325 \text{ m}^3 \\ &= 18,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 4.7: Komposisi campuran beton ringan *styrofoam* dalam 0.01325 m³.

No	Deskripsi	Beton ringan <i>styrofoam</i>			
		0%	1%	2%	2,5%
1	Semen (kg)	6,18	6,18	6,18	6,18
2	Agregat Halus (kg)	12,37	12,246	12,122	12,066
3	Air (l)	3,40	3,40	3,40	3,40
4	<i>Styrofoam</i> (kg)	0	0,1237	0,2474	0,3032

Keterangan :

1. Untuk variasi 0%

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan semen} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ bagian}} \times 1 \text{ bagian semen} \\ &= \frac{18,55}{3} \times 1 \\ &= 6,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan Agregat Halus} &= \frac{\text{Berat material rencana}}{3 \text{ bagian}} \times 2 \text{ bagian Agregat Halus} \\
&= \frac{18,55}{3} \times 2 \\
&= 12,37 \text{ kg} \\
\text{Kebutuhan air} &= \text{Nilai FAS rencana} \times \text{Berat semen keseluruhan} \\
&= 0,55 \times 6,18 \\
&= 3,40 \text{ liter}
\end{aligned}$$

Kebutuhan bahan campuran pengganti agregat halus

1. Variasi 1%

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 1\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\
&= 1\% \times 12,37 \\
&= 0,1237 \text{ kg} \sim 123,7 \text{ gr}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 1\%} \\
&= 12,37 - 0,1237 \\
&= 12,246 \text{ kg}
\end{aligned}$$

2. Variasi 2%

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 2\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\
&= 2\% \times 12,37 \\
&= 0,2474 \text{ kg} \sim 247,4 \text{ gr}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 2\%} \\
&= 12,37 - 0,2474 \\
&= 12,122 \text{ kg}
\end{aligned}$$

3. Variasi 2,5%

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan Styrofoam} &= 2,5\% \times \text{Berat agregat halus keseluruhan} \\
&= 2,5\% \times 12,37 \\
&= 0,3092 \text{ kg} \sim 309,2 \text{ gr}
\end{aligned}$$

Maka penggunaan agregat halus dikurangi sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Agregat halus yang digunakan} &= \text{Agregat halus keseluruhan} - \text{Variasi 2,5\%} \\
&= 12,37 - 0,3092 \\
&= 12,0608 \text{ kg}
\end{aligned}$$

4.4 Pemeriksaan *Slump Flow*

Slump flow test digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas pada beton ringan.

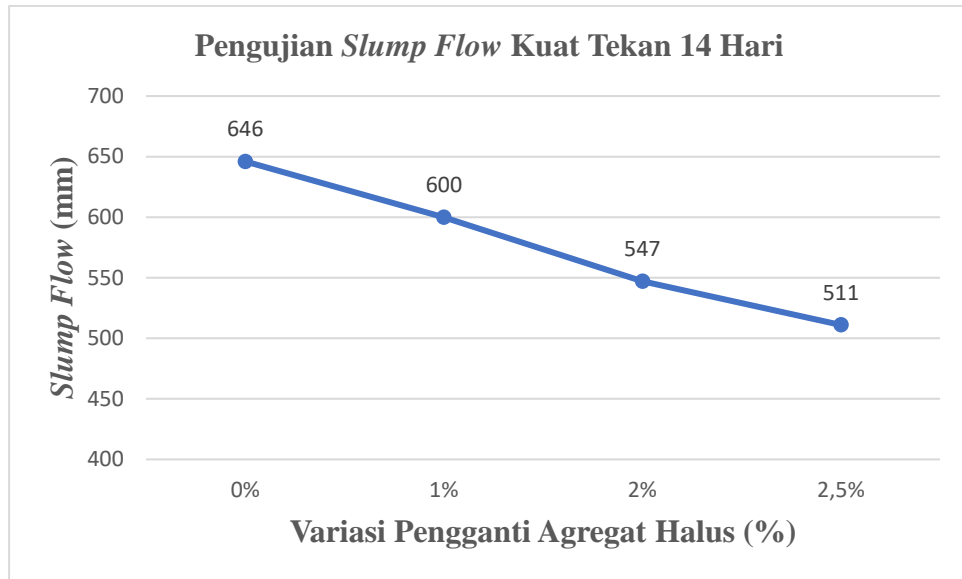
4.4.1 Pemeriksaan *Slump Flow* Pada Sampel Kuat Tekan 14 Hari

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 dengan penambahan *styrofoam*.

Tabel 4.8 *Slump flow* beton ringan *styrofoam* 14 hari.

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%	640	652	646
2	Sampel 1%	596	604	600
3	Sampel 2%	544	550	547
4	Sampel 2,5%	508	514	511

Dari Tabel 4.8 diatas dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 646 mm terjadi pada variasi beton ringan dengan tidak ada campuran *styrofoam*, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 511 mm ada pada variasi beton ringan *styrofoam* 2,5%. Dapat dilihat pula terjadi penurunan pada diameter *slump flow*.



Gambar 4.1: Grafik pengujian *slump flow* pada sampel kuat tekan 14 hari.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat penurunan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 2,5%. Hal ini dapat didasari pada penggunaan campuran beton ringan serta penambahan yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

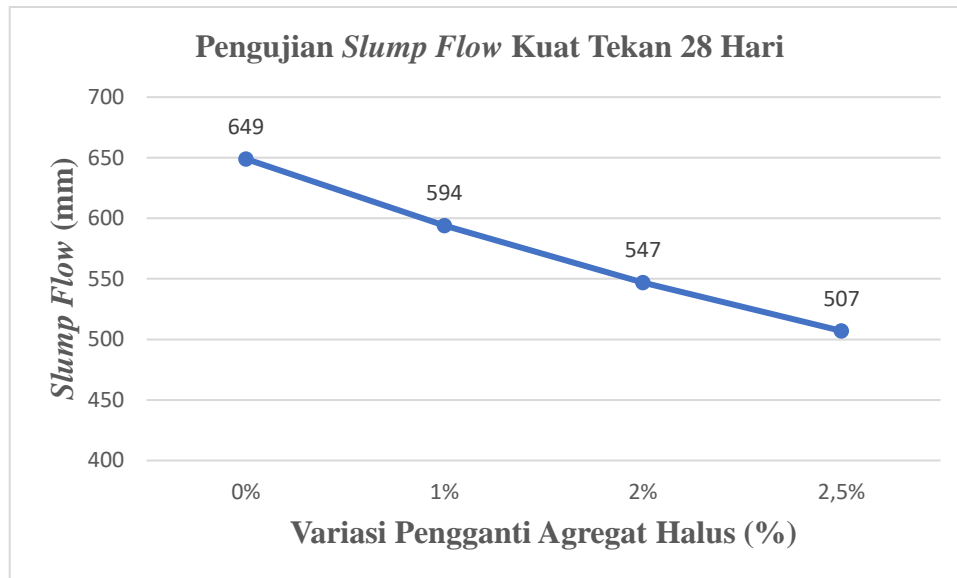
4.4.2 Pemeriksaan *Slump Flow* Pada Sampel Kuat Tekan 28 Hari

Adapun hasil pemeriksaan *slump flow* pada sampel kuat tekan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: *Slump flow* beton ringan styrofoam 28 hari.

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%	648	650	649
2	Sampel 1%	600	588	594
3	Sampel 2%	546	548	547
4	Sampel 2,5%	502	512	507

Dari Tabel 4.9 diatas dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 649 mm terjadi pada variasi beton ringan dengan tidak ada campuran *styrofoam*, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 507 mm ada pada variasi beton ringan *styrofoam* 2,5%. Dapat dilihat pula terjadi penurunan pada diameter *slump flow*



Gambar 4.2: Grafik pengujian *slump flow* pada sampel kuat tekan 28 hari.

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat penurunan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 2,5%. Hal ini dapat didasari pada penggunaan campuran beton ringan serta penambahan yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

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 14 Hari

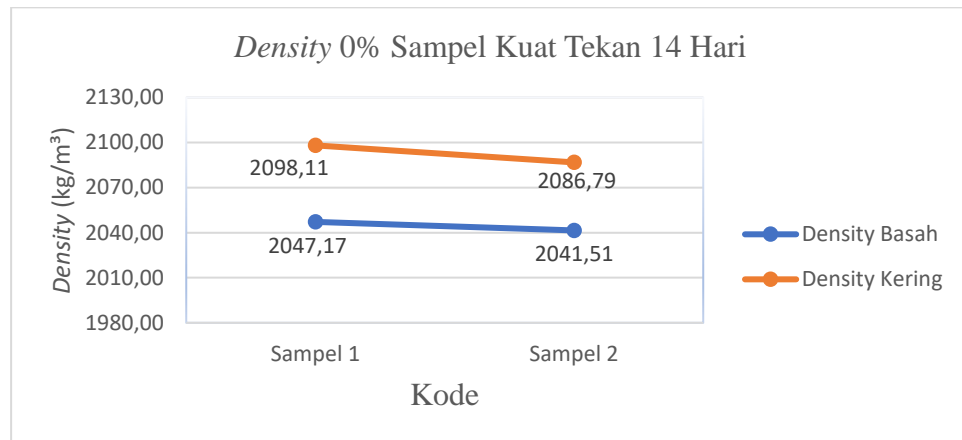
Pada tabel dibawah ini dijelaskan mengenai analisa berat jenis beton ringan pada sampel kuat tekan untuk setiap variasi. Terdapat dua jenis berat jenis yang dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 14 hari.

Tabel 4.10: Berat jenis beton ringan untuk kuat tekan pada umur 14 hari.

Silinder 150/300 mm		Berat Basah	Volume Benda Uji	Berat Jenis Benda Uji Basah	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	10,85	0,0053	2047,17	2044,34	11,12	2098,11	2092,45
	S2	10,82	0,0053	2041,51		11,06	2086,79	
1%	S1	7,58	0,0053	1430,19	1429,25	7,69	1450,94	1448,11
	S2	7,57	0,0053	1428,30		7,66	1445,28	
2%	S1	5,59	0,0053	1054,72	1041,51	5,87	1107,55	1100,94
	S2	5,45	0,0053	1028,30		5,80	1094,34	
2,5%	S1	5,26	0,0053	992,45	976,42	5,29	998,11	982,08
	S2	5,09	0,0053	960,38		5,12	966,04	

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 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.3.

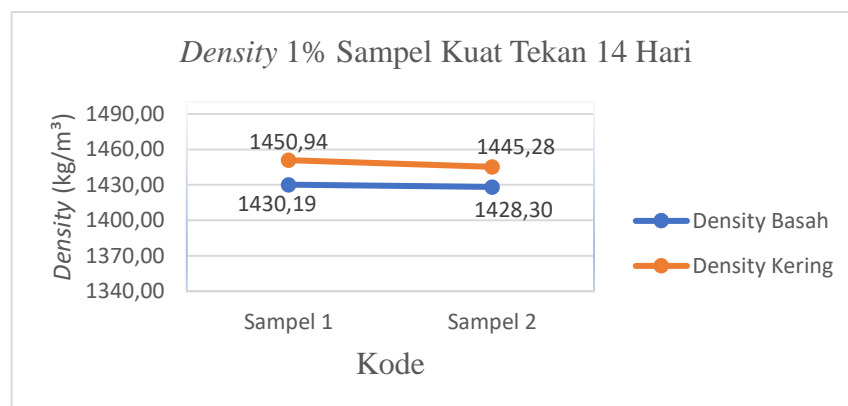


Gambar 4.3: Grafik analisa *density* variasi 0% pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.3 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% pada sampel 1 yaitu sebesar 2098,11 kg/m³ untuk densitas kering dan 2047,14 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 2086,79 kg/m³ untuk densitas kering dan 2041,51 kg/m³ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi kenaikan *density* pada sampel 1 sebesar 2,43% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 2,17% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 2,3%.

2. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 1% pada sampel kuat tekan 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.4.

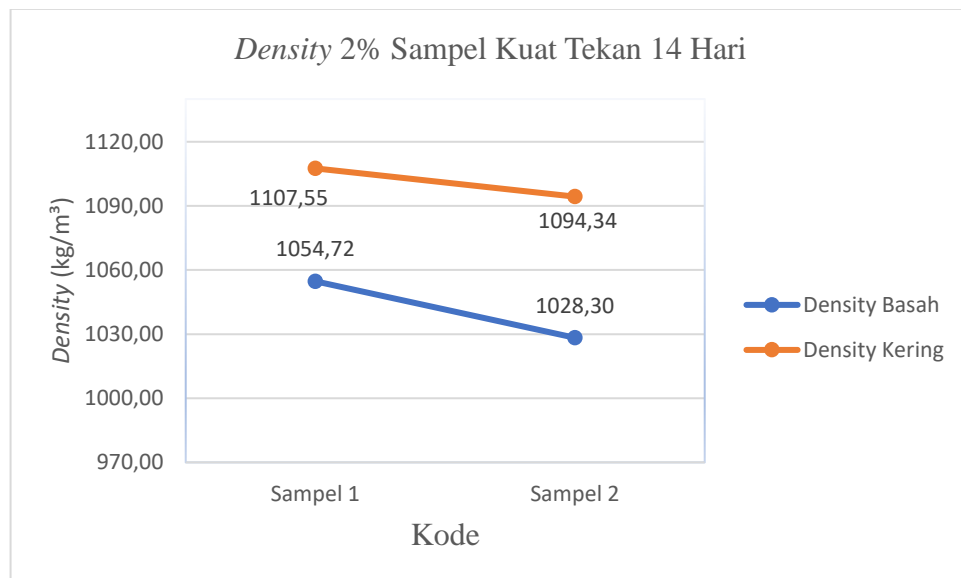


Gambar 4.4: Grafik analisa *density* variasi 1% pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.4 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 1% pada sampel 1 yaitu sebesar $1450,94 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas kering dan $1430,19 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar $1445,28 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas kering dan $1428,3 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 1,38% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 1,17% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 1,28%.

3. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 2% pada sampel kuat tekan 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.5.

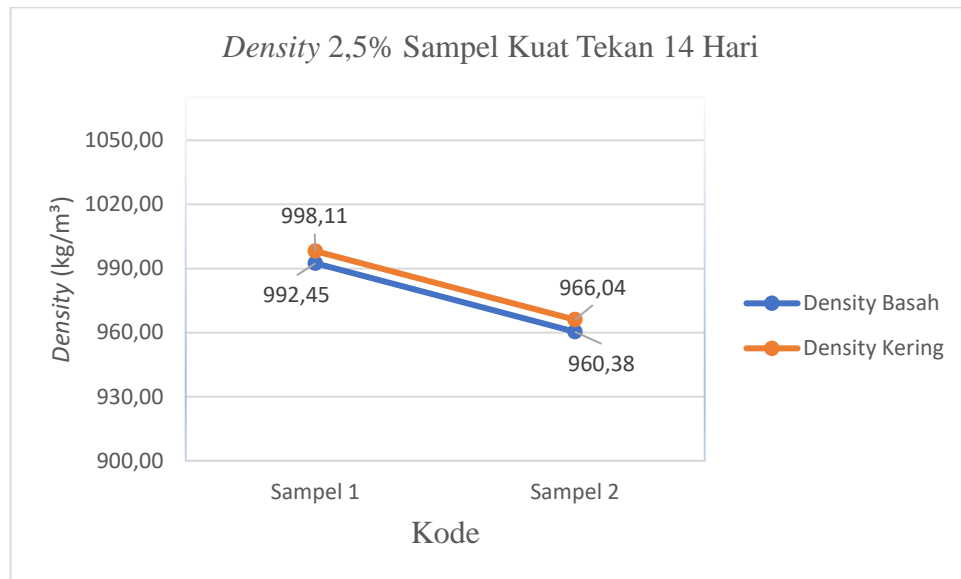


Gambar 4.5: Grafik analisa *density* variasi 2% pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.5 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 2% pada sampel 1 yaitu sebesar $1107,55 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas kering dan $1054,72 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar $1094,34 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas kering dan $1028,30 \text{ kg/m}^3$ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 4,77% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 6,03% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 5,4%.

4. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.6.

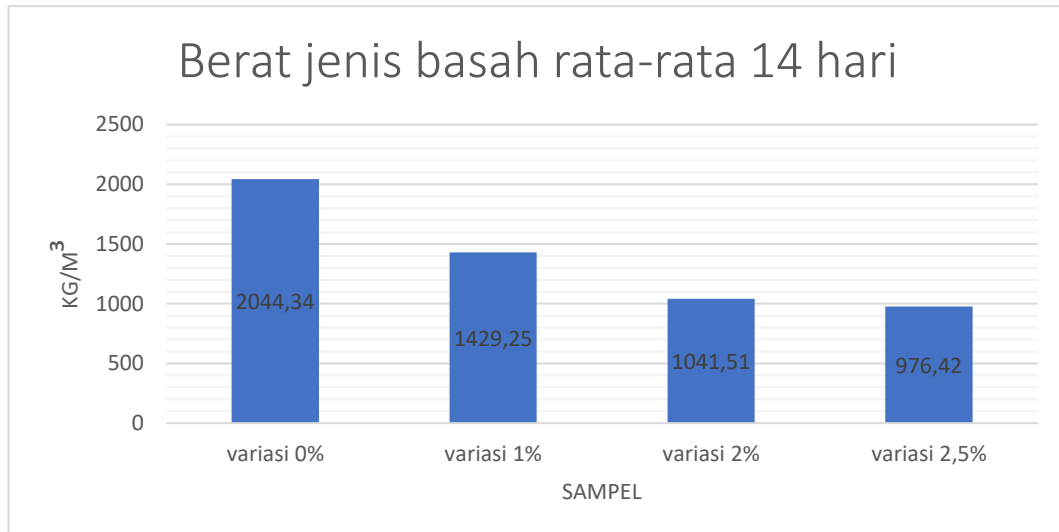


Gambar 4.6: Grafik analisa *density* variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.6 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 2,5% pada sampel 1 yaitu sebesar 998,11 kg/m³ untuk densitas kering dan 992,45 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 966,04 kg/m³ untuk densitas kering dan 960,38 kg/m³ untuk densitas basah.

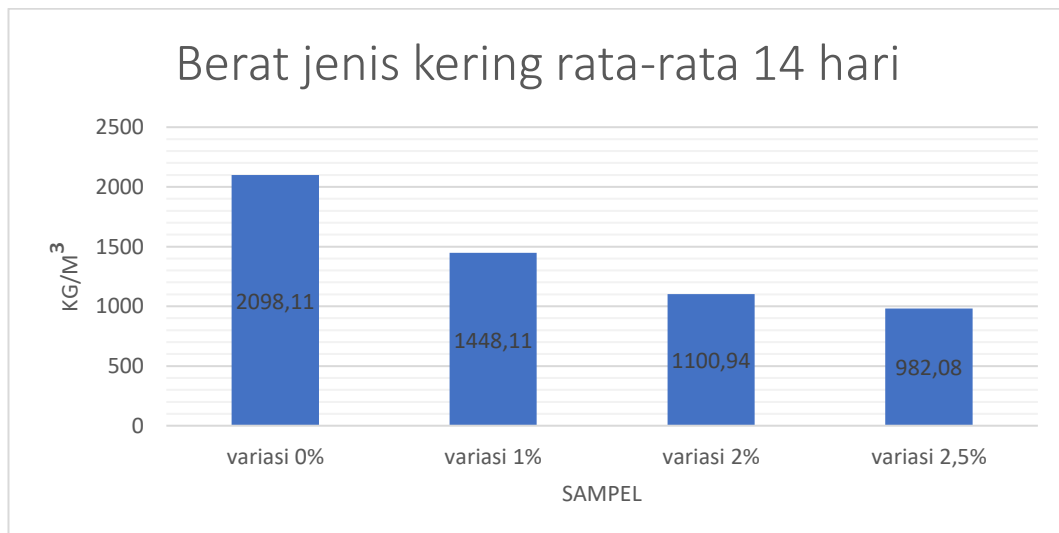
Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0,57% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0,59% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0,58%.

5. Analisa grafik rata-rata berat jenis basah dan kering sampel 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7: Grafik analisa *density* basah pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.7 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% sebesar 2044,34 kg/m³, pada variasi 1% sebesar 1429,25 kg/m³, pada variasi 2% sebesar 1041,51 kg/m³. dan pada variasi 2,5% sebesar 976,42 kg/m³.



Gambar 4.8: Grafik analisa *density* kering pada sampel kuat tekan 14 hari.

Dari Gambar 4.8 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% sebesar 2098,11 kg/m³, pada variasi 1% sebesar 1448,11 kg/m³, pada variasi 2% sebesar 1100,94 kg/m³. dan pada variasi 2,5% sebesar 982,08 kg/m³.

4.5.2 Analisa Berat jenis Beton Ringan (*Density*) Pada Sampel Kuat Tekan 28 Hari

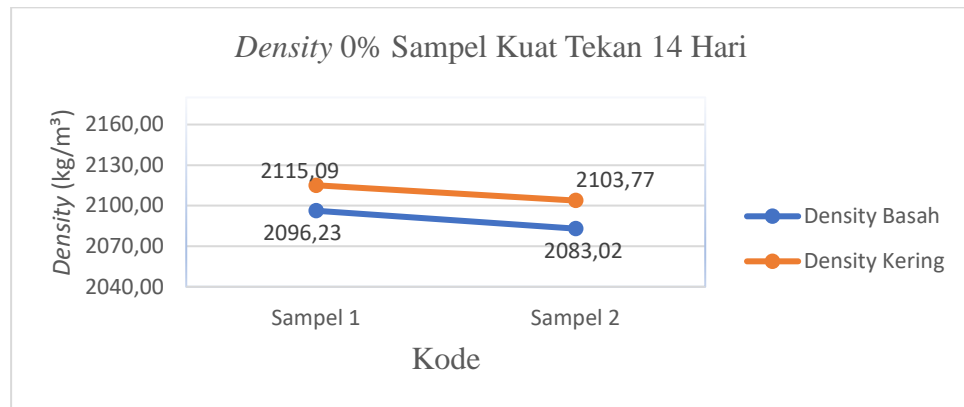
Pada Tabel 4.11, dijelaskan mengenai analisa berat jenis beton ringan pada sampel kuat tekan untuk setiap variasi. Terdapat dua jenis berat jenis yang dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 28 hari.

Tabel 4.11: Berat jenis beton ringan untuk kuat tekan pada umur 28 hari.

Silinder 150/300 mm		Berat Basah	Volume Benda Uji	Berat Jenis Benda Uji Basah	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	11,11	0,0053	2096,23	2089,62	11,21	2115,09	2109,43
	S2	11,04	0,0053	2083,02		11,15	2103,77	
1%	S1	7,69	0,0053	1450,94	1440,57	7,71	1454,72	1448,11
	S2	7,58	0,0053	1430,19		7,64	1441,51	
2%	S1	5,91	0,0053	1115,09	1123,58	6,04	1139,62	1153,77
	S2	6,00	0,0053	1132,08		6,19	1167,92	
2,5%	S1	5,44	0,0053	1026,42	1140,57	5,46	1030,19	1045,28
	S2	5,59	0,0053	1054,72		5,62	1060,38	

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 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.9.

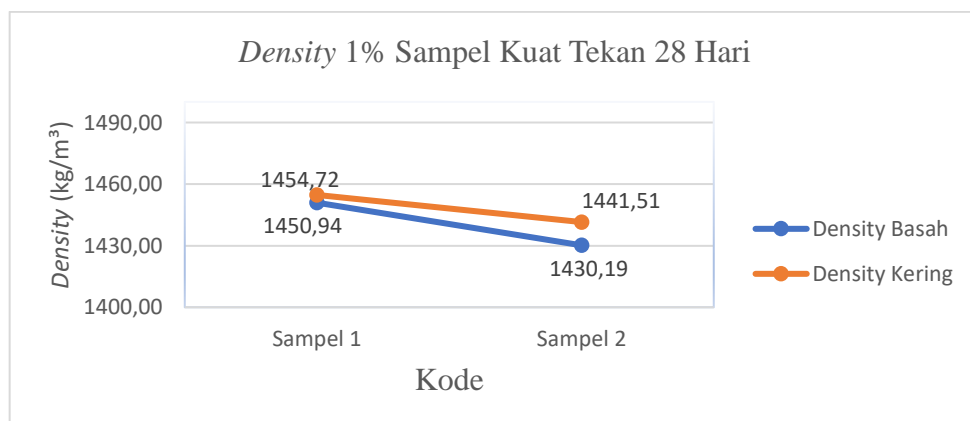


Gambar 4.9: Grafik analisa *density* variasi 0% pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.9 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% pada sampel 1 yaitu sebesar 2115,09 kg/m³ untuk densitas kering dan 2096,23 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 2103,77 kg/m³ untuk densitas kering dan 2083,02 kg/m³ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0,54% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0,99% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0,77%.

2. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 1% pada sampel kuat tekan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.10.

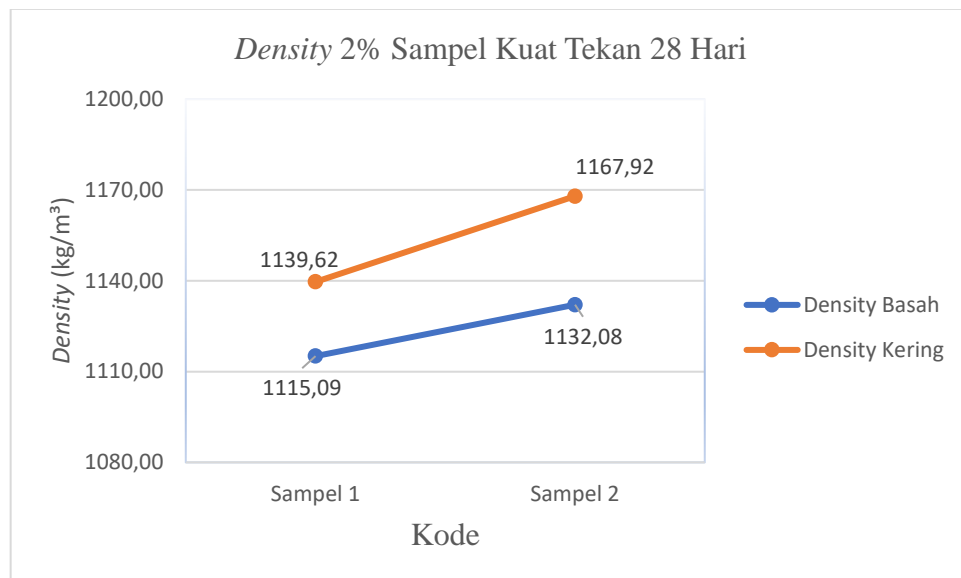


Gambar 4.10: Grafik analisa *density* variasi 1% pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.10 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% pada sampel 1 yaitu sebesar 1454,72 kg/m³ untuk densitas kering dan 1450,94 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 1441,51 kg/m³ untuk densitas kering dan 1430,19 kg/m³ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 0,26% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 0,79% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 0,53%.

3. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 2% pada sampel kuat tekan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.11.

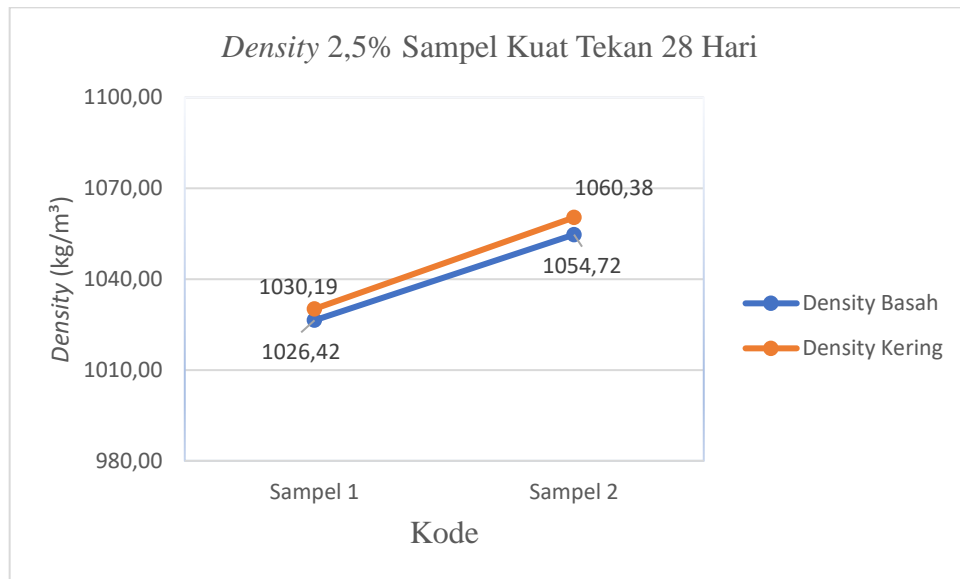


Gambar 4.11: Grafik analisa *density* variasi 2% pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.11 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 2% pada sampel 1 yaitu sebesar 1139,62 kg/m³ untuk densitas kering dan 1115,09 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 1167,92 kg/m³ untuk densitas kering dan 1132,08 kg/m³ untuk densitas basah.

Dari grafik perbandingan antara *density* basah dan *density* kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan *density* pada sampel 1 sebesar 2,15% dari *density* basah, sampel 2 sebesar 3,06% dari *density* basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan *density* sebesar 2,61%.

4. Analisa hasil grafik berat jenis beton (*density*) variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.12.

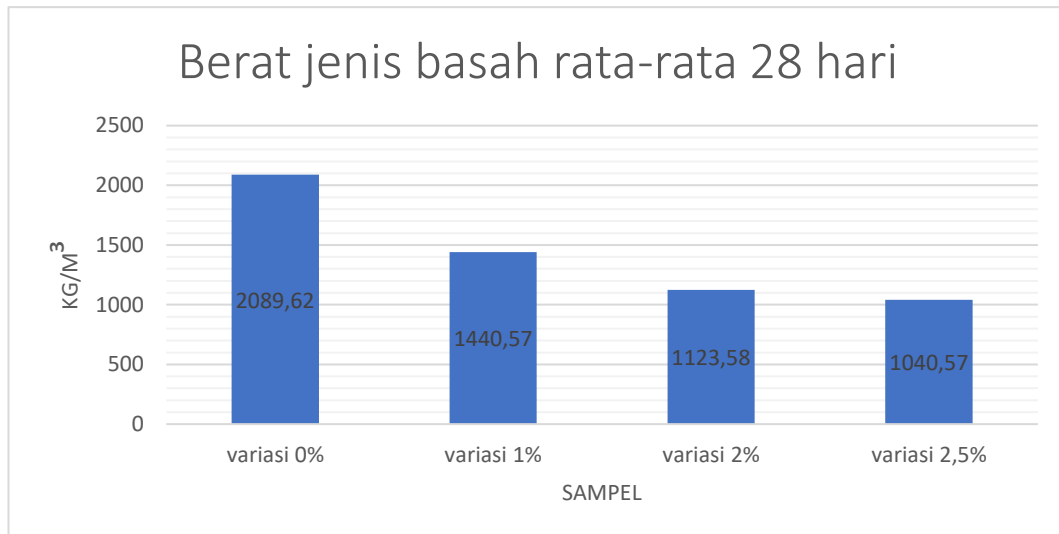


Gambar 4.12: Grafik analisa density variasi 2,5% pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.12 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 2,5% pada sampel 1 yaitu sebesar 1030,19 kg/m³ untuk densitas kering dan 1026,42 kg/m³ untuk densitas basah dan pada sampel 2 yaitu sebesar 1060,38 kg/m³ untuk densitas kering dan 1054,72 kg/m³ untuk densitas basah.

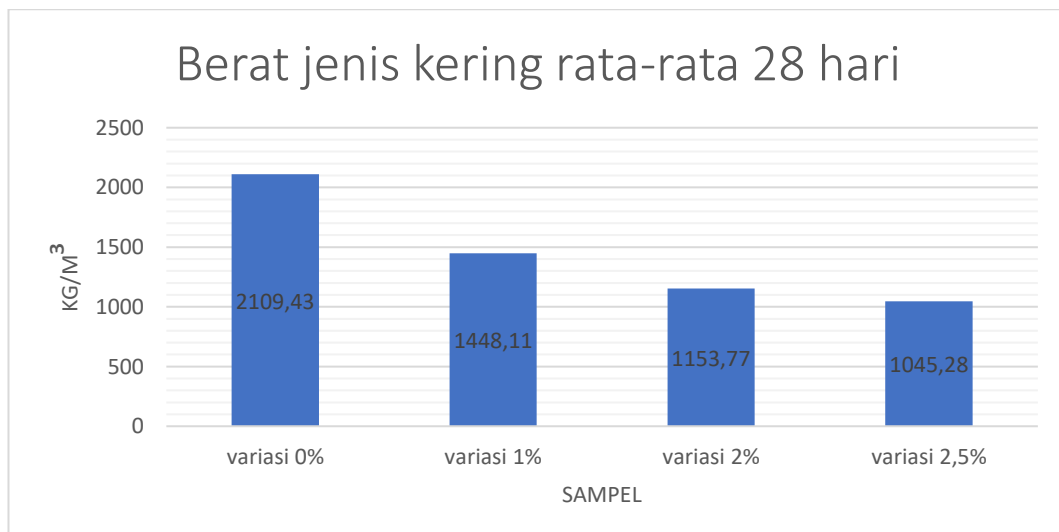
Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 0,33% dari density basah, sampel 2 sebesar 0,49% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0,41%.

5. Analisa grafik rata-rata berat jenis basah dan kering sampel 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13: Grafik analisa *density* basah pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.13 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% sebesar 2089,62 kg/m³, pada variasi 1% sebesar 1440,57 kg/m³, pada variasi 2% sebesar 1123,58 kg/m³. dan pada variasi 2,5% sebesar 1040,57 kg/m³.



Gambar 4.14: Grafik analisa *density* kering pada sampel kuat tekan 28 hari.

Dari Gambar 4.14 di atas dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% sebesar 2109,43 kg/m³, pada variasi 1% sebesar 1448,11 kg/m³, pada variasi 2% sebesar 1153,77 kg/m³. dan pada variasi 2,5% sebesar 1045,28 kg/m³.

4.6 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990 pada saat beton berumur 14 Hari dan 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.

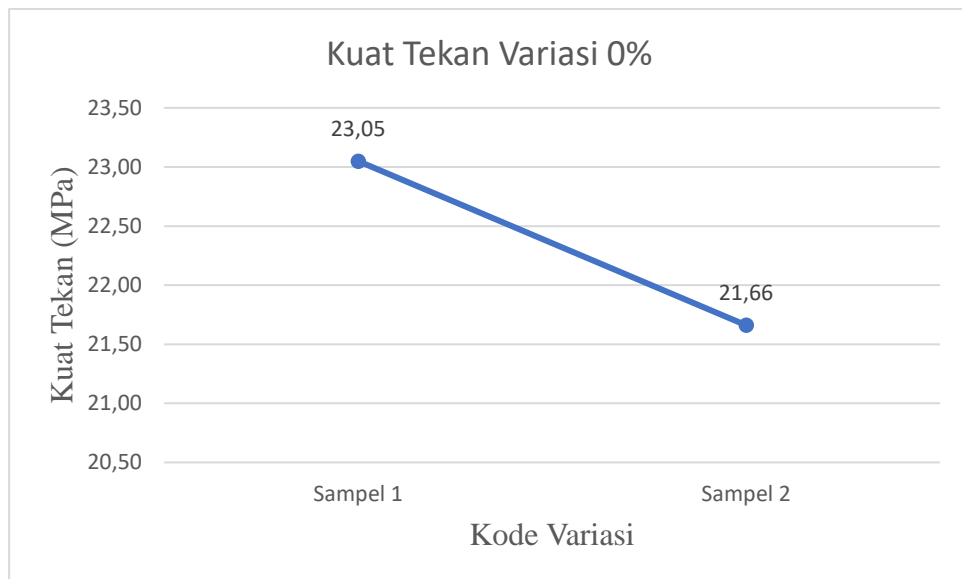
4.6.1 Analisa Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 14 Hari

Analisa pengujian kuat tekan beton ringan normal dan beton ringan *styrofoam* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Analisa kuat tekan beton ringan *styrofoam* umur 14 hari.

No	Kode Variasi	Luas Penampang (cm ²)	Volume (cm ³)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
1	S1 0%	176,62	0,0053	23,05	22,36
2	S2 0%	176,62	0,0053	21,66	
3	S1 1%	176,62	0,0053	6,66	6,66
4	S2 1%	176,62	0,0053	6,66	
5	S1 2%	176,62	0,0053	2,78	2,64
6	S2 2%	176,62	0,0053	2,50	
7	S1 2,5%	176,62	0,0053	1,67	1,53
8	S2 2,5%	176,62	0,0053	1,39	

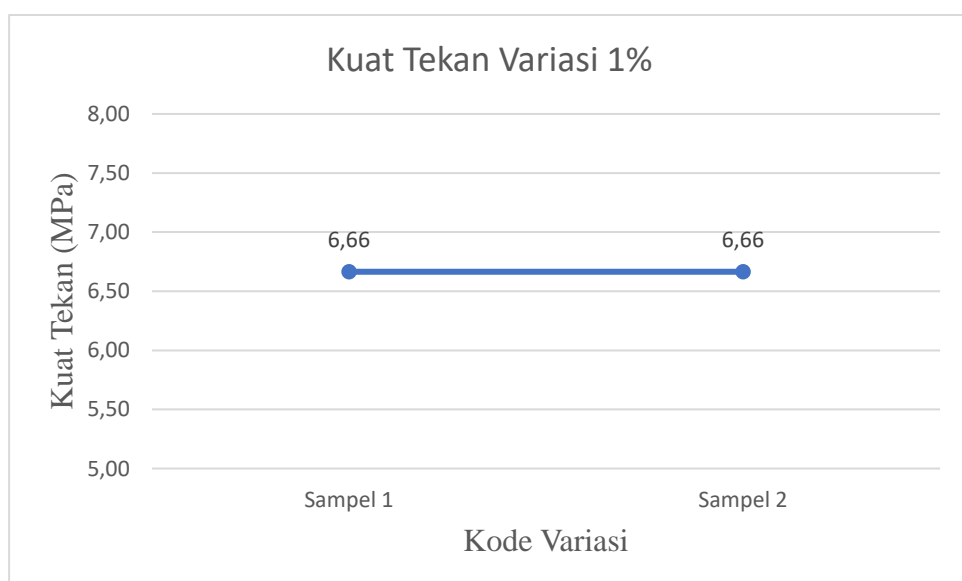
1. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 0% dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Grafik analisa kuat tekan variasi 0% 14 hari.

Dari Gambar 4.15 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 0% (*Styrofoam* 0%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 23,05 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 21,66 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 0% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 22,36 MPa.

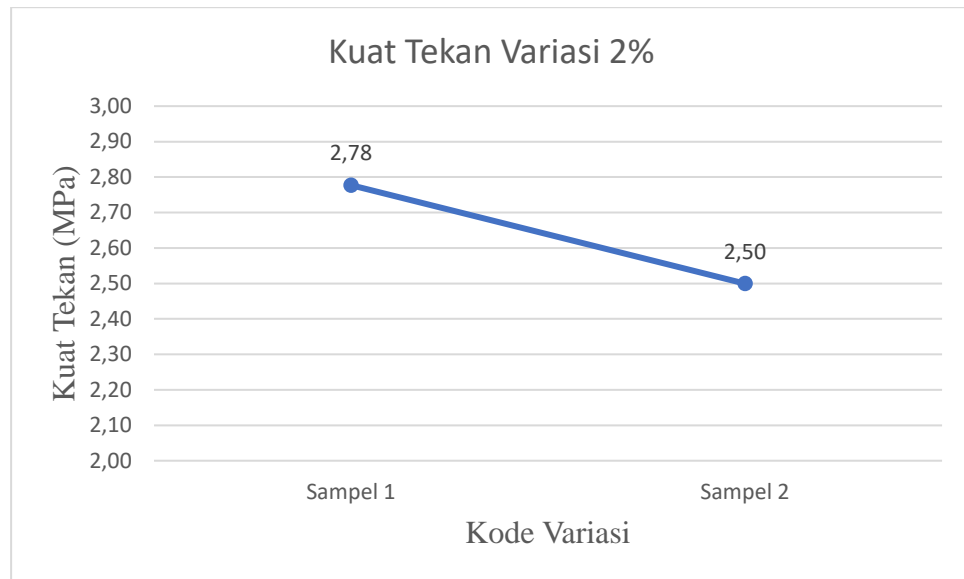
2. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 1% dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16: Grafik analisa kuat tekan variasi 1% 14 hari.

Dari Gambar 4.16 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 1% (Styrofoam 1%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 6,66 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 6,66 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 1% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 6,66 MPa.

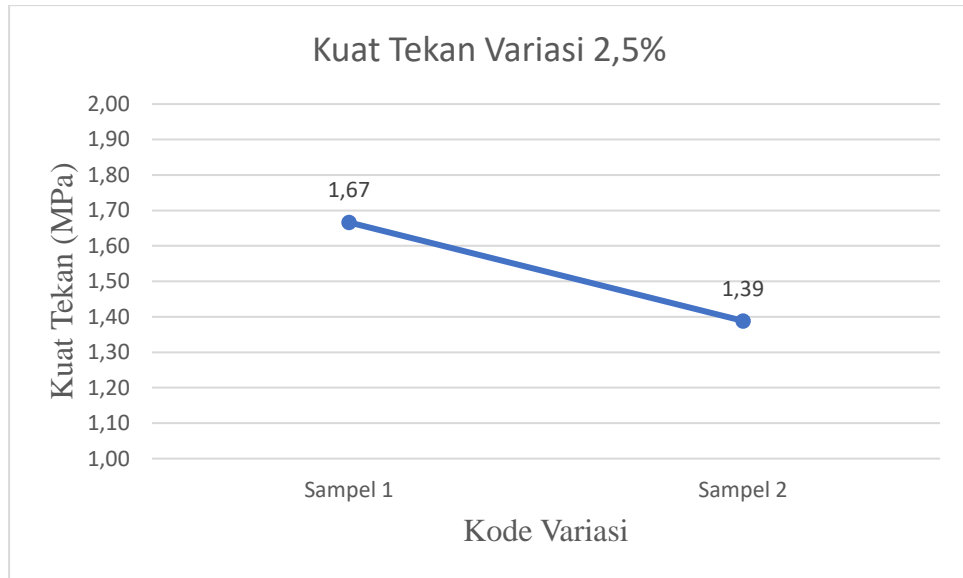
3. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 2% dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17: Grafik analisa kuat tekan variasi 2% 14 hari.

Dari Gambar 4.17 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 2% (Styrofoam 2%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 2,78 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 2,50 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 2% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 2,64 MPa.

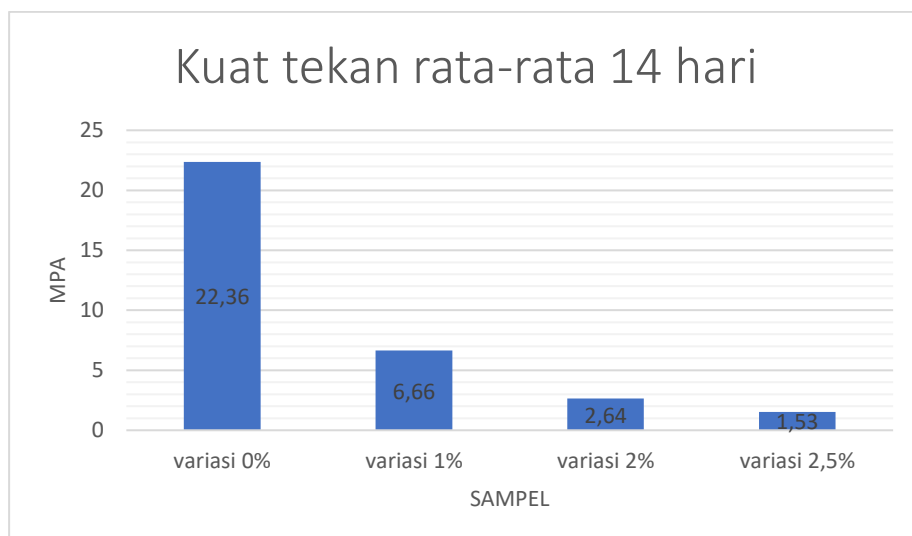
4. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 2,5% dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18: Grafik analisa kuat tekan variasi 2,5% 14 hari.

Dari Gambar 4.18 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 2,5% (Styrofoam 2,5%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 1,67 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 1,39 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 2,5% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 1,53 MPa.

5. Analisa grafik kuat tekan rata-rata pada sampel 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19: Grafik analisa kuat tekan sampel 14 hari.

Dari Gambar 4.19 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 0% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 22,36 MPa, kuat tekan pada sampel variasi 1% sebesar 6,66 MPa, kuat tekan pada sampel variasi 2% sebesar 2,64 MPa, dan kuat tekan pada sampel variasi 2,5% sebesar 1,53 MPa.

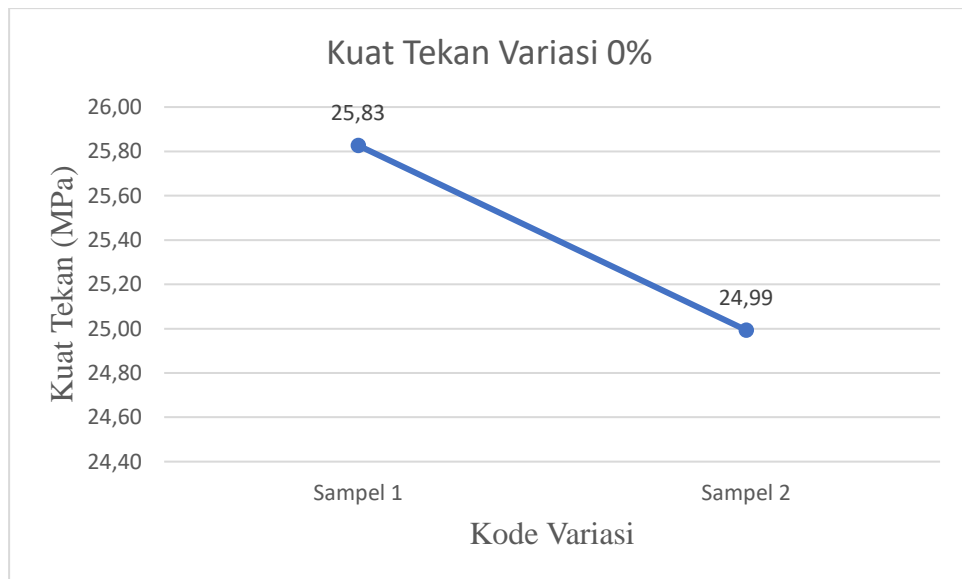
4.6.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari

Analisa pengujian kuat tekan beton ringan normal dan beton ringan *styrofoam* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Analisa kuat tekan beton ringan *styrofoam* umur 28 hari.

No	Kode Variasi	Luas Penampang (cm ²)	Volume (cm ³)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
1	S1 0%	176,62	0,0053	25,83	25,41
2	S2 0%	176,62	0,0053	24,99	
3	S1 1%	176,62	0,0053	7,50	7,08
4	S2 1%	176,62	0,0053	6,66	
5	S1 2%	176,62	0,0053	3,89	4,03
6	S2 2%	176,62	0,0053	4,17	
7	S1 2,5%	176,62	0,0053	1,67	1,94
8	S2 2,5%	176,62	0,0053	2,22	

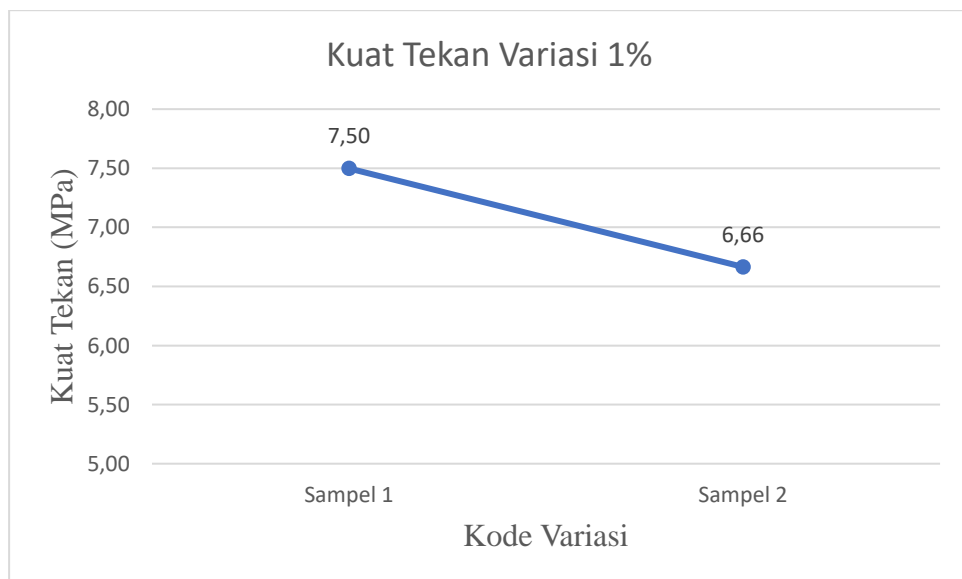
1. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 0% dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20: Grafik analisa kuat tekan variasi 0% 28 hari.

Dari Gambar 4.20 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 0% (Styrofoam 0%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 25,83 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 24,99 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 0% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 25,41 MPa.

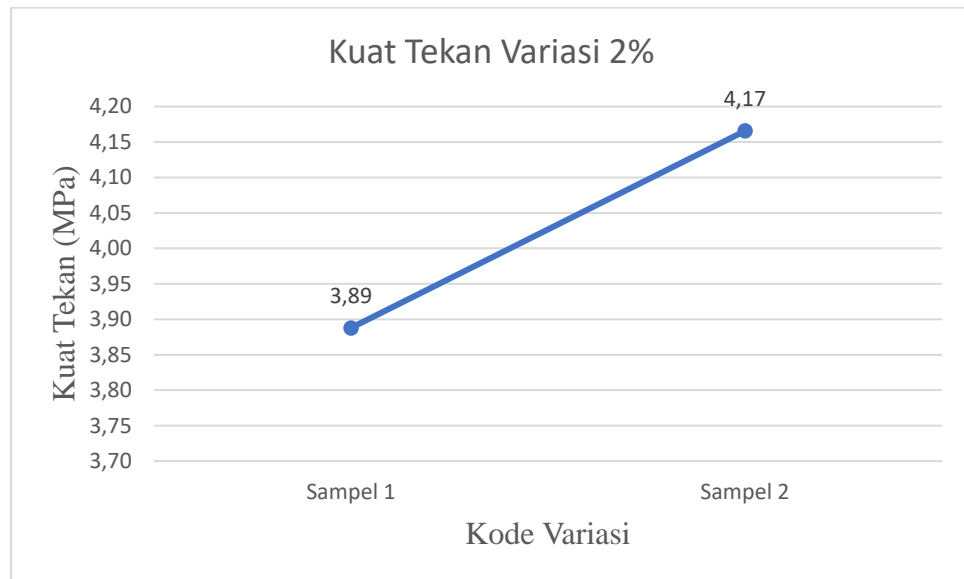
2. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 1% dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21: Grafik analisa kuat tekan variasi 1% 28 hari.

Dari Gambar 4.21 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 1% (*Styrofoam* 1%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 7,50 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 6,66 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 1% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 7,08 MPa.

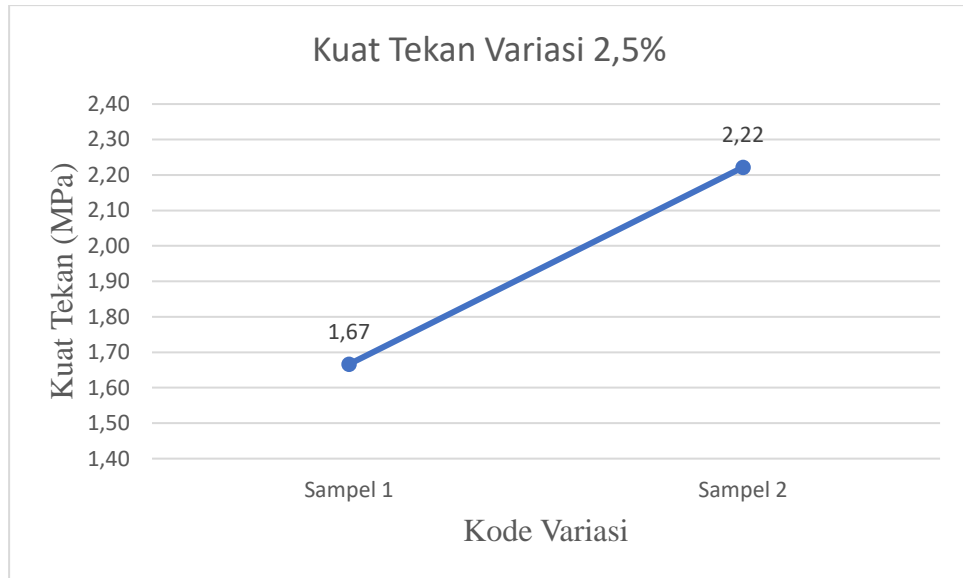
3. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 2% dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22: Grafik analisa kuat tekan variasi 2% 28 hari.

Dari Gambar 4.22 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 2% (*Styrofoam* 2%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 3,89 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 4,17 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 2% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 4,03 MPa.

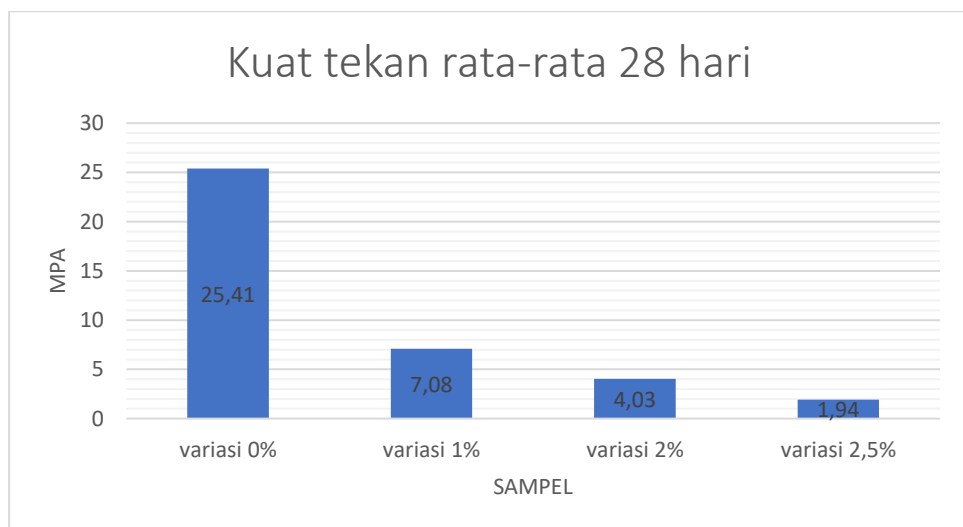
4. Analisa hasil grafik kuat tekan variasi 2,5% dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23: Grafik analisa kuat tekan variasi 2,5% 28 hari.

Dari Gambar 4.23 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 2,5% (*Styrofoam* 2,5%) diperoleh nilai kuat tekan pada sampel 1 yaitu sebesar 1,67 MPa dan kuat tekan pada sampel 2 yaitu sebesar 2,22 MPa. Dari kedua sampel yang diuji pada variasi 2,5% ini, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 1,94 MPa.

5. Analisa grafik kuat tekan rata-rata pada sampel 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.24: Grafik analisa kuat tekan sampel 14 hari.

Dari Gambar 4.24 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi 0% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 25,41 MPa, kuat tekan pada sampel variasi 1% sebesar 7,08 MPa, kuat tekan pada sampel variasi 2% sebesar 4,03 MPa, dan kuat tekan pada sampel variasi 2,5% sebesar 1,94 MPa.

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 *styrofoam* pada beton ringan memberikan pengaruh terhadap tekan yaitu diperoleh nilai kuat tekan beton ringan normal atau tanpa *styrofoam* yaitu >17 MPa beton ringan tersebut dikategorikan sebagai beton ringan struktur, sedangkan nilai kuat tekan beton ringan *styrofoam* variasi 0%, 1%, 2% dan 2,5% yaitu 0,35 - 7 MPa beton ringan tersebut dikategorikan sebagai beton ringan non struktur.
2. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai penyerapan *styrofoam* pada benda uji silinder 15x30cm berkisar antara 0-6%, yaitu merupakan perbandingan antara berat jenis basah benda uji dan berat jenis kering benda uji.

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 kuat tekan 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. 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 yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya.

Daftar Pustaka

- Anthony, A., Tanbora, R., & Sugiharto, H. (2019). Penelitian Lightweight Concrete Dengan Menggunakan Expanded Polystyrene. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 8(2), 16-23.
- Ardan, M. (2016). Kajian Penggunaan Batu Apung Dan Styrofoam Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan. *arbitek: jurnal teknik sipil & arsitektur*, 2(2).
- Artiningsih, Titik Penta. 2017. "Kajian Penggunaan Ferro-Cement." 14(3): 170–81.
- Asraar, I., & Mungok, C. D. Studi Perancangan Beton Hemat Energi (Self Compacting Concrete) Untuk Beton Normal, $f'_{c} = 25\text{mpa}$ Dengan Metode Aci Modifikasi. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- ASTM C128-01. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate.*
- ASTM C143/C143M *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*
- ASTM C1611M. *Standart test method for slump flow of self-consolidating concrete.*
- ASTM C 29 / C 29 M – 91. *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.*
- Aulia, Mohamad Donie. 2012. "Studi Eksperimental Permeabilitas Dan Kuat Tekan Beton K-450 Menggunakan Zat Adiktif Conplast WP421." *Majalah Ilmiah UNIKOM* 10(2): 211–22.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Bandung
- Candra, Agata Iwan, Edy Gardjito, Yosef Cahyo, and Ginta Aditiya Prasetyo. 2019. "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori." *UKaRsT* 3(1):82.
- Candra, A. I., & Siswanto, E. (2018). Rekayasa Job Mix Beton Ringan Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010. *Jurnal Civila*, 3(2), 162-165.
- Candra, A. I., Suwarno, S., Wahyudiono, H., Anam, S., & Karisma, D. A. (2020). Kuat Tekan Beton $f'_{c} = 21, 7\text{ MPa}$ Menggunakan Water Reducing And High Range Admixtures. *Jurnal Civila*, 5(1), 330-339.

- Dharmagiri I. B., I Ketut Sudarsana, dan N.L.P. Eka Agustiniingsih. "Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton dengan Penambahan Styrofoam." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vo. 12 (Juli 2008)
- Dipohusodo, I., 1993, *Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Departemen Pekerjaan Umum RI, PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Djauharotun, (2002), *Pengaruh Pemanfaatan Debu Batu Dari Unit Pemecahan Batu Pucanggading Sebagai Pengganti Pasir Pada Pembuatan Batu Cetak*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), Yogyakarta.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015, June). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 3, No. 1, pp. 1-13).
- Enda, D. (2016). Kajian Eksperimental Perkuatan Agregat Kasar Styrofoam dengan Lapisan Coating pada Pembuatan Beton Ringan. *Inovtek Polbeng*, 6(2), 103-111.
- Gardjito, Edy, Agata Iwan Candra, and Yosef Cahyo. 2018. "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam pembuatan Paving Block." *UKaRsT* 2(1): 36.
- Hadi, S. (2019). Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Bahan Tambah Styrofoam. *Media Bina Ilmiah*, 14(5), 2533-2540.
- Harijono, H., Tamelan, P. G., & Chatib, A. (2020). Keselamatan Lingkungan Tahan Resonansi Dengan Beton Ringan Bahan Styrofoam (Suatu Kajian Teori Tahan Gempa). *Jurnal Teknologi*, 14(1), 30-36.
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan Sni 03-2834-2000 Dan Sni 7656: 2012. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 165-172.
- Iwan, Agata, and Eko Siswanto. 2018. "Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010." 3(2): 162-65.
- Kardiyono Tjokrodinuljo, Ir, 1996, *Teknologi Beton*
- Krisnamurti, Krisnamurti, and Universitas Jember. 2017. "Pengaruh Prosentase Penambahan Accelerator Terhadap Kuat." (April).
- Mangerongkonda, D., 2007, *Pengaruh Penggunaan Pasir Laut Bangka Terhadap Karakteristik Kualitas Beton*, laporan tugas akhir, Universitas Gunadarma, Depok.
- Miswar, K. (2018). Beton Ringan Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1).

- Mulyati, M., & Asrillina, R. (2018). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Pasir Dan Zat Additive Sikament Terhadap Kuat Tekan Bata Beton Ringan. *Jurnal Momentum* ISSN 1693-752X, 20(2), 110-116.
- Mulyono, T., 2003, Teknik Beton, Fakultas Teknik, Universits Negeri Jakarta, Jakarta: penerbit ANDI OFFSET
- Mulyono, T., 2003, Teknologi Beton, Andi Offset: Yogyakarta.
- Muqtadi, Khairul. 2014. “Dampak Penggunaan Dan Analisa Pengaruh Styrofoam Sebagai Substitusi Pasir Dengan Bahan Tambah Plastiment-Vz Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton.” 2(2).
- Nurmaidah, U. M. A. (2015). Penggunaan Agregat Halus Dengan Sumber Lokasi Berbeda Untuk Campuran Beton. *ARBITEK: Jurnal Teknik Sipil & Arsitektur*, 1(2).
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) 1971. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum.
- Purba, N. B. (2020). Sifat Mekanis Beton Ringan dengan Agregat dari Tanah Diatomae. *Journal of The Civil Engineering Student*, 2(1), 64-70.
- Purnawirati, I. N. (2020). Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton Ringan Styrofoam. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2), 59-70.
- Shetty, M.S. 2000. *Concrete Technology-Theory And Practice*. India: S. Chand Limited.
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).
- SNI 03-1971-1990 Metode pengujian kadar air agregat
- SNI 03-2847 tahun 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-2461-2002 Spesifikasi agregat ringan untuk beton ringan structural
- SNI 03-2493-2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
- SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal
- SNI 03-3449-2002. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan.
- SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat.
- SNI 15-2049-2004. 2004. “Semen Portland.”Badan Standar Nasional Indonesia: 1–128

- SNI 1970-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder
- Tjokrodinuljo, K., 1992, Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta
- Wibowo, H., & Setiawan, D. B. (2019). Perilaku Mekanik Beton Ringan Styrofoam Dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 5(1, April), 29-40.
- Yudi Risdiyanto. 2013. "Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Perbandingan Berat Untuk Produksi Beton Massa Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Merapi (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Sabo Dam)."

LAMPIRAN



Gambar L.1: Mencuci agregat halus.



Gambar L.2: Mengeringkan agregat halus.



Gambar L.3: *Compressing test machine.*



Gambar L.4: Cetakan silinder 15x30cm.



Gambar L.5: Oven.



Gambar L.6: Gelas ukur.



Gambar L.7: Kerucut abrams.



Gambar L.8: Mesin *mixer* beton.



Gambar L.9: Timbangan digital.



Gambar L.10: Bak perendaman.



Gambar L.11: Ember.



Gambar L.12: Sendok semen dan sekop tangan.



Gambar L.13: Penggaris.



Gambar L.14: Skrap.



Gambar L.15: Mencuci peralatan sebelum membuat beton ringan.



Gambar L.16: Memasukkan bahan kedalam mesin *mixer*.



Gambar L.17: Pemeriksaan *slump flow*.



Gambar L.18: Pengeringan beton ringan dalam cetakan.



Gambar L.19: Perendaman beton ringan.



Gambar L.20: Penimbangan beton ringan.



Gambar L.21: Penimbangan styrofoam.



Gambar L.22: Pengujian kuat tekan.



Gambar L.23: Hasil pengujian kuat tekan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Ardi Fatahillah Nasution
Panggilan : Ardi
Tempat, Tanggal lahir : Tanjung Morawa, 02 Juni 1999
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jalan Bandar Labuhan Bawah No.22
Nomor hp : 081376289485
Nama ayah : Drs. Razali Nasution
Nama Ibu : Dra. Nefda Masdiana
E-mail : ardi.fatahillah494@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210017
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

No	Tingkat Pendidikan	Nama Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD	SDN 105855 PTPN II Tanjung Morawa	2011
2	SMP	SMP Swasta Nur Azizi	2014
3	SMK	SMKN 1 Lubuk Pakam	2017
4	Universitas	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 - Selesai

ORGANISASI

Informasi	Tahun
1. Anggota Departemen Keprofesional HMS-FT-UMSU	2018-2019
2. Ketua Himpunan Mahasiswa Sipil FT-UMSU	2019-2020
3. Demisioner HMS-FT-UMSU	2020-2021