

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI CAMPURAN BETON DAN *TAMCEM 60 RA* SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

TAUFIQ RAHMAN

2007210018



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

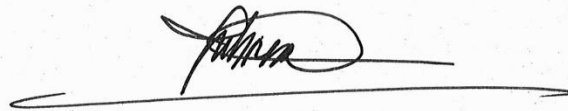
Nama : Taufiq Rahman
NPM : 2007210018
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Campuran Beton
dan *Tamcem 60 RA* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat
Tekan Beton (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 13 Oktober 2025

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Taufiq Rahman
NPM : 2007210018
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Campuran Beton
dan *Tamcem 60 RA* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat
Tekan Beton (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 13 Oktober 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



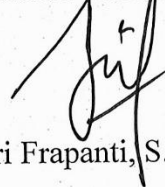
Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing I



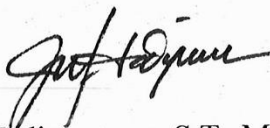
Rizki Efrida, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



Sri Frapanti, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Taufiq Rahman
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 02 Mei 2001
NPM : 2007210018
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Campuran Beton dan *Tamcem 60 RA* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)” bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

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

Medan, 13 Oktober 2025

Saya yang menyatakan:



Taufiq Rahman

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI CAMPURAN BETON DAN *TAMCEM 60 RA* SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Taufiq Rahman

2007210018

Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Pada penelitian ini digunakan limbah berupa limbah *Styrofoam* sebagai bahan tambah campuran beton dan *Tamcem 60 RA* sebagai *Superplasticizer* yang merupakan bahan tambah pencampur (admixtures) yang ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (placing) untuk memperbaiki kinerja kekuatannya. *Tamcem 60 RA* adalah superplasticizer generasi baru untuk beton. Mengandung polimer eter polikarboksilat mutakhir dan diformulasikan secara khusus untuk menghasilkan pengurangan air yang sangat tinggi, meningkatkan kemampuan kerja, dan menawarkan retensi kemerosotan yang unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari penambahan *styrofoam* sebagai bahan tambah campuran beton dan *Tamcem 60 RA* terhadap absorpsi dan nilai kuat tekan beton. Dengan variasi penambahan plastic styrofoam 0,5% untuk setiap variasi beton dan Tamcem 60 RA, 0,8%, 1%, 1,2%, dan 1,4% dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan pada beton normal didapat sebesar 26,29 MPa, beton variasi Styrofoam 0,5% didapat 17,85 MPa, beton variasi Tamcem 1,4% didapat sebesar 23,27 MPa, beton variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% didapat 19,12 Mpa, beton variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% didapat 20,78 Mpa, beton variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% didapat 17,92 Mpa, dan beton variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% didapat 16,99 Mpa, Terjadi penurunan kuat tekan pada beton pada setiap variasi.

Kata kunci : *Tamcem 60 Ra*, Styrofoam, Uji Absorpsi, Kuat tekan.

ABSTRACT

UTILIZATION OF STYROFOAM WASTE AS A CONCRETE MIXTURE AND TAMCEM 60 RA AS AN ADDITIVE MATERIAL TOWARDS CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Taufiq Rahman

2007210018

Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

In this research, waste in the form of Styrofoam waste was used as an additional material for concrete mixtures and Tamcem 60 RA as a Superplasticizer, an additional mixing material (admixture) added during mixing and/or during casting (placing) to improve its strength performance. Tamcem 60 RA is a new generation superplasticizer for concrete. Contains advanced polycarboxylate ether polymers and is specially formulated to produce very high water reduction, increase workability, and offer superior slump retention. This study aims to study the effect of adding styrofoam as an additional material for concrete mixtures and Tamcem 60 RA on the absorption and compressive strength of concrete. With variations in the addition of 0.5% styrofoam plastic for each variation of concrete and Tamcem 60 RA, namely 0.8%, 1%, 1.2%, and 1.4% of the weight of cement. The results of the compressive strength test showed that normal concrete obtained a compressive strength of 26.29 MPa, 0.5% styrofoam variation concrete obtained a compressive strength of 17.85 MPa, 1.4% tamcem variation concrete obtained a compressive strength of 23.27 MPa, 0.8% tamcem variation concrete + 0.5% styrofoam obtained a compressive strength of 19.12 MPa, 1% tamcem variation concrete + 0.5% styrofoam obtained a compressive strength of 20.78 MPa, 1.2% tamcem variation concrete + 0.5% styrofoam obtained a compressive strength of 17.92 MPa, and 1.4% tamcem variation concrete + 0.5% styrofoam obtained a compressive strength of 16.99 MPa. There was a decrease in compressive strength in concrete in each variation.

Keywords: Tamcem 60 Ra, Styrofoam, Absorption Test, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* Sebagai Campuran Beton dan *Tamcem 60 RA* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Nuridin Maktub dan Ibunda tercinta Rosnawati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
10. Support sistem terbaik Riskaya Ananda ST., yang selalu memberi saran yang bermanfaat, dukungan serta semangat pada proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Rekan-rekan seperjuangan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan, 10 Oktober 2025

Saya yang menyatakan

Taufiq Rahman

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
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	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Penyusun Beton	5
2.2.1 Semen Portland	6
2.2.2 Agregat halus	7
2.2.3 Agregat Kasar	8
2.2.4 Air	9
2.2.5 Styrofoam	10
2.2.6 Tamcem 60 RA-Normet	11
2.3 Uji <i>Slump Test</i>	12
2.4 Kuat Tekan Beton	13
2.5 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian Umum	17

3.2	Tahapan Penelitian	17
3.3	Lokassi dan Waktu Penelitian	20
3.4	Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data	20
3.4.1	Data Primer	20
3.4.2	Data Skunder	20
3.5	Rancangan Penelitian	21
3.5.1	Desain Benda Uji	21
3.5.2	Peralatan Pembuatan Benda Uji	22
3.5.3	Bahan Pembuatan Benda Uji	23
3.6	Pemeriksaan Agregat	25
3.6.1	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar dan Halus	25
3.6.2	Pemeriksaaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Halus	26
3.6.3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus	26
3.6.4	Berat Isi Agregat Kasar dan Halus	27
3.7	Perencanaan Campuran <i>Styrofoam</i>	28
3.7.1	Pemeriksaan Berat Volume <i>Styrofoam</i>	28
3.7.2	Pemeriksaaan Berat Jenis dan Penyerapan <i>Styrofoam</i>	28
3.8	Perencanaan Campuran Beton	29
3.9	<i>Mix Design</i>	29
3.10	Pembuatan Benda Uji	38
3.11	Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	39
3.12	Perawatan Benda Uji	39
3.13	Pengujian Kuat Tekan Beton	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	41
4.1.1	Analisa Gradasi Agregat Kasar	41
4.1.2	Kada Lumpur Agregat Kasar	42
4.1.3	Kada Air Agregat Kasar	43
4.1.4	Berat Isi Agregat Kasar	43
4.1.5	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	44
4.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	45
4.2.1	Analisa Gradasi Agregat Halus	45

4.2.2	Kada Lumpur Agregat Halus	47
4.2.3	Kada Air Agregat Halus	47
4.2.4	Berat Isi Agregat Halus	48
4.2.5	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	48
4.3	Perencanaan Campuran Beton	49
4.3.1	Mix Design Beton Normal Mutu Sedang	49
4.3.2	Kebutuhan Bahan	58
4.4	Slump Test	59
4.5	Uji Absorpsi	61
4.6	Kuat Tekan Beton	64
4.6.1	Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	65
4.6.2	Pengujian Kuat Tekan Variasi Styrofoam 0,5%	65
4.6.3	Pengujian Kuat Tekan Variasi Tamcem 1,4%	66
4.6.4	Pengujian Kuat Tekan Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%	66
4.6.5	Pengujian Kuat Tekan Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%	67
4.6.6	Pengujian Kuat Tekan Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%	68
4.6.7	Pengujian Kuat Tekan Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas Gradasi Agregat Halus	7
Tabel 2.2	Spesifikasi Garadasi Aggregat Kasar	9
Tabel 2.3	Waktu Pengujian Kuat Tekan dan Toleransi Terhadap Umur Beton	14
Tabel 3.1	Campuran benda uji dan kode benda uji	21
Tabel 3.2	Peralatan Pembuatan Benda Uji	22
Tabel 3.3	Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji yang tersedia	30
Tabel 3.4	Nilai tambah margin	30
Tabel 3.5	Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia	32
Tabel 3.6	Perkiraan kadar air bebas	33
Tabel 3.7	Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum	34
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	41
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	42
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	43
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	43
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	44
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus	45
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	47
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	47
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	48
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	48
Tabel 4.11	Mix Design Beton Norma; Mutu Sedang	49
Tabel 4.12	Nilai Deviasi Standar	51
Tabel 4.13	Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	51
Tabel 4.14	Perkiraan Kadar Air Bebas (SNI 03-2834,200)	53
Tabel 4.15	Koreksi Proporsi Campuran Benda uji	57
Tabel 4.16	Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran Beton Untuk 1 Kali adukan (3 Benda Uji)	58
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Slump Test	60

Tabel 4.18	Uji Absorbsi Beton Normal	61
Tabel 4.19	Uji Absorbsi Variasi Styrofoam 0,5%	61
Tabel 4.20	Uji Absorbsi Variasi Tamcem 1,4%	62
Tabel 4.21	Uji Absorbsi Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%	62
Tabel 4.22	Uji Absorbsi Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%	62
Tabel 4.23	Uji Absorbsi Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%	63
Tabel 4.24	Uji Absorbsi Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%	63
Tabel 4.25	Kuat Tekan Beton Normal	65
Tabel 4.26	Kuat Tekan Beton Variasi Styrofoam 0,5%	65
Tabel 4.27	Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,4%	66
Tabel 4.28	Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%	67
Tabel 4.29	Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%	67
Tabel 4.30	Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%	68
Tabel 4.31	Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%	68
Tabel 4.32	Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Beton	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kerucut Abrams	13
Gambar 2.2	Kuat Tekan Beton	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2	Semen Portland Tipe 1	23
Gambar 3.3	Agregat Halus	23
Gambar 3.4	Agregat Kasar	24
Gambar 3.5	Air	24
Gambar 3.6	<i>Styrofoam</i>	24
Gambar 3.7	<i>Tamcem 60 RA – Normet</i>	25
Gambar 3.8	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen	32
Gambar 3.9	Batas Gradasi Agregat Sedang	35
Gambar 3.10	Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm	36
Gambar 3.11	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	36
Gambar 3.12	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	37
Gambar 3.13	Benda Uji Silinder	39
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Agregat Kassar	42
Gambar 4.2	Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2)	46
Gambar 4.3	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton Silinder 15x30 cm	52
Gambar 4.4	Persentase Agregat Halus (Ukuran Butir Maks 40 mm)	54
Gambar 4.5	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton	55
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Nilai Slump Test	60
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Absorpsi Beton	64
Gambar 4.8	Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton	70
Gambar 4.9	Grafik Nilai Kuat Kuat Tekan Rata-Rata Beton	71

DAFTAR NOTASI

f_c'	= Kuat tekan beton	(MPa)
P	= Beban tekan	(N)
A	= Luas penampang	(mm ²)
P	= Kadar air benda uji	(%)
w_1	= Massa benda uji	(gr)
w_2	= Massa benda uji kering oven	(gr)
A	= Berat benda uji kering oven	(gr)
B	= Berat piknometer berisi garam	(gr)
C	= Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	(gr)
S	= Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	(gr)
w_3	= Berat contoh	(gr)
w_2	= Berat wadah	(gr)
w_1	= Berat contoh dan wadah	(gr)
V	= Volume wadah	(cm ³)
x_i	= Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji	(MPa)
$\bar{x}$	= Kuat tekan beton rata-rata	(Mpa)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut SNI-2847-2019, beton atau concrete adalah campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa campuran atau bahan tambahan. Seiring bertambahnya usia beton akan semakin mengeras setelah itu mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari.

Pemanfaatan limbah styrofoam dalam campuran beton telah menjadi topik yang semakin menarik dalam dunia konstruksi dan lingkungan. Styrofoam, yang juga dikenal sebagai polistirena ekstrusi, adalah jenis polimer polistirena yang digunakan dalam berbagai produk, terutama sebagai bahan isolasi dalam konstruksi. Namun, salah satu masalah utama dengan styrofoam adalah sifatnya yang tidak mudah terurai, yang dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dengan benar (Fadilah et al., 2023).

Penggunaan limbah styrofoam dalam campuran beton telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengurangi dampak lingkungan dari pembuangan styrofoam yang tidak terurai. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian dan eksperimen telah dilakukan untuk memahami bagaimana styrofoam dapat digunakan sebagai salah satu bahan tambahan dalam campuran beton, dengan tujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik beton sambil mengurangi penggunaan bahan baku alam. (Kusnadi, 2011)

Pemanfaatan limbah styrofoam dalam campuran beton bukan hanya mengurangi jumlah limbah yang mencemari lingkungan, tetapi juga membuka pintu menuju berbagai manfaat teknis dan ekonomis. Dengan menggunakan styrofoam sebagai agregat pengganti sebagian dari pasir atau kerikil dalam campuran beton, dapat diperoleh beton dengan massa jenis yang lebih rendah, sehingga mengurangi beban struktural dan kebutuhan akan bahan baku yang lebih berat. Selain itu, campuran beton dengan styrofoam dapat meningkatkan sifat isolasi termal beton, yang dapat memberikan efisiensi energi pada bangunan. Namun, seperti halnya inovasi pada umumnya, pemanfaatan limbah styrofoam

dalam campuran beton juga menghadapi sejumlah tantangan, seperti kekuatan mekanis campuran, daya tahan terhadap cuaca ekstrem, dan pengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi untuk mengoptimalkan proporsi dan proses produksi campuran beton ini (Damayanti, 2022)

Tamcem 60 RA adalah superplasticizer generasi baru untuk beton. Mengandung polimer eter polikarboksilat mutakhir dan diformulasikan secara khusus untuk menghasilkan pengurangan air yang sangat tinggi, meningkatkan kemampuan kerja, dan menawarkan retensi kemerosotan yang unggul. Campuran ini adalah cairan non-klorida yang telah diformulasikan untuk mematuhi persyaratan EN 934-2 (Tabel 3.1 dan 3.2) dan ASTM C 494 untuk campuran superplasticizer pengurang air/superplasticizer rentang tinggi Tipe F. *Tamcem 60 RA* kompatibel dengan semua semen yang memenuhi standar internasional yang diakui (Normet, 2018)

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perlu dilakukan penelitian bagaimana pemanfaatan limbah styrofoam jika digunakan sebagai campuran agregat kasar dan penambahan bahan kimia *Tamcem 60 RA* terhadap campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapat beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh dan persentase styrofoam sebagai campuran agregat halus dan *Tamcem 60 RA* sebagai bahan tambah kimia dalam campuran beton terhadap kuat tekan pada benda uji silinder ?
2. Bagaimana hasil perbandingan antara beton normal dan beton yang menggunakan campuran styrofoam dan *Tamcem 60 RA*?

1.3 Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan diantaranya :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Metode perencanaan campuran beton menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia).
3. Penelitian ini berfokus pada uji kuat tekan.
4. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe I dengan merek Padang.
5. Agregat halus yang di pakai adalah pasir sungai di Binjai, air yang digunakan berasal dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sedangkan agregat kasar yang dipakai adalah krikil dan cangkang kemiri.
6. Persentase *styrofoam* yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,5% dari berat agregat halus.
7. Persentase *Tamcem 60 RA* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 0,8%, 1%, 1,2% dan 1,4% dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton, masing-masing variasi sebanyak 3 (tiga) buah.
8. Kuat tekan rencana (f_c') yang digunakan adalah 25 MPa.
9. Jumlah seluruh benda uji adalah 21 buah.
10. Benda uji berupa cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
11. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh styrofoam sebagai campuran agregat halus dan *Tamcem 60 RA* sebagai bahan tambah kimia dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan antara beton normal dengan beton yang menggunakan campuran styrofoam dan *Tamcem 60 RA*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bahwa limbah styrofoam dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* terhadap campuran beton dapat memberikan peningkatan mutu beton. Hal ini dikarenakan banyaknya limbah *styrofoam* yang pemanfaatannya belum optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Pembangunan dalam bidang konstruksi di era modern menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, antara lain dalam pembangunan perumahan, perkantoran, rumah sakit dan lain sebagainya. Beton sebagai bahan bangunan sudah lama digunakan dan diterapkan secara luas oleh masyarakat karena memiliki keunggulan- keunggulan dibandingkan material struktur lainnya yakni memiliki kekuatan yang baik, tahan api, tahan terhadap perubahan cuaca, serta relatif mudah dalam pengerjaan (Ala & Arruan, 2017)

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuata (Ahmad et al., 2009).

Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton (Pane et al., 2015).

Beton pada umumnya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan lainnya bila diperlukan. Namun seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, bahan penyusun beton juga dapat berubah atau

bercampur dengan bahan organik maupun anorganik seperti plastik dan bahan limbah lainnya (Zulkarnain, 2023).

Agar kualitas beton yang di hasilkan baik dinilai dari spesifikasi material yang memenuhi standarisasi yang berlaku. Oleh karena itu diperlukan perencanaan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang di butuhkan dalam melakukan mix design juga perlu di perhatikan dalam adukan beton untuk menghindari terjadinya segregasi dimana Kekuatan beton ditentukan dari padat tidaknya campuran bahan penyusun beton.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1998). Material pembentuk beton terdiri dari agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), bahan pengikat (semen PPC), dan air.

2.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis, semen Portland adalah semen yang diperoleh dengan mencampur bahan-bahan yang mengandung kapur, membakarnya pada temperature yang mengakibatkan terbentuknya klinker dan kemudian menghaluskan klinker dengan gips sebagai bahan tambahan (Passa & Safitri, 2021).

Semen portland berfungsi sebagai pengikat butiran agregat kasar, agregat halus, apabila ditambah dengan air sehingga menjadi satu kesatuan yang disebut beton segar. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan (SNI-15-2049-2004, 2004).

Menurut (SNI-15-2049-2004, 2004) semen portland terbagi dalam beberapa jenis, antara lain:

- a. Jenis I, yaitu semen portland digunakan untuk umum dan tidak membutuhkan persyaratan khusus seperti jenis semen portlan lainnya.

- b. Jenis II, yaitu semen portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap bahan kimia seperti sulfat dan kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III, semen portland yang penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada saat permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, semen portland yang penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V, semen portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan batuan atau berupa pasir buatan yang dihasil oleh alat-alat pemecah batu (Dewi & Purnomo, 2016).

Menurut (SNI 03-2834, 2000) Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir Halus : Ø 0 – 1 mm
- Pasir Kasar : Ø 0 – 5 mm

Tabel 2.1: Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834, 2000)

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus

2.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS. 812, 1976). Dapat berupa krikil, pecahan krikil dan batu pecah yang bersumber pada batu gunung maupun batu sungai. (Dewi & Purnomo, 2016)

Kekerasan agregat kasar dapat di uji dengan mesin pengaus Los Angeles dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%. Dalam hal ini agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton memiliki karakteristik tersendiri.

Menurut (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
4. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

Menurut (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm. Adapun spesifikasi gradasi agregat kasar menurut sni (SNI 03-2834-2000) dijelaskan melalui tabel 2.2

Tabel 2.2: Spesifikasi Garadasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100

2.2.4 Air

Air merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang berfungsi sebagai pasta pengikat agregat (Siswanto, 2019).

Menurut (ACI 318-89:2-2) Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, tidak boleh mengganggu minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*). Jumlah air yang terikat dalam beton dengan faktor air-semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat: semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposisi mineral semen, jumlah air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35-37% dari berat semen (Zulkarnain, 2021).

Menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971), syarat- syarat air untuk beton adalah: (Panennungi & Pertiwi, 2013)

- a. Air tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam- garam, bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan.

- b. Apabila ada keraguan tentang air, dianjurkan membawa contoh air tersebut ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan untuk diuji/test.
- c. Apabila pemeriksaan di lembaga tersebut tak dapat dilakukan, maka air dapat dipakai asalkan campuran semen ditambah air yang memakai air kekuatan tekan paling sedikit 90% dari kekuatan semen ditambah air suling pada umur umur 7 hari dan 28 hari.

2.2.5 *Styrofoam*

Styrofoam atau plastik busa masih termasuk golongan plastik. Plastik adalah senyawa polimer dengan bentuk molekul sangat besar (Harahap et al., 2022). Umumnya *Styrofoam* berwarna putih, dan memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatann rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antara butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas (Eko Tarihoran et al., 2020)

Styrofoam adalah sebuah bahan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, tetapi mungkin tidak semua orang tahu secara pasti apa itu dan bagaimana bahan ini dibuat. Styrofoam atau foam polysterene adalah bahan yang dibentuk dari polysterene dengan cara menghembuskan udara pada polysterene dalam kondisi panas sehingga menghasilkan foam dengan kandungan udara mencapai 95 % sehingga berat satuan styrofoam cukup rendah berkisar antara 15 – 22 Kg/m³. Beton styrofoam merupakan salah satu beton ringan yang dibentuk dengan menggunakan material ringan berupa butiran styrofoam. beton styrofoam dapat dibentuk dari campuran semen, agregat halus dan butiran styrofoam atau semen, agregat halus, agregat kasar dan butiran styrofoam. Styrofoam yang ditambahkan ke dalam campuran beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Keuntungan penggunaan styrofoam sebagai pembentuk styrofoam dibandingkan pemasukan udara dalam beton adalah styrofoam memiliki kekuatan tarik dan jumlahnya dapat dikontrol (Satyarno, 2004).

Dampak styrofoam terhadap lingkungan juga meliputi masalah pencemaran air dan udara. Saat styrofoam membusuk di tempat pembuangan sampah, ia dapat melepaskan zat kimia berbahaya ke dalam air tanah dan air permukaan, mengancam kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Selain itu, pembakaran styrofoam juga

dapat menghasilkan gas beracun seperti styren dan benzene yang dapat mencemari udara (Imron Alfarisy, 2014). Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memahami pengertian styrofoam serta dampaknya terhadap lingkungan. Upaya - upaya untuk mengurangi penggunaan styrofoam dan mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan sangat penting untuk menjaga keberlanjutan lingkungan hidup kita. Dengan demikian, kita dapat mengurangi dampak negatif styrofoam dan bergerak menuju solusi yang lebih berkelanjutan untuk kebutuhan kita akan material pengemasan dan konstruksi.

Selain ringan styrofoam juga memiliki kemampuan menyerap air yang sangat kecil (kedap air). Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan styrofoam dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah styrofoam mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang rapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah styrofoam yang digunakan dalam beton untuk memperoleh beton dengan berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah (Ketut & Sudarsana, 2009).

2.2.6 *Tamcem 60 RA - Normet*

Tamcem 60 RA - Normet Adalah *hyperplasticizer* generasi baru untuk beton. Ini mengandung polimer eter polikarboksilat canggih dan diformulasikan secara khusus, meningkatkan kemampuan kerja dan menawarkan retensi kemerosotan yang unggul. Ini adalah campuran cair non-klorida yang telah di formulasikan untuk memenuhi persyaratan EN 934-2 dan ASTM CX 494 untuk campuran pereduksi air/ superplastisasi jarak tinggi tipe F, yang dalam penggunaannya untuk penambahan campuran adukan, sehingga menghasilkan kuat tekan beton yang tinggi. *Tamcem 60 RA* kompatibel dengan semua semen yang memenuhi standar internasional yang diakui. *Tamcem 60 RA* didasarkan pada teknologi kopolimer polikarboksilat serbaguna. Struktur molekul rantai panjangnya yang unik meningkatkan dispersi partikel semen, melalui tolakan elektrostatis ganda,

sedangkan superplasticizer berbasis BNS dan SMF konvensional, hanya akan mengalami tolakan tunggal. Retensi kemerosotan superior dicapai dengan peningkatan kepadatan cangkok rantai samping (Ananda Muhamad Tri Utama, 2022).

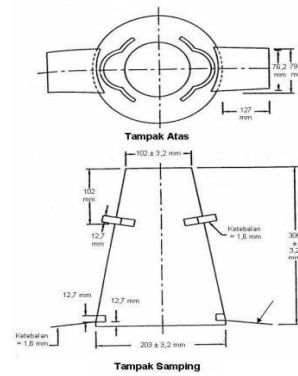
Tamcem 60 RA memerlukan dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan superplasticizer konvensional tetapi memberikan karakteristik kemampuan kerja yang ekstrim untuk beton dengan slump tinggi, dapat mengalir, dan dapat memadatkan sendiri dengan kebutuhan air yang sangat berkurang. Normet Tamcem 60 ra Additive berbentuk liquid (cairan), berwarna cenderung jernih bersifat kental seperti sirup.

Adapun manfaat utama dari *Tamcem 60 RA* adalah sebagai berikut:

1. Pengurangan air yang tinggi yang memberikan kekuatan awal dan akhir yang tinggi, permeabilitas rendah dan daya tahan beton yang tinggi.
2. Kemampuan alirnya yang tinggi memudahkan penempatan dan pemadatan.
3. Kohesi yang sangat baik, tidak ada segregasi dan kebocoran air minimal dengan tingkat kemampuan kerja beton yang sangat tinggi.
4. Retensi kemerosotan yang luar biasa, penempatan dan kontrol pengiriman yang lebih mudah terutama dalam kondisi iklim hangat kondisi.

2.3 Uji Slump Test

Pengujian slump test dilakukan pada sampel yang menggunakan zat *additive*. Pengujian slump test dilakukan pada beton segar dengan menggunakan kerucut Abrams dengan tinggi kerucut 305 mm. Benda uji akan dimasukkan kedalam 3 lapisan kemudian di isi dengan kerucut $\frac{1}{3}$ dari tinggi kerucut. Setiap lapisan kemudian dipadatkan dengan tongkat penusuk yg terbuat dari baja sebanyak 25 kali. Cara ini dilakukan untuk memastikan sampel memadat tanpa ada rongga-rongga yang terisisa. Setelah kerucut abrams penuh kemudian diratakan dengan sendok semen dan kerucut abrahms diangkat secara vertikal ke atas kemudian mengukur perbandingan tinggi kerucut dan sampel yang di uji .Proses uji slump test telah di jelaskan pada (SNI 03-1972., 1990). Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui nilai viscosity pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut. Berikut merupakan gambar kerucut Abrams.



Gambar 2.1: Kerucut Abrams
Sumber : (SNI 1972, 2008)

2.4 Kuat Tekan Beton

Beton merupakan material yang getas, ketika mengalami pembebanan impact, sering terjadi keretakan dan keretakan parah pada permukaan depan dan belakang (Maho et al., 2017). Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dan perbandingan semen, air, agregat dan berbagai jenis campuran. Faktor utama yang menjadi penentuan tekan beton adalah perbandingan air terhadap semen (Candra et al., 2020). Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui SNI-1974-2011 tentang cara uji kuat tekan dengan benda uji silinder (Dzikri & Firmansyah, 2018).

Menurut Peraturan Beton Indoensia (PBI- 1971, diperbaiki dengan SK SNI T- 15-1991-03 dan SNI 03-2847-2000), kuat tekan beton dinotasikan dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton no struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
- Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktural (misalnya: balok, kolom, pelat, maupun pondasi).
- Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa keatas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Kuat tekan beton dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut yaitu:

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

Dimana :

f_c' = Kuat Tekan Saat Pengujian (kg/cm²)

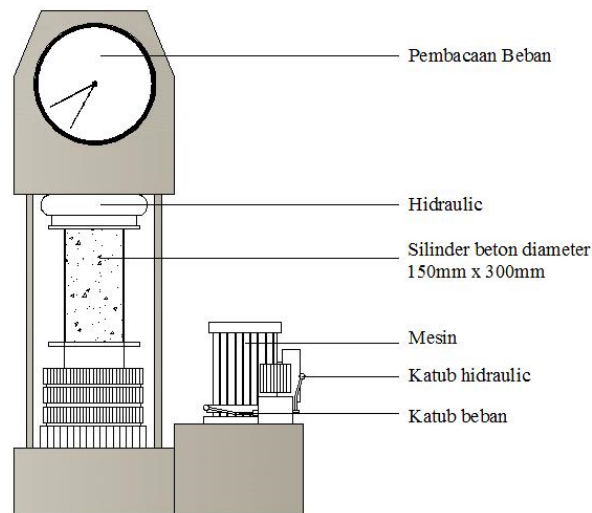
P = Beban Tekan (Kg)

A = Luas Penampang (cm²)

Pada Tabel 2.8 Mengajukan agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM-C39, 1993)

Tabel 2.3: Waktu Pengujian Kuat Tekan Yang Di Toleransi Terhadap Umur Beton (ASTM-C39, 1993)

Umur Pengujian	Toleransi Waktu Yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %



Gambar 2.2: Kuat Tekan Beton
(Sumber: researchget.net)

2.5 Penelitian Terdahulu

1. Pada penelitian (Sipil, 2020) yang berjudul Pengaruh bahan tambah plasticizer pada beton mutu tinggi dengan semen PCC. Menunjukkan mutu beton yang diperoleh dengan menggunakan semen PCC merek Tonasa tanpa menggunakan bahan tambah *Tamcem 60 RA* adalah 40,11 MPa. Sedangkan untuk beton dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* kadar 0.9% menghasilkan kuat tekan 45,16 MPa dan untuk beton dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* kadar 1,1% menghasilkan kuat tekan 50,13 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa bahan tambah *Tamcem 60 RA* dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan pengurangan air hingga 40%. Hal ini menunjukkan fungsi bahan tambah *Tamcem 60 RA* yaitu pengurangan air dalam jumlah besar dan menghasilkan kepadatan yang tinggi dimana beton memiliki pori yang kecil sehingga menghasilkan berat volume dan kuat tekan yang besar
2. Pada penelitian (Ananda Muhamad Tri Utama, 2022) yang berjudul Analisa Pengaruh Campuran Beton (*Addive*) *Normet Tamcem 60 RA* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Dengan persentase penambahan 0%, 2,5%, 5%, 7,5%. Dari penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton yang tertinggi pada persentase campuran zat adiktif 5% yaitu 270,322 Kg/cm², Nilai kuat tekan beton terendah pada persentase 0% 234,078 cm². Dapat diambil kesimpulan pada penelitian ini

yaitu semakin banyak penambahan zat adiktif normet tamcem 60 ra yang di pakai semakin naik nilai kuat tekan beton dan jika melebihi dari persentase 5% maka mutu kuat tekan beton mengalami penurunan di persen 7,5% berdasarkan hasil dari pengujian di laboratorium institut teknologi padang.

3. Pada penelitian (Ra, 2011) yang berjudul Pengaruh Pengurangan Jumlah Semen pada Beton K-300 yang Ditambah *Tamcem 60 RA*. Campuran beton penambahan *Tamcem 60 RA* dengan variasi pengurangan semen 5%, 10% dan 15% yang dibuat berbentuk silinder sebanyak 45 sampel, Beton dirawat selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Hasil Pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari pengurangan semen 5% didapat nilai yang sama dengan beton normal, dan untuk pengurangan semen 10% dan 15% didapatkan 2,81% dan 3,23% yang lebih rendah dibandingkan beton normal.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian Umum

Metode yang digunakan pada penelitian pembuatan benda uji beton dengan menambahkan *Styrofoam* dan *Tamcem 60 RA* ini adalah metode experimental. Adapun variasi jumlah *Styrofoam* yang akan digunakan adalah 0,5%. Sedangkan variasi *Tamcem 60 RA* yang digunakan 0%, 0,8%, 1% dan 1,2%. Benda uji akan dicetak dalam bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan masing-masing variasi akan dicetak sebanyak 3 buah sampel untuk pengujian kuat tekan beton. Beton akan diuji pada saat umur beton mencapai 28 hari.

Persiapan material merupakan langkah awal dalam melaksanakan penelitian ini, setelah semua persiapan dilakukan baru dapat melakukan pengujian material, pengujian material mencakup keseluruhan bahan dalam pembuatan beton yaitu pengujian material agregat halus, pengujian material agregat kasar, pengujian material semen, pengujian air, *Styrofoam* dan *Tamcem 60 RA* sebagai bahan tambah dalam penelitian pembuatan campuran untuk memperkuat nilai kuat tekan beton.

3.2 Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Persiapan peralatan yang akan digunakan dan pengujian material utama pembuatan benda uji beton (Agregat kasar, Agregat halus, Semen Portland dan Air) yang akan dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan susun beton apakah telah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau belum apabila digunakan dalam pencampuran beton (mix design).

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (mix design) dilakukan mengacu pada SNI 03- 2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari mix design ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
- c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder
- d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.

5. Perawatan Benda Uji

Perawatan pada beton dilakukan pada saat beton telah di cetak selama 24 jam kemudian beton akan di rendam dalam bak berisi air sesuai umur beton yaitu 28 hari. Kemudian beton diangkat dari bak perendam sesuai umur beton dan akan di keringkan

6. Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji yang telah di rendam sesuai umur nya kemudian diangkat dan dikeringkan kembali selama 24 jam. Setelah itu pengujian kuat tekan dapat di lakukan

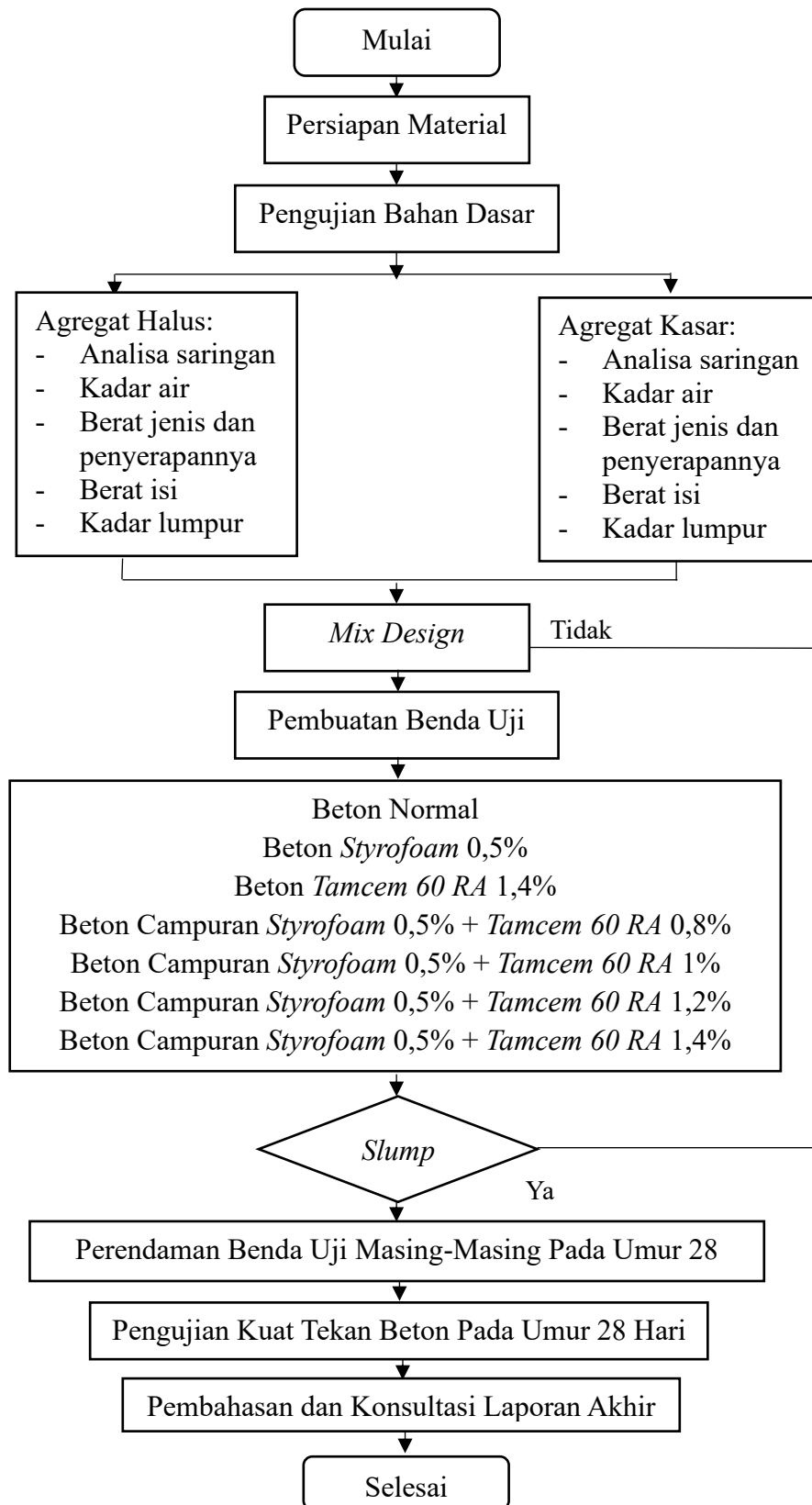
7. Analisis Data dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

8. Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Dalam tahapan ini data yang sudah dianalisis dibuat suatu kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain itu di buat juga saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk pengerjaan pembuatan beton, perendaman. Pengerjaan uji kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Sumatera utara.. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih selama 3 bulan.

3.4 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 03-2834-2000).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
9. Uji absorpsi (SNI 03-6433-2000)
10. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011).
11. Uji modulus elastisitas beton (ASTMC-469 02)

3.4.2 Data Skunder

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

3.5 Rancangan Penelitian

3.5.1 Desain Benda Uji

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 21 buah benda uji, dengan campuran beton dan pembagian seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1: Campuran benda uji dan kode benda uji

No.	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	<i>Styrofoam</i>	<i>Tamcem 60 RA</i>	Jumlah Sampel
1	BN	100%	100%	0%	0%	3
3	BSY	100%	99,5%	0,5%	0%	3
2	BTM	100%	100%	0%	1,4%	3
4	BSTM 0,8%	100%	99,5%	0,5%	0,8%	3
5	BSTM 1%	100%	99,5%	0,5%	1%	3
6	BSTM 1,2%	100%	99,5%	0,5%	1,2%	3
7	BSTM 1,4%	100%	99,5%	0,5%	1,4%	3
Jumlah Sampel						21

Dimana:

BN : Beton Normal.

BSY : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus.

BTM : Beton dengan campuran *Tamcem 60 RA* 1,4% dari berat semen.

BSTM 0,8% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Superplasticizer Tamcem 60 RA* sebanyak 0,8% dari berat semen.

BSTM 1% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Superplasticizer Tamcem 60 RA* sebanyak 1% dari berat semen.

BSTM 1,2% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Superplasticizer Tamcem 60 RA* sebanyak 1,2% dari berat semen.

BSTM 1,4% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Superplasticizer Tamcem 60 RA* sebanyak 1,4% dari berat semen.

3.5.2 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.2, dan Gambar benda uji silinder dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2: Peralatan Pembuatan Benda Uji

No.	Nama Alat	Fungsi
1	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tarik belah beton
2	Saringan Agregat Kasar	Memisahkan agregat kasar sesuai ukuran
3	Saringan Agregat Halus	Memisahkan agregat halus sesuai ukuran
4	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji
5	Oven	Mengeringkan agregat kasar dan halus
6	Gelas Ukur	Mengukur takaran air dan <i>Tamcem 60 RA</i>
7	Kerucut Abrams	Untuk menguji <i>Slump Test</i>
8	Mixer Beton	Untuk membuat campuran atau adonan beton
9	Pan	Sebagai alas saat melakukan <i>Slump test</i>
10	Bak Perendaman	Untuk merendam benda uji
11	Alat Tulis	Menulis atau menandai benda uji
12	Triplek 1x2 m	Alas dalam pengujian <i>slump test</i>
13	Ember	Wadah agregat
14	Sendok Semen	Meratakan campuran beton saat dimasukkan kedalam cetakan
15	Sekop	Mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan
16	Skrup	Meratakan campuran beton
17	Penggaris	Mengukur <i>slump</i>
18	Masker	Melindungi pernapasan dari debu
19	Sarung Tangan	Melindungi kulit
20	Timbangan	Menimbang benda uji
21	Tongkat Penumbuk	Memadatkan benda uji
22	Plastik	Sebagai wadah agregat yang telah di saring

3.5.3 Bahan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen Portland tipe I. Pengamatan yang dilakukan terhadap semen berupa kondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen atau butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.



Gambar 3.2: Semen Portland Tipe 1

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 4. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3.3: Agregat Halus

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 1,5. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3.4: Agregat Kasar

4. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang digunakan pada penelitian ini untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen sehingga dapat mengikat agregat dan perawatan pada beton setelah di cor.



Gambar 3.5: Air

5. *Styrofoam*

Bahan tambah sebagian pengganti agregat halus yang di gunakan dalam penelitian ini adalah *styrofoam*.



Gambar 3.6: *Styrofoam*.

6. *Tamcem 60 RA - Normet*

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Tamcem 60 RA* yang diperoleh langsung dari perusahaan Normet Construction Chemical.



Gambar 3.7: *Tamcem 60 RA - Normet.*

3.6 Pemeriksaan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan agregat menggunakan panduan dari SNI dan laporan praktikum beton program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai acuan dalam tata cara pembuatan beton.

3.6.1 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar dan Halus

A. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Rumus

- Berat sampel SSD + berat wadah (W_1)
- Berat sampel kering oven + berat wadah (W_2)
- Berat wadah (W_3)
- Berat air = ($W_1 - W_2$)
- Kadar air = $\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat sampel kering oven}} \times 100\%$ (3.1)

B. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Rumus

- Berat sampel SSD + berat wadah (W_1)
- Berat sampel kering oven + berat wadah (W_2)

- Berat wadah (W_3)
- Berat air = ($W_1 - W_2$)
- Kadar air = $\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat sampel kering oven}} \times 100\%$ (3.2)

3.6.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Halus

A. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Rumus

- Berat sampel kering (A).
- Berat sampel kering setelah dicuci (B).
- Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(C) = A – B
- Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(D) = $\frac{C}{A} \times 100\%$

B. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Rumus

- Berat sampel kering (A).
- Berat sampel kering setelah dicuci (B).
- Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(C) = A – B (3.3)

- Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(D) = $\frac{C}{A} \times 100\%$ (3.4)

3.6.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

A. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Rumus

- Bulk grafit dry (Berat jenis Kering) = $\frac{C}{(A-B)}$ (3.5)

- Bulk grafit SSD (Berat Jenis SSD) = $\frac{A}{(A-B)}$ (3.6)

$$\text{Apparent Specific Gravity (Berat Jenis Semu)} = \frac{c}{(A-B)} \quad (3.7)$$

$$\text{Absorbtion (Penyerapan)} = \frac{c}{(A-B)} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan :

A = Berat sampel SSD kering permukaan jenuh

B = Berat sampel SSD jenuh

C = Berat sampel SSD kering oven

B. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Rumus

$$\text{Bulk grafity dry (Berat jenis Kering)} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.9)$$

$$\text{Bulk grafity SSD (Berat Jenis SSD)} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.10)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity (Berat Jenis Semu)} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.11)$$

$$\text{Absorbtion (Penyerapan)} = \frac{B-E}{(E)} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

B = Berat sampel SSD kering permukaan jenuh

C = Berat sampel SSD di dalam piknometer penuh air

D = Berat piknometer penuh air

E = Berat sampel SSD kering oven

3.6.4 Berat Isi Agregat Kasar dan Halus

A. Berat Isi Agregat Kasar

Rumus

- Berat agregat + berat wadah (W_1)

- Berat wadah (W_2)

- Berat agregat ($W_3 = W_1 - W_2$)

- Volume Wadah = (V)

$$\text{Berat Isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.13)$$

B. Berat Isi Agregat Halus

Rumus

- Berat agregat + berat wadah (W_1)
- Berat wadah (W_2)
- Berat agregat (W_3) = ($W_1 - W_2$)
- Volume Wadah = (V)
- Berat Isi = $\frac{W_3}{V}$ (3.14)

3.7 Pemeriksaan Terhadap Styrofoam

Pada penelitian ini digunakan *Styrofoam* yang memiliki ukuran butiran sebesar 3mm-40mm. *Styrofoam* diperoleh dari PT. Golgon medan yang merupakan salah satu produsen kemasan dari *Styrofoam* yang berda di wilayah Sumatera Utara.

3.7.1 Pemeriksaan Berat Volume Styrofoam

- Berat Vulum Agregat $= \frac{W_2 - W_1}{V}$ (3.15)

Keterangan :

W_1 = Berat mould (kg)

W_2 = Berat mould + benda uji (kg)

V = Volume mould (lt)

3.7.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Styrofoam

- Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Grafity*)
 $= \frac{Bk}{(Bk - Ba)}$ (3.16)

- Berat Jenis curah (*Bulk Specific Grafity On Dry Basic*)
 $= \frac{Bk}{(Bj - Ba)}$ (3.17)

- Berat Jenis dalam keadaan SSD (*Bulk Specific SSD Basic*)
 $= \frac{Bj}{(Bj - Ba)}$ (3.18)

- Daya serap air (*Prensentase Water Absorption*)
 $= \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$ (3.19)

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)(gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan, jenuh didalam air (gr)

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia). Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.9 Mix Design

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03- 2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.20)$$

Dengan :

S = Deviasi standar

xi = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$ = Kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (3.21)$$

Dengan :

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji.) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- Mewakili bahan - bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$f_c + 12$ Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Menghitung nilai tambah margin

Tabel 3.4: Nilai tambah margin

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5

Lanjutan Tabel 3.4

Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

M adalah nilai tambah 5,7 adalah tingkat mutu pekerjaan baik.

4. Menghitung kuat tekan beton rata rata f_{cr}

Untuk mendapatkan kuat tekan beton rata – rata (f_{cr}) diambil dari point 2 + point 3 (Nilai standar deviasi + Nilai margin)

$$f_{cr} = f'c + M \quad (3.22)$$

f_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu (MPa)

$f'c$ = kuat tekan yang diisyaratkan (MPa)

M = Nilai tambah, MPa

5. Menetapkan jenis semen.

6. Menentukan jenis agregat :

Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, berupa aggregate alami

- Agregat kasar (Batu Pecah)
- Agregat halus (Pasir)

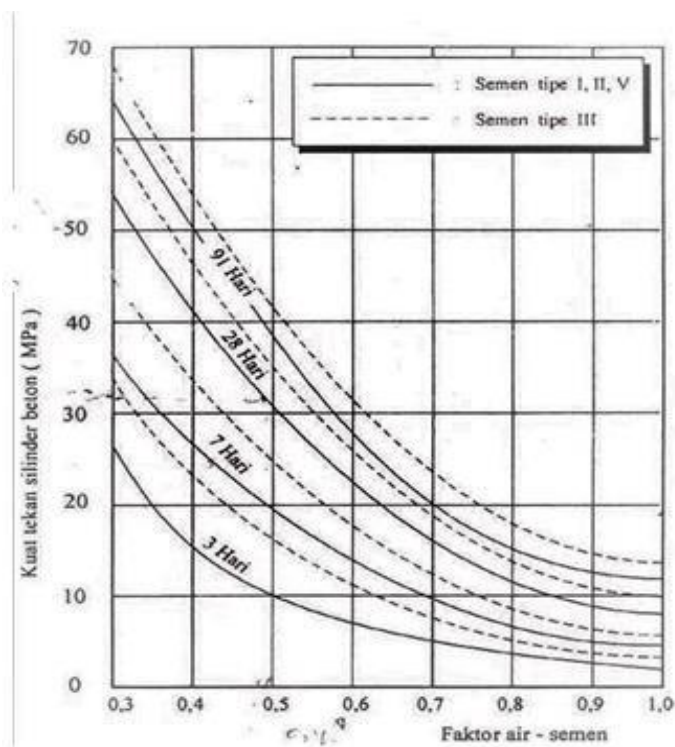
7. Menentukan faktor air semen

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.5. langkah- langkah berikut:

- a. Mentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- b. Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas.
- c. Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 2 secara proporsional.
- d. Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 3 di atas.
- e. Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan.

Tabel 3.5: Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton Dengan Faktor Air Semen Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kakuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen portland Tipe I atau	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
semen tahan sulfat tipe II , V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.8: Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
9. Menetapkan nilai slump.
Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.
10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan. Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
 - Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - Sepertiga dari tebal pelat.
 - Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang.
11. Menentukan nilai kadar air bebas
Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut :
 - Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.6.
 - Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.23)$$

Dengan :

W_h = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Perkiraan kadar air bebas

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-80
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat				
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C, setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.24)$$

Diketahui :

W_{semen} = Jumlah semen (kg/m³)

W_{air} = Kadar air bebas

fas = Faktor air semen bebas

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
 14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.7 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

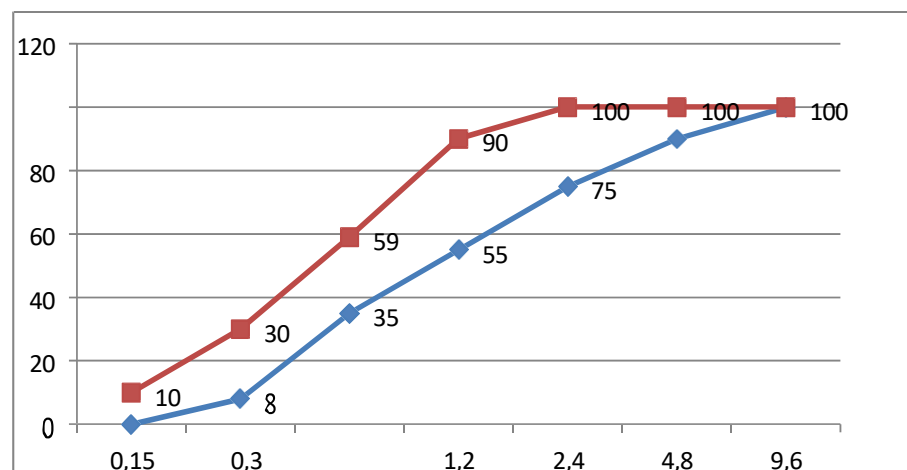
Tabel 3.7: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

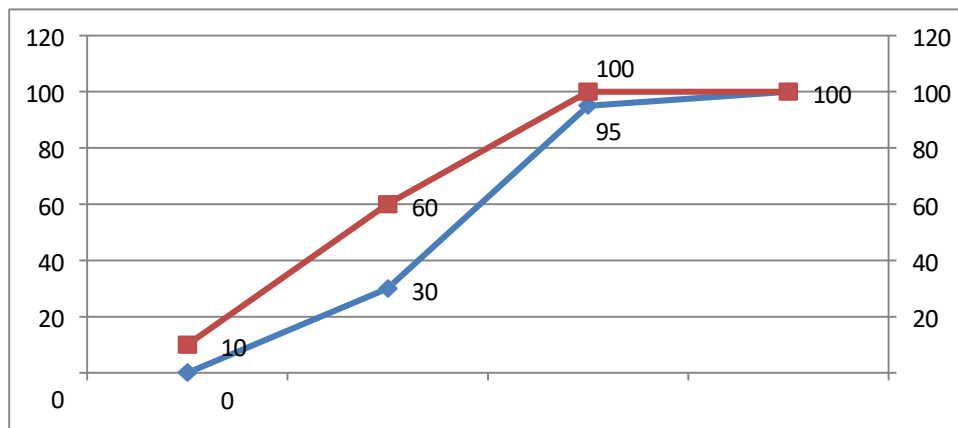
Lanjutan Tabel 3.7

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton masuk ke dalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dankering berganti-ganti. b. Mendapat pengaruh sulfat danalkali dari tanah. Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55

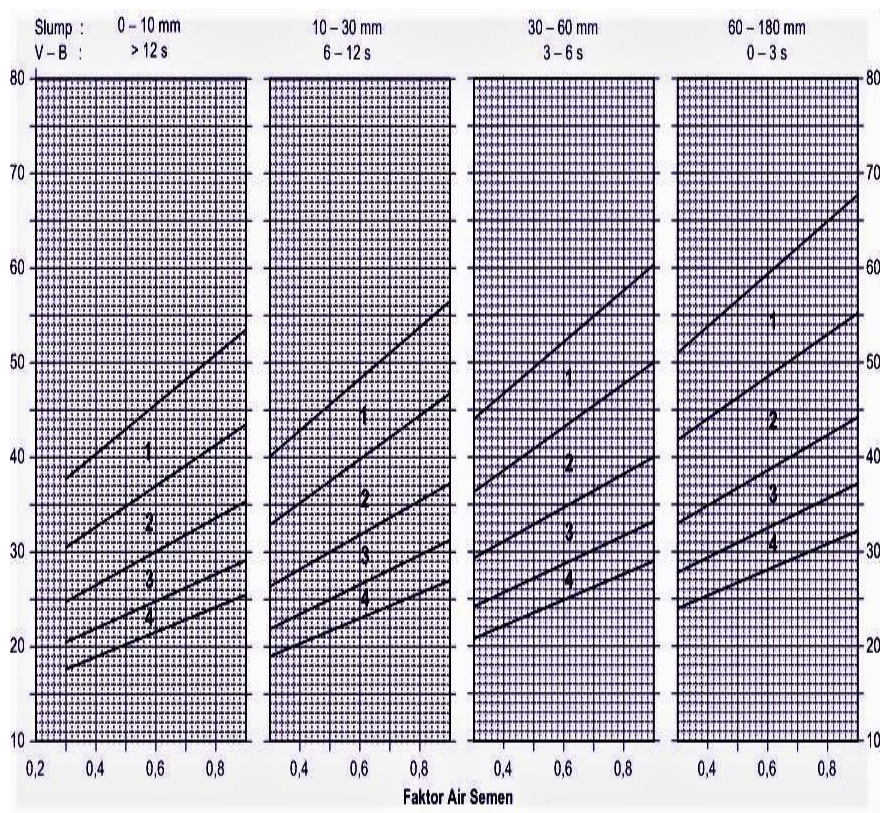
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.9. (ukuran mata ayakan (mm)).



Gambar 3.9: Batas Gradasi Agregat Sedang (Gradasi N0. 2-SNI-03-2834-200)Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar



17. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



18. Menghitung berat jenis relative agregat. Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

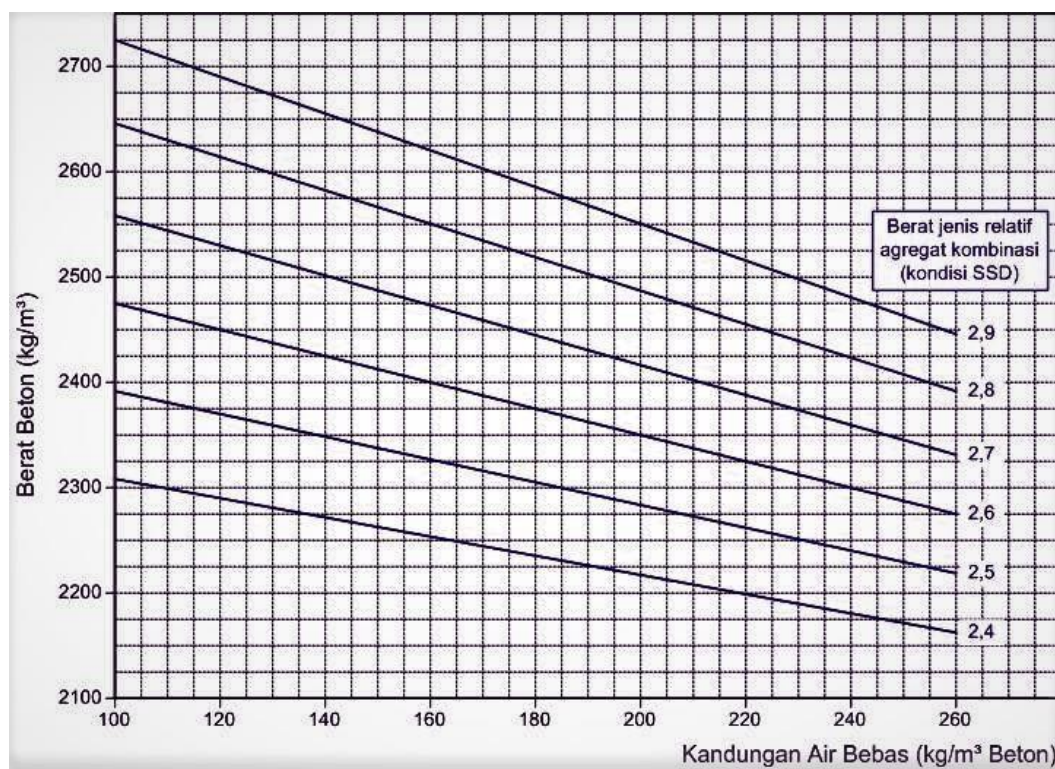
a. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

- agregat tak dipecah : 2,5
- agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

b. Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

Berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar.

19. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.12 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.6 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.12: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

20. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

21. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.

22. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22 dari langkah- langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton.
23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
24. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.
25. Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

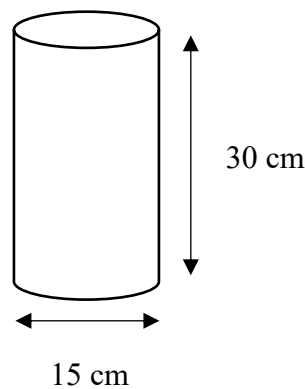
3.10 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 x 30 cm yang berjumlah 21 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran dengan menggunakan Styrofoam dengan bahan tambah Tamcem 60 RA. Benda uji yang dibuat adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 3 yaitu beton normal, beton Styrofoam dan beton Tamcem 60 RA. Langkah-langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

- a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil mix design.
- b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
- c. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
- d. Jika beton variasi yang menggunakan bahan lain seperti Styrofoam, lalu masukkan Styrofoam dengan variasi yang telah di tentukan.
- e. Setelah semua bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- f. Jika variasi yang menggunakan tamcem 60 RA, masukkan sedikit demi sedikit.

- g. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump Test untuk mengukur tingkat workability adukan.
- h. Apabila nilai slump Test telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- i. Diamkan selama 24 jam.
- j. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.



Gambar 3.13: Benda Uji Silinder

3.11 Pemeriksaan Slump Test

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (fresh concrete) untuk menentukan tingkat workabilitynya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target slump rencana sesuai mix design adalah 60-180 mm. Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-2000.

3.12 Perawatan Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, maka cetakan dibuka dan sampel didiamkan terlebih dahulu di ruang dengan suhu ruangan 16-27°C selama 24 jam agar cukup mengeras. Setelah 24 jam dilakukan perawatan dengan cara

perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.

3.13 Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (crack). Langkah-langkah pengujian kuat Tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus. Peneliti memperoleh data material meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm. Dan berdasarkan Acuan SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian ini di dapat nilai analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

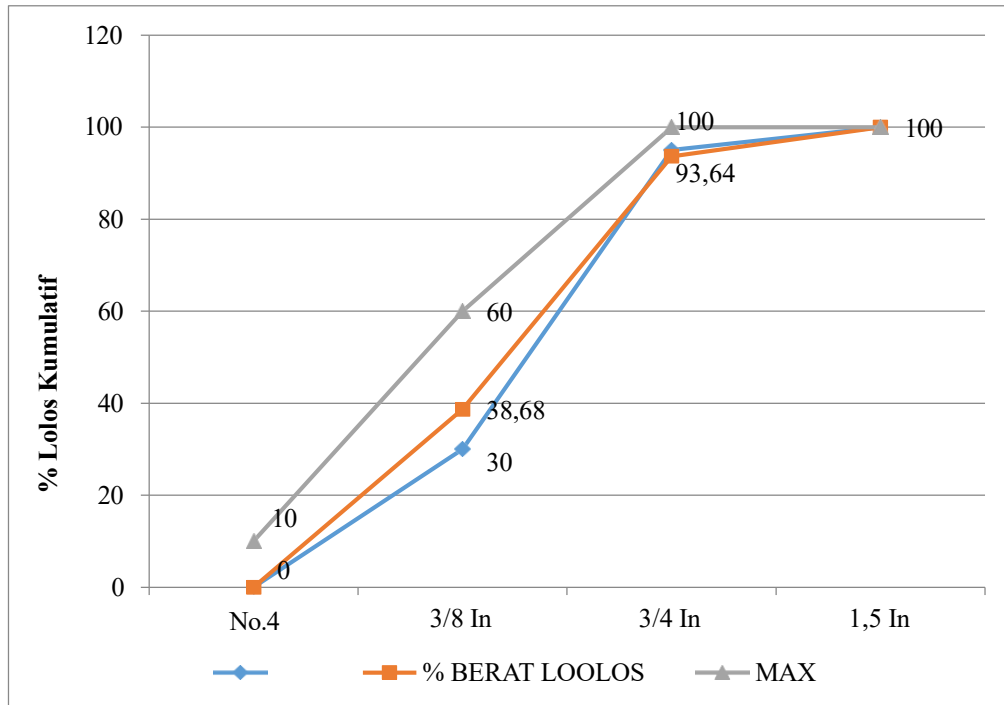
Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sampe I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
38.1 (1,5 In)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 In)	90	69	159	6,36	6,36	93,64
9.52 (3/8 In)	705	669	1374	54,96	61,32	38,68
4.75 (No. 4)	455	512	967	38,68	100	0
Total	1250	1250	2500	100		

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 667,68 %

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100}$$

$$= \frac{667,68}{100}$$

$$= 6,67$$



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 6,67%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.1.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar di dapatkan kadar lumpur agregat sebagai berikut:

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Sampel SSD	gr	1000	1000	1000
Berat SSD setelah dicuci	gr	969	975	972
Berat kotoran lolos saringan	gr	31	25	28
Persentase kotoran	%	3,1	2,5	2,8

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar didapatkan persentase rata-rata sebesar 2,8 %. Nilai ini masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu dicuci kembali.

4.1.3 Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar didapatkan kadar air agregat sebagai berikut:

Tabel 4.3: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	2009	1993
Berat contoh SSD	gr	1500	1500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	2004	1989
Berat wadah	gr	509	493
Berat air	gr	5	4
Berat contoh kering	gr	1495	1496
Kadar air	%	0,33	0,27
Rata-rata		0,30	

Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sampel. Di dapat nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 0,33 % dan sampel 2 sebesar 0,27% sehingga di dapat nilai rata – rata sebesar 0,30

4.1.4 Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat kasar pada percobaan ini tertera pada tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Penggoyangan	
Berat contoh	gr	18836	19837	20523	
Berat wadah	gr	5336	5336	5336	

Lanjutan Tabel 4.4

Berat contoh & wadah	gr	24172	25173	25859	
Volume wadah	cm ³	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat isi	gr/cm ³	1,69	1,78	1,84	1,77

Dari pengujian berat isi agregat kasar pada penelitian ini di dapat nilai 1,77 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu maksimal 1,2 gr/cm³ sesuai (SNI No.52-1980).

4.1.5 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Tabel 4.5: Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapaan Agregat Kasar

Agregat kasar	Sample I	Sample II	Rata-rata	Satuan
Berat SSD (A)	2492	2456	2474	Gr
Berat SSD kering oven (C)	2480	2459	2469.5	Gr
Berat SSD di dalam air (B)	1550	1529	1539.5	Gr
BJ Bulk = $(C / (A - B))$	2,63	2,65	2,64	Gr
BJ SSD = $(A / (A - B))$	2,65	2,65	2,65	Gr
BJ Semu = $(C / (C - B))$	2,67	2,64	2,66	Gr
Absorption = $([(A - C) / C] \times 100\%)$	0,48	-0,12	0,18	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapaan agregat kasar dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 2474 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 2,64 gr, BJ SSD 2,65 gr dan BJ Semu 2,66 gr. Sehingga rata – rata nilai penyerapaan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 0,18% dan dapat dikategorikan sebagai agregat kasar normal karena masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2 akan diuraikan pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sempel I (gr)	Sempel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
4.75 (No. 4)	78	83	161	6,44	6,44	93,56
2.36 (No. 8)	91	102	193	7,72	14,16	85,84
1.18 (No. 16)	142	157	299	11,96	26,12	73,88
0.60 (No. 30)	450	394	844	33,76	59,88	40,12
0.30 (No. 50)	329	368	697	27,88	87,76	12,24
0.15 (No. 100)	103	82	185	7,40	95,16	4,84
PAN	57	64	121	4,84	100	0
Total	1250	1250	2500	100		

➤ Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No. 4} = \frac{161}{2500} \times 100\% = 6,44 \%$$

$$\text{No. 8} = \frac{193}{2500} \times 100\% = 7,72 \%$$

$$\text{No. 16} = \frac{299}{2500} \times 100\% = 11,96 \%$$

$$\text{No. 30} = \frac{844}{2500} \times 100\% = 33,76 \%$$

$$\text{No. 50} = \frac{697}{2500} \times 100\% = 27,88 \%$$

$$\text{No. 100} = \frac{185}{2500} \times 100\% = 7,40 \%$$

$$\text{PAN} = \frac{121}{2500} \times 100\% = 4,84 \%$$

➤ Persentase Berat Kumulatif Tertahan:

$$\text{No.4} = 0 + 6,44 = 6,44 \%$$

$$\text{No.8} = 6,44 + 7,72 = 14,16 \%$$

$$\text{No.16} = 14.16 + 11,96 = 26,12 \%$$

$$\text{No.30} = 26.12 + 33,76 = 59,88 \%$$

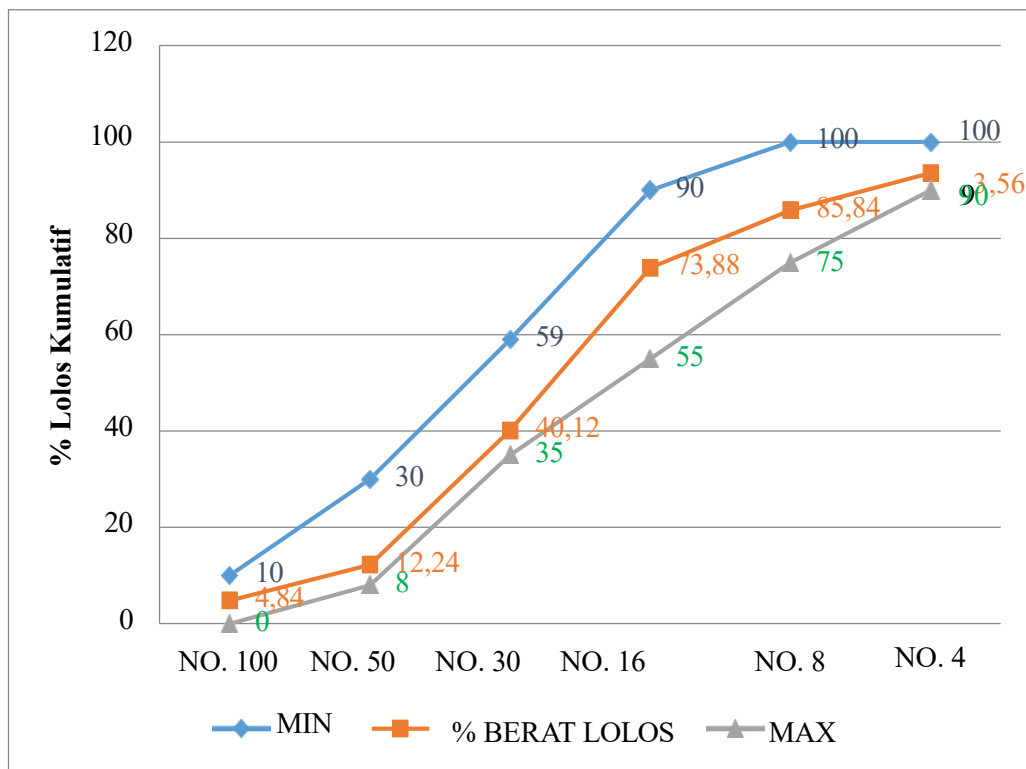
$$\text{No.50} = 59.88 + 27,88 = 87,76 \%$$

$$\text{NO.100} = 87.76 + 7,40 = 95,16 \%$$

$$\text{PAN} = 95.17 + 4,84 = 100 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\ &= \frac{289,52}{100} \\ &= 2,89 \end{aligned}$$



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2)

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,89%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.2 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus didapatkan kadar lumpur agregat adalah:

Tabel 4.7: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat sampel SSD	1000	1000	gr
Berat sampel SSD setelah dicuci	957	973	gr
Berat kotoran agregat lolos Saringan No.200	43	27	gr
Persentase kotoran agregat lolos Saringan No.200	4,3	2,7	%
Rata—rata	3,5		%

Hasil pemeriksaan hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,5%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.2.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat halus pada percobaan ini tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.8: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1493	1509
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1481	1498
Berat wadah	gr	493	509
Berat air	gr	12	11
Berat contoh kering	gr	988	989
Kadar air	%	1,21	1,11
Rata-rata	1.16 %		

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus didapatkan rata-rata sebesar 1,16%. Pemeriksaan dilakukan sebanyak dua kali. Hasil percobaan pertama didapat sebesar 1.21% dan percobaan kedua didapat sebesar 1.11%.

4.2.4 Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Pemeriksaan berat isi agregat halus didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.9: Hasil Pemeriksaan Berat Isi

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	17566	18306	18383	18085	Gr
Berat wadah	5336	5336	5336	5336	Gr
Berat contoh & wadah	22902	23642	23719	23421	Gr
Volume wadah	11125.4	11125,4	11125,4	11125,4	cm ³
Berat isi	1,58	1,65	1,65	1,63	gr/cm ³

Hasil pemeriksaan berat Isi agregat halus di dapat rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,63 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.2.5 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.10: Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Agregat Halus (Lolos Ayakan No.4)	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata- rata (gr)
Berat sampel SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat sampel SSD kering oven (E)	486	488	487
Berat piknometer penuh air (D)	689	692	690,5
Berat SSD di dalam piknometer penuh air (C)	993	995	994
Berat jenis kering $[E / (B + D - C)]$	2,47	2,47	2,47
Berat jenis SSD $[B / (B + D - C)]$	2,55	2,53	2,54

Lanjutan Tabel 4.10

Berat jenis semu $[E / (E + D - C)]$	2,67	2,63	2,65
	(%)	(%)	(%)
Penyerapan $[(B - E) / E] \times 100\%$	2,88	2,45	2,67

Hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan agregat halus, didapat Berat Jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,54 dan dapat dikategorikan sebagai agregat halus normal karena masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*Absorpsi*) didapat rata-rata sebesar 2,67%. Hasil yang didapat menunjukkan kemampuan agregat halus dalam menyerap air dari keadaan kering sampai kering jenuh sebesar 2,67% dari berat kering agregat itu sendiri.

4.3 Perencanaan Campuran Beton

4.3.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

Tabel 4.11: Tabel Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 MPa
2.	Deviasi Standar	Tabel 4.12	12 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2+3	42,7 MPa
5.	Jenis semen		Type 1
6.	Jenis agregat: Kasar Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 4.3	0,5
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9.	Slump	Ditetapkan	60-180 mm

Lanjutan Tabel 4.11

10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm		
11.	Kadar air bebas	Tabel 4.14	185 kg/ m ³		
12.	Jumlah semen	11:7	370 kg/ m ³		
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	370 kg/ m ³		
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/ m ³		
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	-	0,5		
16.	Susunan besar agregat halus	Gambar 4.2	Daerah Gradasi Zona - 2		
17.	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.1	Gradasi Maksimum 40 mm		
18.	Persen agregat halus	Gambar 4.4	41 %		
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	Dihitung	2,6049		
20.	Berat isi beton	Gambar 4.5	2362,5 kg/ m ³		
21.	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)	1807,5		
22.	Kadar agregat halus	18 x 21	741,075		
23.	Kadar agregat kasar	21-22	1066,425		
24	Proporsi Campuran	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat (kg/m ³)	
				Halus	Kasar
		370	185	741,075	1066,425
		18,5	9,25	37,054	53,321
		1	0,5	1,99	2,99
25	Koreksi Proporsi Campuran	370	194,910	729,884	1067,704
		1,00	0,52	2,2	2,99

1. Menentukan kuat tekan rencana yang diisyaratkan (f_c').

Kuat tekan uji yang direncanakan (benda uji silinder) adalah 25 MPa

2. Perhitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada tabel 4.12 karena benda uji yang direncanakan kurang dari 30, maka nilai yang diambil 1,00

Tabel 4. 12 Tabel Nilai Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$f_c + 12$ MPa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Nilai tambah margin

Mencari nilai margin di dapat dari tabel 4.13 Dimana di dapat 5,7 MPa adalah tingkat mutu pekerjaan baik

Tabel 4.13: Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7

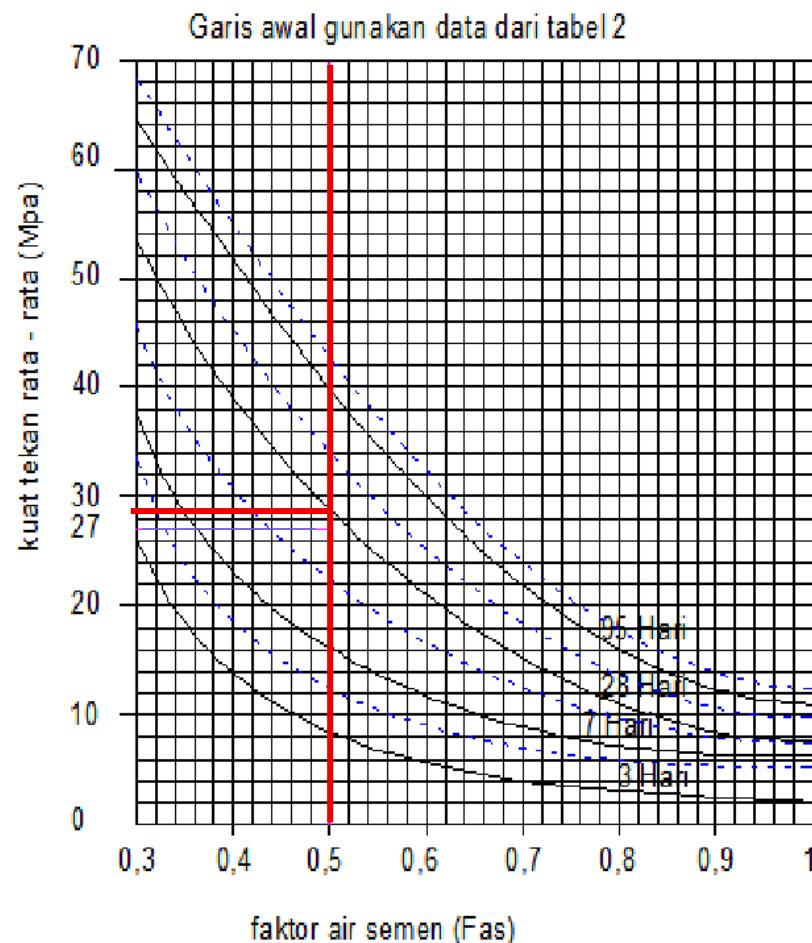
4. Menghitung Kuat Tekan rata-rata f_{cr}

$$f_{cr} = f'_c + \text{Deviasi Standar} + M \quad (4.1)$$

$$= 25 + 1,00 + 5,7$$

$$= 42,7 \text{ MPa}$$

5. Semen yang di gunkakan yaitu semen portland tipe 1
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus yaitu pasir alami yang berasal dari Binjai dan agregat kasar yaitu batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm berasal dari Binjai.
7. Faktor Air Semen (FAS), berdasarkan perhitungan tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan 42,7 MPa, semen yang digunakan semen portland I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan FAS sebesar 0,5.



Gambar 4. 3: Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton Silinder 15x30 cm

8. Faktor air semen maksimum

Berdasarkan tabel 3.7 mengenai persyaratan faktor air semen maksimum karna beton berada dilokasi terlindungi dari sinar matahari langsung dan hujan, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,6.

9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 60 – 180 mm.

Tabel 4.14: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834, 2000)

Slump (mm)					
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	0-10	10-30	30-60	60-80
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

10. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah sebesar 40 mm.

11. Kadar air bebas agregat campuran

Ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 60 – 180 mm, sehingga dari tabel 3.7 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 175 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 205 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} (175) + \frac{1}{3} (205) \\
 &= 185 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

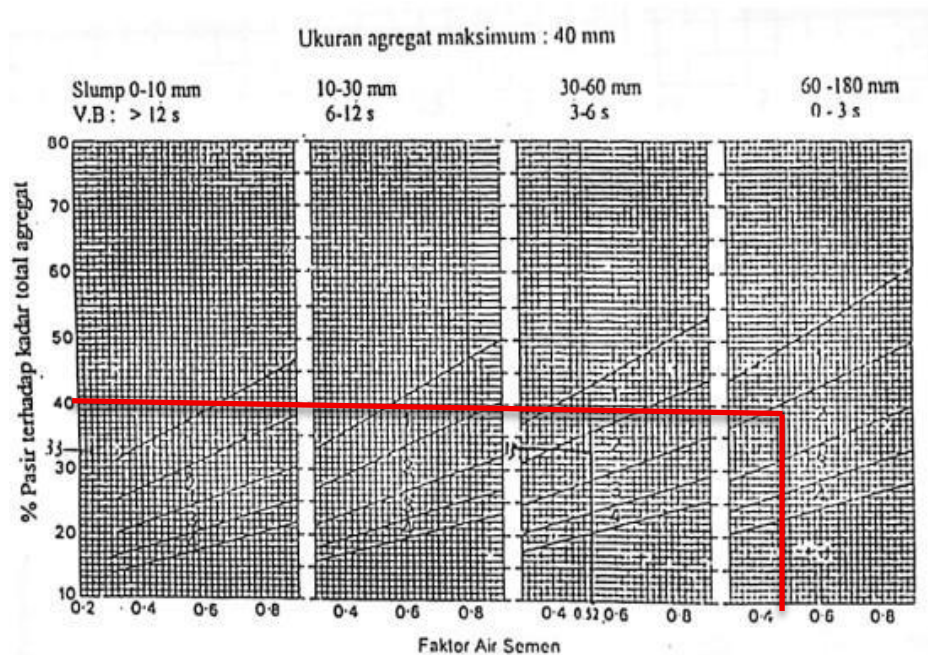
12. Kadar semen dapat dihitung dengan cara membagi nilai kadar air bebas dengan faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}}
 \tag{4.3}$$

$$= \frac{185}{0,5}$$

$$= 370 \text{ kg/m}^3$$

13. Jumlah semen maksimum ditetapkan dari hasil pada persamaan 4.3
 $= 370 \text{ kg/m}^3$
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindungi dari sinar matahari langsung dan hujan dari Tabel 3.7 mempunyai kadar semen minimum per- m^3 sebesar 275 kg/m^3 .
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,5.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi pasir No.2 di pemeriksaan agregat halus.
17. Penetapan Jenis Agregat Kasar berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi krikil ukuran maksimum 40 mm.
18. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran dengan mengacu pada slump 60-180 mm, Faktor air semen 0,5, dan ukuran butir agregat kasar maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi No. 2. Maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.4. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar 41%.

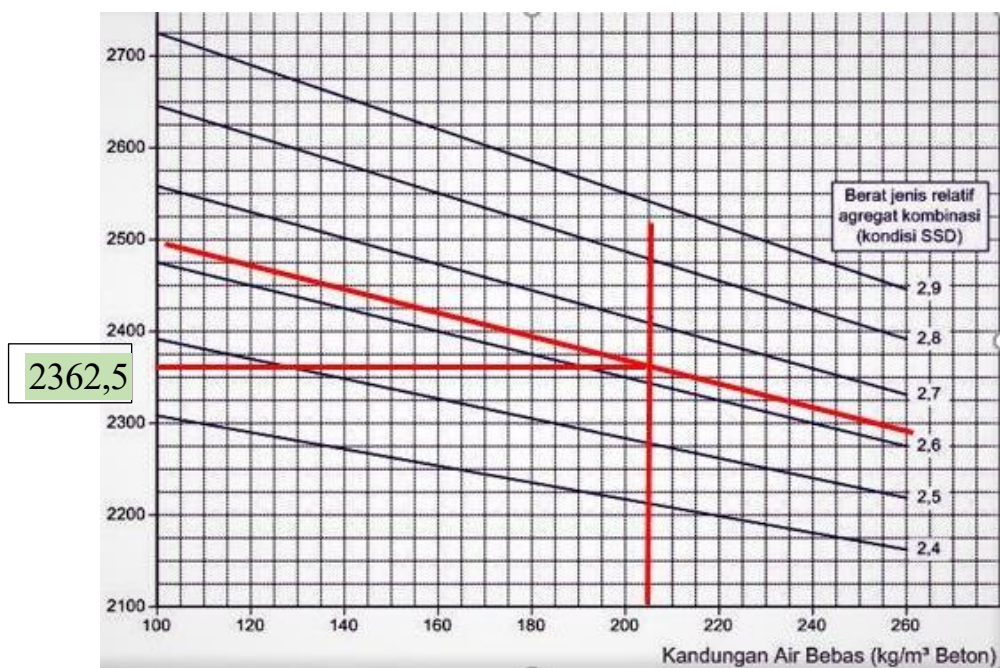


Gambar 4.4: Persentase agregat halus (ukuran butir maks 40 mm)

19. Berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD:

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Relatif} &= (\text{AH} \times \text{BJAH}) + ((100\% - \text{AH}) \times \text{BJAK}) \quad (4.4) \\ &= (41\% \times 2,54) + ((100\% - 41\%) \times 2,65) \\ &= 2,6049\end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 185 dan berat jenis gabungan sebesar 2,6049 maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2362,5 kg/ m³.



Gambar 4.5: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton

21. Kebutuhan berat agregat campuran

$$\begin{aligned}W_{\text{agr,camp}} &= W_{\text{btn}} - (W_{\text{air}} + W_{\text{smn}}) \quad (4.5) \\ &= 2362,5 - (370 + 185) \\ &= 1807,5 \text{ kg/ m}^3\end{aligned}$$

Dengan:

$W_{\text{agr,camp}}$ = Kebutuhan berat agregat campuran beton (kg/m³)

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m³)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m³)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m³)

22. Berat agregat halus yang diperlukan

$$\begin{aligned} W_{agr,h} &= k_h \times W_{agr,camp} \\ &= 1807,5 \times 41\% \\ &= 741,075 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned} \quad (4.6)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan berat agregat campuran beton (kg/m^3)

23. Berat agregat kasar yang diperlukan

$$\begin{aligned} W_{agr,kasar} &= W_{agr,camp} - W_{agr,h} \\ &= 1807,5 - 741,075 \\ &= 1066,425 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned} \quad (4.7)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton

(kg/m^3) $W_{agr,h}$ = kebutuhan agregat halus per meter kubik beton (kg/m^3)

24. Proporsi campuran

Dari hasil mix design diperoleh proporsi campuran teoritis setiap 1 m^3 beton dapat dilihat pada Point 4.11, Sedangkan untuk pegujian, diperoleh volume campuran sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 150^2 \times 300 \\ &= 5.298.750 \text{ mm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (4.8)$$

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui :

-	Jumlah air (B)	185 kg/m^3
-	Jumlah agregat halus (C)	741,075 kg/m^3
-	Jumlah agregat kasar (D)	1066,425 kg/m^3
-	Penyerapan agregat halus (Ca)	2,67 %
-	Penyerapan agregat kasar (Da)	0,18 %

Lanjutan

-	Kadar air agregat halus (C_k)	1,16 %
-	Kadar air agregat kasar (D_k)	0,30%

a. Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.9) \\
 &= 185 - (1,16 - 2,67) \times \frac{741,075}{100} - (0,30 - 0,18) \times \frac{1066,425}{100} \\
 &= 194,91 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (4.10) \\
 &= 741,075 + (1,16 - 2,67) \times \frac{741,075}{100} \\
 &= 729,885 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.11) \\
 &= 1066,425 + (0,30 - 0,18) \times \frac{1066,425}{100} \\
 &= 1067,705 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.15: Koreksi proporsi campuran benda uji

Koreksi Proporsi campuran benda uji	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat kondisi jenuh kering	
			Agregat kasar (kg)	Agregat halus (kg)
Setiap m ³	370	194,910	1067,704	729,884
Tiap campuran uji m ³	1	0,52	2,99	2,2
Setiap campuran 1 benda uji (0,0053 m ³)	1,96 kg	1,03	5,66	3,87

4.3.2 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m³ sebagai berikut :

Semen = 370 kg

Air = 185 kg

Agregat Kasar = 1066,425 kg

Agregat Halus = 741,075 kg

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

Tinggi = 300 mm = 0,3 m

Diameter = 150 mm = 0,15 m

Volume Silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 150^2 \times 300$
 $= 5.298.750 \text{ mm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$

Sedangkan kebutuhan volume setiap variasi atau satu kali adukan *mixer* ialah 3 benda uji, maka $3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 0,0159 \text{ m}^3$ dalam satu kali adukan *mixer* dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi, yaitu $= 0,0159 \text{ m}^3 + (0,0159 \text{ m}^3 \times 10\%) = 0,0159 \text{ m}^3$. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan *mixer* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 : Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran beton untuk 1 kali adukan (3 benda uji)

No	Kode Benda Uji	Volume 1 x Adukan Per (m ³)	Bahan Penyusun					
			PPC (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Styrofoam 0,5% (kg)	Tamcem (kg)
1	BN	0,01166	6,471	12,766	18,674	3,409	0	0
2	BSY	0,01166	6,471	12,702	18,674	3,409	0,064	0
3	BTM	0,01166	6,381	12,766	18,674	3,409	0	0,091
4	BSTM 0,8 %	0,01166	6,420	12,702	18,674	3,409	0,064	0,052

Lanjutan Tabel 4.16

5	BSTM 1%	0,01166	6,407	12,702	18,674	3,409	0,064	0,065
6	BSTM 1,2%	0,01166	6,394	12,702	18,674	3,409	0,064	0,078
7	BSTM 1,4%	0,01166	6,381	12,702	18,674	3,409	0,064	0,091
Total		0,08162	44,9238	89,0406	130,719	23,8629	0,31914	0,37533

Keterangan :

BN : Beton Normal.

BSY : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus.

BTM : Beton dengan campuran *Tamcem 60 RA* 1,4% dari berat semen.

BSTM 0,8% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* sebanyak 0,8% dari berat semen.

BSTM 1% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* sebanyak 1% dari berat semen.

BSTM 1,2% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* sebanyak 1,2% dari berat semen.

BSTM 1,4% : Beton dengan campuran *Styrofoam* 0,5% dari berat agregat halus dengan bahan tambah *Tamcem 60 RA* sebanyak 1,4% dari berat semen.

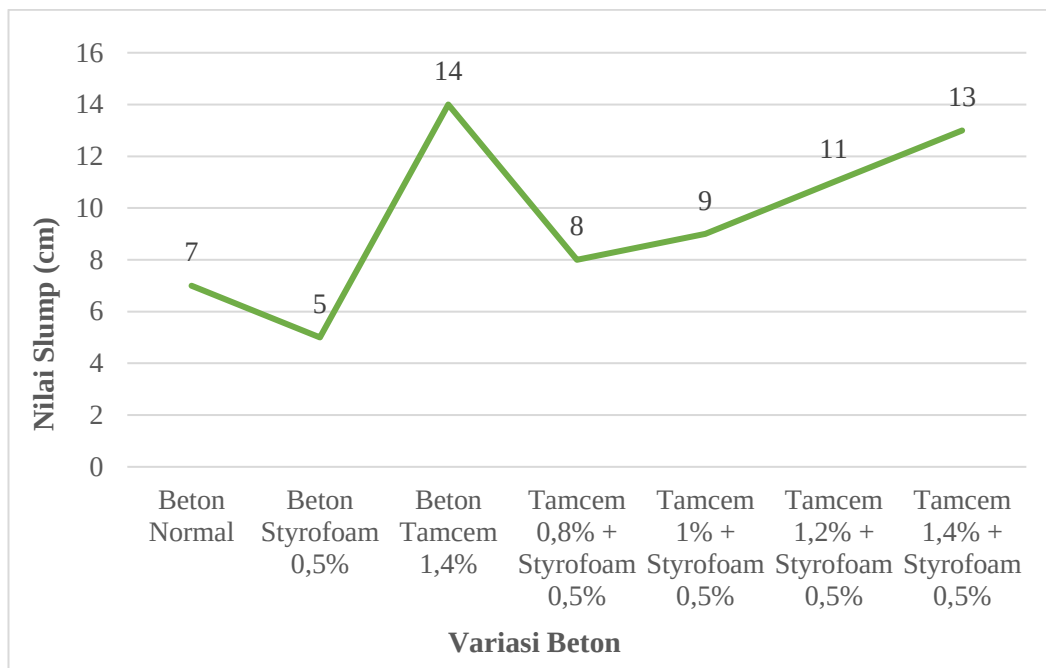
4.4 Slump Test

Pengujian slump test ini dilakukan pada masing – masing beton untuk mengetahui *workability* yang terdapat pada beton normal atau beton dengan bahan campuran. Pengujian slump dilakukan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi kerucut abrams dengan beton segar sebanyak 3 lapis dimana tiap lapis di perkirakan 1/3 dari isi kerucut kemudian di rojok dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Tongkat penusuk harus masuk hingga ke bagian bawah lapisan, setelah pengisi selesai kemudian beton segar diratakan permukaan kerucut lalu

diamkan selama 10 detik. Kemudian kerucut abrams diangkat ke atas secara tegak lurus dengan adonan beton segar agar terlepas dari cetakan. Kemudian ukur tinggi selisih adonan beton dengan kerucut abrams untuk mengetahui nilai slump. Pengujian slump ini dilakukan untuk melihat nilai workability (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar. Dan nilai slump tes pada penelitian ini di dapat pada tabel 4.17 sebagai berikut :

Tabel 4.17: Hasil Pengujian Slump Test

Variasi Campuran	Nilai Slump (cm) 28 Hari
Beton Normal	7
Beton Styrofoam 0,5%	5
Beton Tamcem 1,4%	14
Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%	8
Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%	9
Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%	11
Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%	13



Gambar 4.6: Grafik Perbandingan Nilai Slump Test

Pada beton normal nilai slump adalah 7 cm, pada beton campuran Styrofoam 0,5% adalah 5 cm, beton campuran Tamcem 1,4% adalah 14 cm, beton campuran Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% adalah 8 cm, beton campuran Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% adalah 9 cm, beton campuran Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% adalah 11 cm, beton campuran Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% adalah 13 cm.

4.5 Uji Absorpsi

Pengujian absorpsi beton dilakukan dengan melakukan perendaman sampel kubus beton setelah berumur 28 hari yang dimaksudkan untuk mendapatkan kekedapan/laju resapair pada berbagai variasi campuran dan dibandingkan dengan beton normal.

a. Uji Absorpsi Beton Normal

Tabel 4.18 Uji absorpsi beton Normal

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	12,560	12,602	4,20%
2	12,578	12,615	3,70%
3	12,430	12,465	3,50%
Rata-rata			3,80%

b. Uji Absorpsi Beton Variasi Styrofoam 0,5%

Tabel 4.19 Uji absorpsi variasi styrofoam 0,5%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	11,885	11,917	3,20%
2	11,920	11,944	2,40%
3	11,892	11,925	3,30%
Rata-rata			2,97%

c. Uji Absorpsi Beton Variasi Tamcem 1,4%

Tabel 4.20 Uji absorpsi variasi Tamcem 1,4%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	12,379	12,408	2,90%
2	12,309	12,347	3,80%
3	12,298	12,329	3,10%
Rata-rata			3,27%

d. Uji Absorpsi Beton Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%

Tabel 4.21 Uji absorpsi variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	11,741	11,768	2,70%
2	11,520	11,548	2,80%
3	11,643	11,671	2,80%
Rata-rata			2,77%

e. Uji Absorpsi Beton Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%

Tabel 4.22 Uji absorpsi variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	11,325	11,353	2,80%
2	11,443	11,474	3,10%
3	11,540	11,563	2,30%
Rata-rata			2,73%

f. Uji Absorpsi Beton Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%

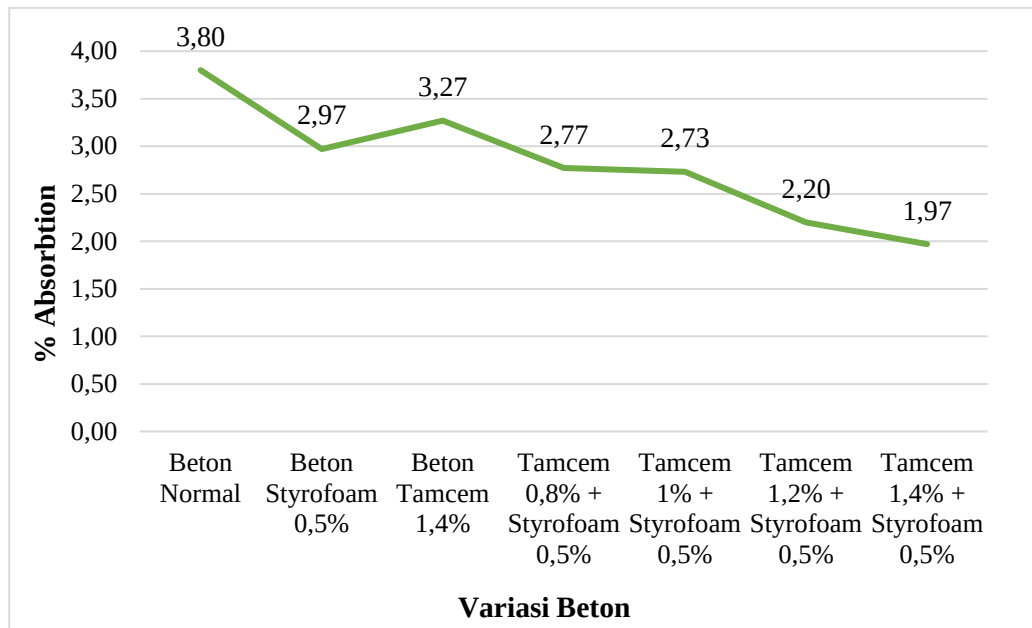
Tabel 4.23 Uji absorpsi variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	11,432	11,455	2,30%
2	11,325	11,351	2,60%
3	11,246	11,263	1,70%
Rata-rata			2,20%

g. Uji Absorpsi Beton Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%

Tabel 4.24 Uji absorpsi variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%

No	Berat beton sebelum perendaman (W_a)	Berat beton setelah perendaman 28 hari (W_t)	$Absorpsi = (W_t - W_a) \times 100\%$
1	11,442	11,458	1,60%
2	11,331	11,353	2,20%
3	11,298	11,319	2,10%
Rata-rata			1,97%



Gambar 4.7: Grafik Perbandingan Absorpsi Beton

4.6 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari pada beton normal dan masing-masing variasi campuran beton yaitu beton dengan bahan tambah *Styrofoam* dan *Tamcem 60 RA* sebagai pembandingan, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin tekan beton benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan ukuran 15cm x 30cm dengan kapasitas 1500 KN. Rumus untuk mengetahui kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

Rumus menghitung kuat tekan :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana :

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

P = Gaya tekan maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton normal 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.25 Kuat tekan beton normal

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BN 1	46,90	448148,23	17671,46	25,36
BN 2	50,05	479073,28	17671,46	27,11
BN 3	48,79	466703,26	17671,46	26,41
Kuat tekan rata rata				26,29

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,29 MPa pada umur beton 28 hari.

4.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Styrofoam 0,5%

Pengujian beton variasi Styrofoam 0,5% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Styrofoam 0,5% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.26 Kuat tekan beton Variasi Styrofoam 0,5%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BSY 1	33,01	311901,27	17671,46	17,65
BSY 2	33,44	316142,42	17671,46	17,89
BSY 3	33,67	318439,71	17671,46	18,02
Kuat tekan rata rata				17,85

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Styrofoam 0,5% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 17,85 MPa pada umur beton 28 hari. Dari 3 buah sample benda uji masing- masing memiliki kuat tekan beton yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal.

4.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,4%

Pengujian beton variasi Tamcem 1,4% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Tamcem 1,4% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.27 Kuat tekan beton Variasi Tamcem 1,4%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BTM 1	43,65	416339,60	17671,46	23,56
BTM 2	42,61	406090,15	17671,46	22,98
BTM 3	43,13	411214,87	17671,46	23,27
Kuat tekan rata rata				23,27

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Tamcem 1,4% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 23,27 MPa pada umur beton 28 hari.

4.6.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%

Pengujian beton variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.28 Kuat tekan beton Variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BSTM 0,8% 1	36,65	347597,62	17671,46	19,67
BSTM 0,8% 2	35,28	334167,31	17671,46	18,91
BSTM 0,8% 3	35,65	337878,32	17671,46	19,12
Kuat tekan rata rata				19,23

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 19,23 MPa pada umur beton 28 hari.

4.6.5 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%

Pengujian beton variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.29 Kuat tekan beton Variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BSTM 1% 1	37,94	360321,07	17671,46	20,39
BSTM 1% 2	38,65	367212,94	17671,46	20,78
BSTM 1% 3	39,35	374104,81	17671,46	21,17
Kuat tekan rata rata				20,78

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 20,78 MPa pada umur beton 28 hari.

4.6.6 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%

Pengujian beton variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.30 Kuat tekan beton Variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BSTM 1,2% 1	33,26	314375,27	17671,46	17,79
BSTM 1,2% 2	33,42	315965,70	17671,46	17,88
BSTM 1,2% 3	33,80	319676,71	17671,46	18,09
Kuat tekan rata rata				17,92

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 17,92 MPa pada umur beton 28 hari.

4.6.7 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%

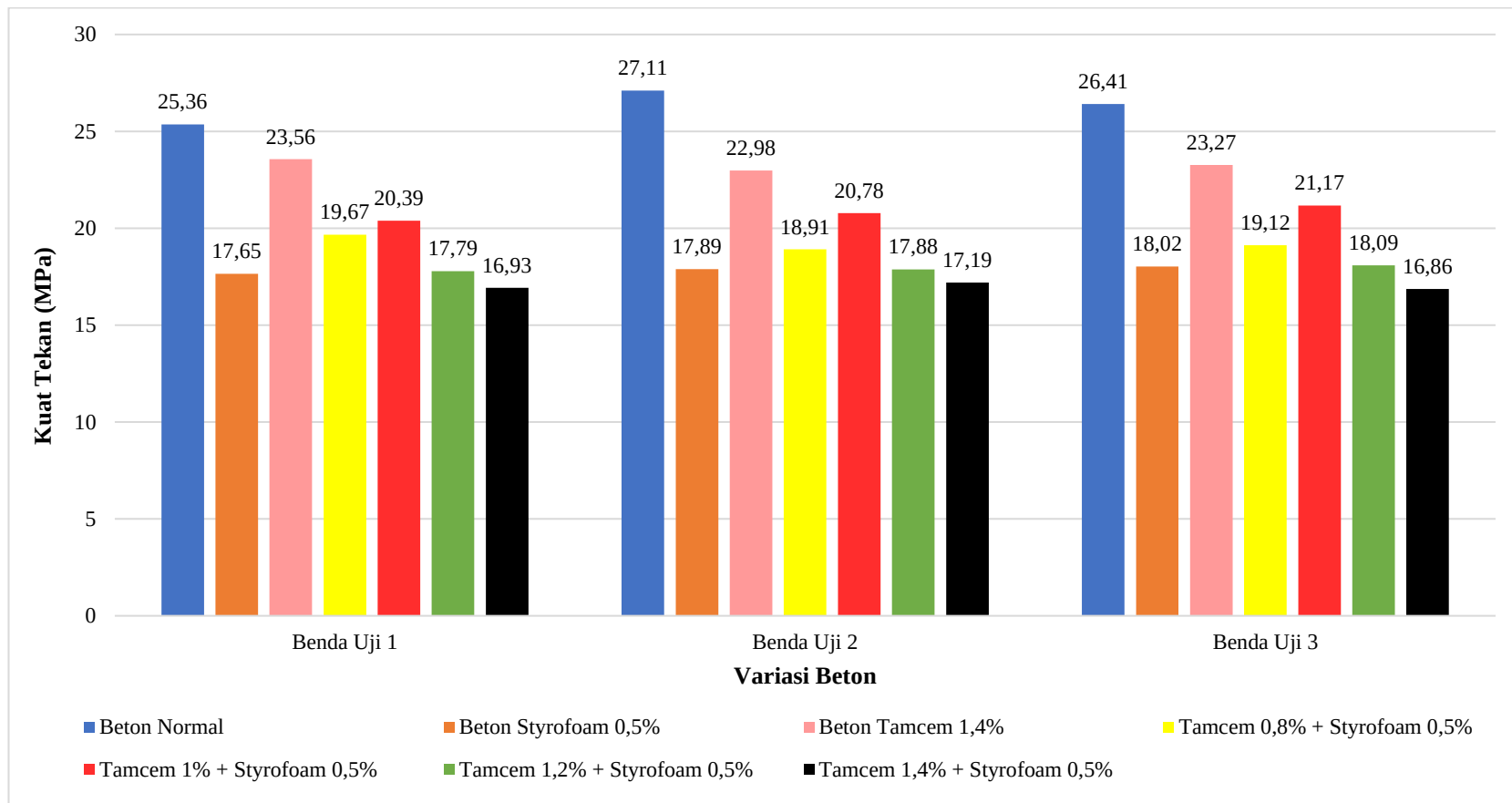
Pengujian beton variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.31 Kuat tekan beton Variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%

Benda uji	Beban maksimum (ton)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat tekan MPa
BSTM 1,4% 1	31,71	299177,82	17671,46	16,93
BSTM 1,4% 2	32,18	303772,40	17671,46	17,19
BSTM 1,4% 3	31,58	297940,82	17671,46	16,86
Kuat tekan rata rata				16,99

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% dengan perendaman 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 16,99 MPa pada umur beton 28 hari.

Berdasarkan Tabel menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal, variasi styrofoam 0,5%, tamcem 1,4%, styrofoam 0,5% + tamcem 0,8%, styrofoam 0,5% + tamcem 1%, styrofoam 0,5% + tamcem 1,2% dan styrofoam 0,5% + tamcem 1,4%, dengan perendaman 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton variasi yang diuji kuat tekannya.

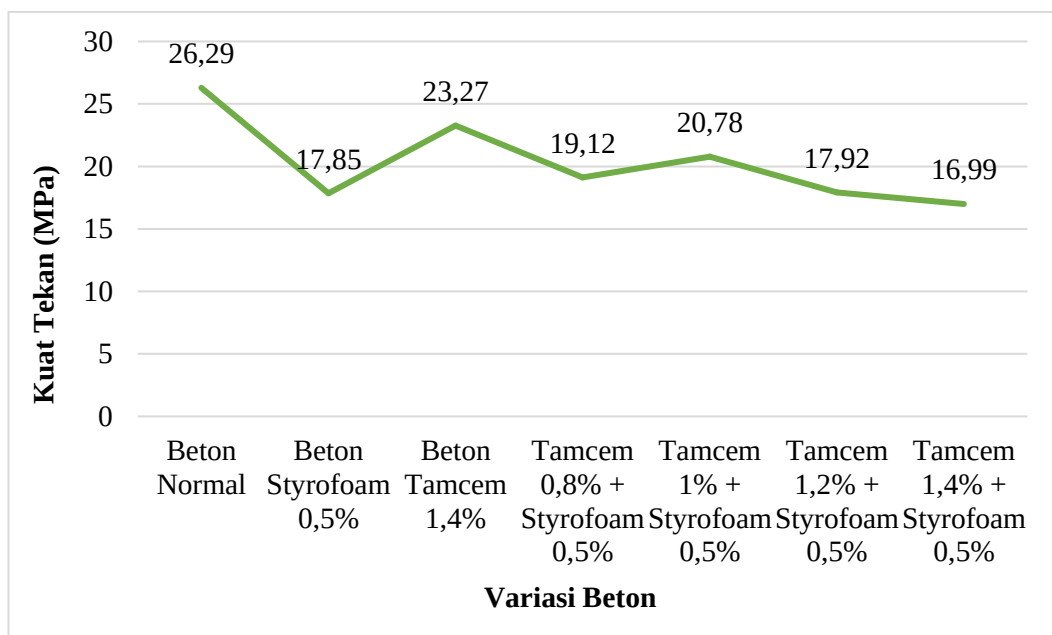


Gambar 4.8: Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton.

Berdasarkan data di atas dapat di buat tabel kuat tekan rata-rata dari setiap variasi campuran benda uji beton sebagai berikut :

Tabel 4.32 Hasil Pengujian Kuat tekan rata-rata beton

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
Beton Normal	26,29
Beton Styrofoam 0,5%	17,85
Beton Tamcem 1,4%	23,27
Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5%	19,12
Tamcem 1% + Styrofoam 0,5%	20,78
Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5%	17,92
Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%	16,99



Gambar 4.9: Grafik Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Beton.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan pada beton normal didapat sebesar 26,29 MPa, pada beton variasi Styrofoam 0,5% didapat sebesar 17,85 MPa, pada beton variasi Tamcem 1,4% didapat sebesar 23,27 MPa, pada beton variasi Tamcem 0,8% + Styrofoam 0,5% didapat sebesar 19,12 MPa, beton variasi

Tamcem 1% + Styrofoam 0,5% didapat sebesar 20,78 MPa, pada beton variasi Tamcem 1,2% + Styrofoam 0,5% didapat sebesar 17,92 MPa, dan beton variasi Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% didapat sebesar 16,99 Mpa. Semakin tinggi tancem yang digunakan maka kuat tekan beton akan semakin tinggi namun batas maksimum penggunaan Tamcem 60 RA diangka 1% dari berat semen, jika melebihi batas maksimum dalam penggunaan dapat menurunkan kuat tekan tersebut, dan penggunaan Styrofoam dirasa kurang baik terhadap kuat tekan beton karena dapat membuat beton mengalami penurunan kuat tekan, namun dalam pengaturan proporsi dan karakteristik Styrofoam diperlukan hal yang lebih optimal untuk memaksimalkan peningkatan kekuatan tekan beton. Untuk perbandingan terhadap kuat tekan beton dimana hasil perbandingan tertinggi yaitu terjadi pada beton normal terhadap beton Tamcem 1,4% yaitu 1 : 0,89 sedangkan hasil perbandingan terendah yaitu terjadi pada beton normal terhadap beton Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% yaitu 1 : 0,65

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini didapat beberapa kesimpulan dan saran yang dapat di kembangkan oleh pembaca untuk penelitian berikutnya tentang penggunaan Tamcem 60 RA pengganti sebagian semen dan Styrofoam sebagai bahan tambah pembuatan beton.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan Tamcem 60 RA dan Styrofoam maka didapatlah kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan Styrofoam Sebagai campuran agregat halus styrofoam dirasa kurang optimal terhadap kuat tekan beton karena mengalami penurunan, namun dari segi lain dapat mengurangi masa bangunan dan bahan ramah lingkungan, dalam pengaturan proporsi dan karakteristik styrofoam diperlukan hal yang lebih optimal untuk memaksimalkan peningkatan kekuatan tekan beton. Sedangkan penggunaan Tamcem sebagai bahan pengganti sebagian semen berpengaruh pada nilai slump test beton. Yang terjadi pada beton variasi Tamcem 1,4% memiliki nilai slump test tertinggi sebesar 14 cm, dan 13 cm pada beton tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5%. Dimana semakin tinggi nilai slump maka tingkat workability beton semakin besar.
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton didapat hasil perbandingan tertinggi pada beton Normal terhadap beton Tamcem 1,4% yaitu 1 : 0,89 sedangkan untuk hasil perbandingan terendah pada beton Normal terhadap beton Tamcem 1,4% + Styrofoam 0,5% yaitu 1 : 0,65. Semakin tinggi Tamcem yang digunakan maka kuat tekan beton akan semakin tinggi namun batas maksimum penggunaan Tamcem 60 RA diangka 1% dari berat semen, jika melebihi batas maksimum maka kuat tekan beton akan mengalami penurunan

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimum.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjut tentang ambang batas penggunaan Tamcem sebagai pengganti sebagian semen untuk mengetahui mutu suatu beton yang dihasilkan, dan tidak di sarankan menggunakan Styrofoam, karena penggunaannya tidak optimal untuk beton.
3. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat sampel dengan variasi yang lebih beragam dari penggunaan Tamcem dan bahan tambah lainnya dalam pembuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. A., Taufieq, N. A. S., & Aras, A. H. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 63. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>
- Ala, P., & Arruan, H. (2017). Beton Ringan Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Pengganti. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2017, 67–72.
- Ananda Muhamad Tri Utama. (2022). *Analisa Pengaruh Penambahan Campuran Beton (Additive) Normet Tancem 60 RA Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. ”. 9, 356–363.
- Candra, A. I., Suwarno, Wahyudiono, H., Anam, S., Aprillia, D., & Karisma. (2020). Kuat Tekan Beton $f_c' 21,7$ MPa Menggunakan Water Reducing and High Range Admixtures. *Jurnal CIVILLa*, 5(1), 330–340.
- Damayanti, R. (2022). Pengaruh Campuran Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Tambahan Superplasticizer. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 71–76. <https://doi.org/10.23917/dts.v15i2.18736>
- Dewi, S. U., & Purnomo, R. (2016). Pengaruh Tambahan Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Mutu K. 125. *Tapak*, 6(1), 15–29.
- Dzikri, M., & Firmansyah, M. (2018). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1–9.
- Eko Tarihoran, Ellen. J. Kumaat, & Reky S. Windah. (2020). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 859–866.
- Fadilah, R., Septiandini, E., & Purnomo, A. (2023). Literature Review: Analisis Pemanfaatan Limbah Styrofoam terhadap Campuran Beton. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31463–31472.
- Harahap, R. ., Siregar, A. M., Zulkarnain, F., & Affandi. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Styrofoam Untuk Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(2), 121–127. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/12390>
- Imron Alfarisy, A. (2014). Bahaya Styrofoam Sebagai Sampah Abadi Salah Satu

Penyebab Kerusakan Lingkungan. *Tharbiyatus Shibyan*, 11(1).

- Ketut, I. G., & Sudarsana, K. (2009). *Permeabilitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam Pendahuluan Latar Belakang Beton merupakan material struktur yang sangat luas penggunaannya . Menurut berat satuannya beton dapat dibedakan atas beton normal dan beton ringan . Per- timbangan penggunaan beto*. 13(2), 192–198.
- Kusnadi, D. S. 2011. (2011). Pengaruh Penambahan Superplastisizer Terhadap Campuran Beton Ringan Yang Menggunakan Styrofoam. *Pengaruh Penambahan Superplastisizer Terhadap Campuran Beton Ringan Yang Menggunakan Styrofoam*, 7(2), 124–140.
- Maho, B., Jamnam, S., Sukontasukkul, P., Fujikake, K., & Banthia, N. (2017). Preliminary Study on Multilayer Bulletproof Concrete Panel: Impact Energy Absorption and Failure Pattern of Fibre Reinforced Concrete, Para-Rubber and Styrofoam Sheets. *Procedia Engineering*, 210, 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.090>
- Normet. (2018). *TamCem 60*. 6–7.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Panennungi, & Pertiwi, N. (2013). Ilmu bahan Bangunan. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Passa, R. M. J., & Safitri, D. (2021). Waktu Pengikat Semen Portland (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat. *Ilmu Teknik*, 1(3), 4.
- Ra, T. (2011). *Pengaruh Pengurangan Jumlah Semen Pada Beton K- 300 Yang Ditambah The Effect Of Reducing The Amount Of Cement On K-300 Concrete Added With*. 2–3.
- Satyarno, I. (2004). Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM). *Proceding Seminar Nasional, Jurusan Teknik Sipil ...*, February, 36–45. https://www.researchgate.net/profile/ImanSatyarno/publication/323110458_Seminar_Nasional_Program_Swadaya_Teknik_Sipil_FT_UGM/links/5a7fdf56a6fdcc0d4baa8d69/Seminar-Nasional-Program-Swadaya-Teknik-Sipil-FT-UGM.pdf
- Sipil, I. T. (2020). *Intensip*. 1–8.
- Siswanto, E. (2019). Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuatan Beton. *UKaRsT*, 3(1), 48. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v3i1.352>
- SNI-15-2049-2004. (2004). *Semen portland*.

- SNI-03-1968, S. (1990). *Analisa Saringan Agregat*.
- SNI-03-4141. (1996). *Pemeriksaan Kadar Lumpur*.
- SNI-03-4804. (1998). *Pemeriksaan Berat Isi Agregat*.
- SNI-03-2834. (2000). *Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)*.
- SNI-1969. (2008). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*.
- SNI-1970. (2008). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*.
- SNI-1971. (2011). *Pemeriksaan Kadar Air Agregat*.
- SNI-2493. (2011). *Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton*
- SNI-2847. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*
- Zulkarnain, F. (2023). Analysis of The Addition Polypropylene Fibre and 8670 Mn Viscocrete added Material on The Split Tensile Strength and Modulus of Elasticity of Concrete. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8798–8806.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4808>
- Zulkarnain, F. (2021). *Teknologi Beton*. Medan: UMSU PRESS.
https://books.google.co.id/books/about/Teknologi_Beton.html?id=4ZZaEAAAQBAJ&redir_esc=y

LAMPIRAN



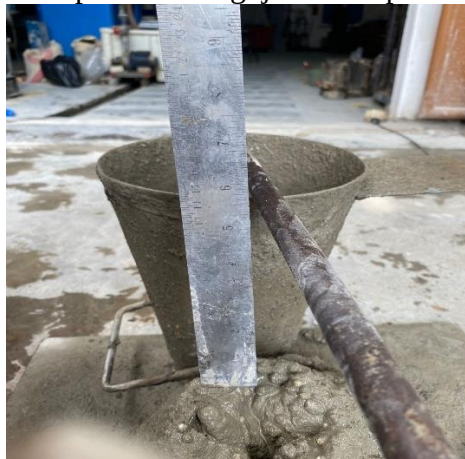
Lampiran 1: Pengadukan Agregat



Lampiran 2: Beton Segar



Lampiran 3: Pengujian Slump Test



Lampiran 4: Pengukuran Nilai Slump Test



Lampiran 5: Percetakan Benda Uji



Lampiran 6: Perendaman Benda Uji



Lampiran 7: Menimbang Benda Uji



Lampiran 8: Proses Capping Benda Uji



Lampiran 9: Pengujian Kuat Tekan Beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Taufiq Rahman
Tempat,Tanggal Lahir : Medan, 02 Mei 2001
Jenis Kelami : Laki-Laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Eka Surya No. 66
Nomor Hp : 0822-7218-2829
Nama Ayah : Nurdin Maktub
Nama Ibu : Rosnawati
E-mail : wildturtle0205@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM : 2007210018
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl.Kapten ,Mukhtar Basri No.3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : SD 066668 Medan
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 2 Medan
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 13 Medan