

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA DAN
SUPERPLASTICIZER SIKA VISCOCREATE 3115 N
TERHADAP KUAT TARIK DAN
PENYERAPAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

ARIEF HUSEIN PULUNGAN

1607210193



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Arief Husein Pulungan

NPM : 1607210193

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan *Superplasticizer*
Sika *Viscocreate* 3115 N Terhadap Kuat Tarik Dan
Penyerapan Beton

Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, September 2021

Dosen Pembimbing

Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Arief Husein Pulungan

NPM : 1607210193

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan *Superplasticizer*
Sika *Viscocrete* 3115 N Terhadap Kuat Tarik Dan
Penyerapan Beton

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Maret 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Arief Husein Pulungan
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 09 Januari 1998
NPM : 1607210193
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan *Superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115 N Terhadap Kuat Tarik Dan Penyerapan Beton”

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

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

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

Medan, Maret 2022

Saya yang menyatakan,



Arief Husein Pulungan

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA DAN *SUPERPLASTICIZER* *SIKA VISCOCREATE 3115 N* TERHADAP KUAT TARIK DAN PENYERAPAN BETON (Studi Penelitian)

Arief Husein Pulungan
1607210193
Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain

Kaca menjadi suatu bahan yang mudah ditemukan dan memiliki nilai ekonomis, selain itu kaca juga memiliki ketahanan terhadap abrasi yang baik dan tahan terhadap serangan cuaca atau serangan kimia karena mengandung silika. Material kaca yang tidak menyerap air sehingga memiliki tingkat durabilitas yang tinggi. Unsur kimia yang terkandung dalam serbuk kaca hampir sama dengan unsur kimia yang terdapat dalam semen. penggunaan serbuk kaca meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton ketika dibandingkan dengan beton normal. Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan penyusun silika (SiO_2) di atas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi (1400°C - 1600°C) dan sifat mekanik yang sangat kuat. Bubuk kaca mempunyai kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dan diharapkan menambah kuat desak beton karena butirannya yang sangat kecil dan mampu mengisi lubang pori pada beton. Penelitian ini bertujuan mengetahui kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur Serbuk Kaca substitusi parsial semen dan *Sika Viscocrete 3115 N* pada umur beton 28 hari. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2%, 4% 6%, 8% sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan *Sika Viscocrete 3115 N* sebesar 2%, 4%, 6%, 8%. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 15 buah beton dan 5 (lima) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah kuat tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tarik belah rata - rata beton dengan serbuk kaca BN (0%) = 3,18 MPa, BK-2 (2%) = 3,11 MPa, BK-4 (4%) = 3,32 MPa, BK-6 (6%) = 2,82 MPa, BK-8 (8%) = 3,39 MPa.

Kata Kunci: Beton Serbuk Kaca Substitusi Parsial Semen, *Sika Viscocrete-3115 N*, Kuat Tarik Belah.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDING GLASS POWDER AND SUPERPLASTICIZER SIKA VISCOCREATE 3115 N ON TENSION STRENGTH AND ABSORPTION OF CONCRETE (RESEARCH STUDIES)

Arief Husein Pulungan
1607210193
Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain.

Glass becomes a material that is easy to find and has economic value, besides that glass also has good abrasion resistance and is resistant to weather attacks or chemical attacks because it contains silica. Glass material that does not absorb water so it has a high level of durability. The chemical elements contained in glass powder are almost the same as the chemical elements contained in cement. The use of glass powder increases the compressive strength, tensile strength and flexural strength of concrete when compared to normal concrete. Glass waste has potential and is considered strategically as a constituent of silica (SiO₂) above 60% having superior properties in the form of a high melting point (1400°C-1600°C) and very strong mechanical properties. Glass powder contains SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and CaO which has the potential to be used as a cement substitute and is expected to increase the compressive strength of concrete because the grains are very small and are able to fill the pores in the concrete. This study aims to determine the optimum splitting strength of concrete after it is mixed with Glass Powder with partial substitution of cement and Sika Viscocrete 3115 N at the age of 28 days of concrete. The percentage of glass powder used in this study was 0%, 2%, 4%, 6%, 8% as partial substitution of cement with the addition of Sika Viscocrete 3115 N of 2%, 4%, 6%, 8%. The study used a test object in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with a sample of 15 pieces of concrete and 5 (five) variations, each variation amounting to 3 samples. Tests carried out on the concrete mixture is the split tensile strength of the concrete. From the research results obtained, the average split tensile strength of concrete with glass powder BN (0%) = 3.18 MPa, BK-2 (2%) = 3.11 MPa, BK-4 (4%) = 3.32 MPa, BK-6 (6%) = 2.82 MPa, BK-8 (8%) = 3.39 MPa.

Keywords: Cement Partial Substitution Glass Powder Concrete, Sika Viscocrete-3115 N, Split Tensile Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan *Superplasticizer* Sika *Viscocrete* 3115 N Terhadap Kuat Tarik Dan Penyerapan Beton (Studi Penelitian)”**. 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 laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Assoc Prof Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Zahiruddin dan Ibunda tercinta Yurina yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil , Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Oktober 2021

Penulis

ARIEF HUSEIN PULUNGAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Semen	6
2.3 Agregat	7
2.3.1 Agregat Kasar	7
2.3.2 Agregat Halus	7
2.4 Air	8

2.5	Kaca	9
2.6	Penggunaan Bahan Tambah Kimia Dalam Campuran Beton	11
	2.6.1 Bahan Tambah Kimia Untuk Mempercepat Pengikatan (<i>Akselerator</i>)	12
	2.6.2 Keuntungan	12
2.7	Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N	12
2.8	<i>Slump</i>	13
2.9	Kuat Tarik Belah Beton	13
BAB 3	METODE PENELITIAN	15
3.1	Metode Penelitian	15
3.2	Teknik Pengumpulan Data	17
	3.2.1 Data Primer	17
	3.2.2 Data Sekunder	17
3.3	Tempat Dan Waktu Penelitian	17
3.4	Desain Dan Jumlah Benda Uji	18
3.5	Bahan Baku Dan Peralatan	18
	3.5.1 Bahan Baku	18
	3.5.2 Peralatan	22
3.6	Pemeriksaan Material	28
	3.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus	28
	3.6.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	28
	3.6.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	29
	3.6.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	30
	3.6.1.4 Berat Isi Agregat Halus	30
	3.6.1.5 Kadar Air Agregat Halus	31
	3.6.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	32
	3.6.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat kasar	32
	3.6.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	33
	3.6.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar	33
	3.6.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	34
	3.6.2.5 Kadar Air Agregat Kasar	35
3.7	Pembuatan Serbuk Kaca	36

3.8	Perencanaan Pembuatan Campuran (<i>Mix Design</i>)	36
3.9	Metode Pengecoran	46
3.9.1	Beton Normal	46
3.9.2	Beton Serbuk Kaca Pengganti Semen Dan Bahan Kimia Sika <i>ViscoCreate-3115 N</i>	47
3.10	Metode Perawatan Benda Uji	47
3.11	Pengujian <i>Slump Test</i>	48
3.12	Uji Kuat Tarik Belah Silinder	49
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	Tinjauan Umum	51
4.2	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	51
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	51
4.4	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca	57
4.5	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	57
4.6	Perencanaan Campuran Beton	63
4.6.1	Untuk Benda Uji	71
4.6.2	Bahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen	76
4.7	<i>Slump Test</i>	77
4.8	Hasil Dan Analisa Penyerapan Air Pada Beton	79
4.9	Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	82
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran	87
	DAFTAR PUSTAKA	88
	LAMPIRAN	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan kimia serbuk kaca	9
Tabel 2.2	Komposisi kimia dari berbagai jenis kaca warna	11
Tabel 2.3	Unsur kimia dari pecahan kaca, bubuk kaca dan <i>silica</i>	11
Tabel 3.1	Kebutuhan benda uji yang akan dibuat	18
Tabel 3.2	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	37
Tabel 3.3	Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	39
Tabel 3.4	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	41
Tabel 3.5	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	42
Tabel 4.1	Hasil pengujian analisa agregat halus	52
Tabel 4.2	Daerah gradasi agregat halus	53
Tabel 4.3	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	54
Tabel 4.4	Hasil pengujian kadar air agregat halus.	55
Tabel 4.5	Hasil pengujian berat isi agregat halus.	56
Tabel 4.6	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	56
Tabel 4.7	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca.	57
Tabel 4.8	Hasil pengujian analisa agregat kasar.	58
Tabel 4.9	Batas gradasi agregat kasar.	58
Tabel 4.10	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	60
Tabel 4.11	Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	61
Tabel 4.12	Hasil pengujian berat isi agregat kasar.	62
Tabel 4.13	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	62
Tabel 4.14	Data-data hasil tes dasar.	63
Tabel 4.15	Propersi campuran.	68
Tabel 4.16	Koreksi propersi campuran.	69
Tabel 4.17	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	70

Tabel 4.18	<i>Lanjutan.</i>	71
Tabel 4.19	Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m ³).	71
Tabel 4.20	Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.	72
Tabel 4.21	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	73
Tabel 4.22	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	74
Tabel 4.23	Perbandingan untuk 15 benda uji dalam satuan kg.	75
Tabel 4.24	Banyak serbuk kaca yang dibutuhkan untuk 3 benda uji silinder	77
Tabel 4.25	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> .	78
Tabel 4.26	Hasil pengujian penyerapan beton normal	79
Tabel 4.27	Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 2% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 2%.	79
Tabel 4.28	Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 4% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 4%.	80
Tabel 4.29	Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 6% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 6%.	80
Tabel 4.30	Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 8% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 8%.	81
Tabel 4.31	Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal.	82
Tabel 4.32	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 2% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 2%.	82
Tabel 4.33	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 4% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 4%.	83
Tabel 4.34	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 6% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 6%.	83
Tabel 4.35	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 8% dan Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 8%.	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sika <i>ViscoCrete</i> -3115 N	13
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	16
Gambar 3.2	Semen andalas	19
Gambar 3.3	Agregat halus (Pasir)	19
Gambar 3.4	Agregat kasar (Batu pecah)	20
Gambar 3.5	Air	21
Gambar 3.6	Serbuk kaca	21
Gambar 3.7	Sika <i>ViscoCrete</i> -3115N	22
Gambar 3.8	Mesin pengaduk beton	22
Gambar 3.9	Satu set saringan agregat kasar dan halus	23
Gambar 3.10	Saringan no.200	23
Gambar 3.11	Timbangan digital	23
Gambar 3.12	Cetakan silinder	24
Gambar 3.13	Mesin <i>los angeles</i>	24
Gambar 3.14	Oven	24
Gambar 3.15	Kerucut abrams	25
Gambar 3.16	Tongkat penumbuk	25
Gambar 3.17	Penggaris	25
Gambar 3.18	Gelas ukur	26
Gambar 3.19	Plastik	26
Gambar 3.20	Sekop tangan	26
Gambar 3.21	Sendok semen	27
Gambar 3.22	Ember	27
Gambar 3.23	Pan	27
Gambar 3.24	Mesin uji kuat tarik belah beton	28
Gambar 3.25	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	40
Gambar 3.26	Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	43
Gambar 3.27	Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	43

Gambar 3.28	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.	44
Gambar 3.29	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	45
Gambar 3.30	Cetakan untuk uji <i>slump</i> (kerucut Abram)	49
Gambar 3.31	Pengujian kuat tarik belah beton	50
Gambar 4.1	Grafik analisa agregat halus	53
Gambar 4.2	Grafik analisa agregat kasar	59
Gambar 4.3	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).	64
Gambar 4.4	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	66
Gambar 4.5	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	67
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai <i>slump</i> .	78
Gambar 4.7	Grafik perbandingan penyerapan air.	81
Gambar 4.8	Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.	84
Gambar 4.9	Grafik persentase nilai F_{ct} Rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.	84

DAFTAR NOTASI

Fct	=	Kuat tarik belah	(MPa)
P	=	Beban uji	(Kg)
L	=	Panjang benda uji	(Cm)
D	=	Diameter atau lebar benda uji	(Cm)
A	=	Luas penampang	(Cm ²)
B	=	Jumlah air	(kg/m ³)
Bk	=	Berat benda uji kering oven	(gr)
Bssd	=	Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh	(gr)
Ba	=	Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air	(gr)
C	=	Agregat halus	(kg/m ³)
D	=	Agregat kasar	(kg/m ³)
Ca	=	Absorpsi air pada agregat halus	(%)
Da	=	Absorpsi agregat kasar	(%)
Ck	=	Kandungan air dalam agregat halus	(%)
Dk	=	Kandungan air dalam agregat kasar	(%)
Cm	=	Centimeter	
Mm	=	Milimeter	
Kg	=	Kilogram	
MPa	=	Megapascal	
M ³	=	Meter kubik	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Agregat kasar	91
Lampiran 2	Agregat halus	91
Lampiran 3	Air	91
Lampiran 4	Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N	92
Lampiran 5	Botol kaca	92
Lampiran 6	Semen portland	92
Lampiran 7	Saringan agregat kasar	93
Lampiran 8	Saringan agregat halus	93
Lampiran 9	Cetakan silinder	93
Lampiran 10	Oven	94
Lampiran 11	Gelas ukur	94
Lampiran 12	Kerucut abrams	94
Lampiran 13	<i>Mixer</i> beton	95
Lampiran 14	Timbangan	95
Lampiran 15	Tongkat penumbuk	95
Lampiran 16	Besi plat 2m x 1m	96
Lampiran 17	Bak perendaman	96
Lampiran 18	Alat tulis	96
Lampiran 19	Ember	97
Lampiran 20	Plastik	97
Lampiran 21	Sendok semen	97
Lampiran 22	Penggaris	98
Lampiran 23	Sekop tangan	98
Lampiran 24	Skrap	98
Lampiran 25	Masker	99
Lampiran 26	Sarung tangan	99
Lampiran 27	Proses pembuatan adukan beton	99
Lampiran 28	Proses pengujian <i>slump test</i>	100
Lampiran 29	Proses perojokan adukan beton	100
Lampiran 30	Perendaman benda uji	100

Lampiran 31 Beton normal	101
Lampiran 32 Beton V-2%	101
Lampiran 33 Beton V-4%	101
Lampiran 34 Beton V-6%	102
Lampiran 35 Beton V-8%	102
Lampiran 36 Proses pengujian kuat tarik belah beton	102

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan unsur yang sangat penting dan paling dominan sebagai material pada struktur bangunan. Beton menjadi opsi yang sangat diminati karena harganya relatif murah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu dan baja. Banyak penelitian, pengujian, serta usaha dilakukan untuk mendapatkan beton dengan kualitas dan mutu tinggi, serta memiliki sifat-sifat yang lebih baik dari beton konvensional biasa, (Sunarmasto, 2016).

Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Meningkatnya permintaan beton menjadikan tingginya keperluan bahan dasar penyusunnya. (Mulyono, 2005) menyatakan bahwa produksi beton identik dengan merusak lingkungan semata mulai dari proses menggali kapur, proses pembakaran dan emisi karbon di udara. Oleh sebab itu diperlukan inovasi beton ramah lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan, (Aryastana, 2017).

Kaca adalah bahan yang mudah ditemukan dan memiliki nilai ekonomis, selain itu kaca juga memiliki ketahanan terhadap abrasi yang baik dan tahan terhadap serangan cuaca atau serangan kimia karena mengandung silika. Material kaca yang tidak menyerap air sehingga memiliki tingkat durabilitas yang tinggi. Botol kaca atau bohlam yang tidak digunakan kemudian dihancurkan dan diharapkan menjadi pengisi beton berkualitas tinggi, (Apriwelni, 2020).

Karwur, dkk (2013) dan Purnomo & Hisyam (2014) menyebutkan penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen sebagai alternatif solusi permasalahan lingkungan. Unsur kimia yang terkandung dalam serbuk kaca hampir sama dengan unsur kimia yang terdapat dalam semen. G. Vijayakumar, dkk (2013) menekankan penggunaan serbuk kaca meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton ketika dibandingkan dengan beton normal. Penggunaan serbuk kaca yang halus menunjukkan sifat filler seperti pozolan sehingga tingkat kehalusan dari serbuk kaca sangat berpengaruh, (Aryastana, 2017).

Oleh karena itu harus dilakukan inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca yang ada sebagai salah satu material campuran beton (Ayu Suhartini, dkk, 2014). Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan penyusun silika (SiO_2) di atas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi (1400°C - 1600°C) dan sifat mekanik yang sangat kuat, (Indra Gunawan, 2019).

Penelitian ini memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan tambah untuk campuran beton. Pemanfaatan limbah kaca untuk digunakan kembali merupakan salah satu solusi penanganan limbah. Bubuk kaca mempunyai kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dan diharapkan menambah kuat desak beton karena butirannya yang sangat kecil dan mampu mengisi lubang pori pada beton, (Sunarmasto, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tarik beton ?
2. Bagaimanakah dengan penambahan *Superplasticizer Sika Viscocrete 3115 N* dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik pada beton yang mengandung serat kaca ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tarik beton dan penyerapan air.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Superplasticizer Sika Viscocrete 3115 N* pada beton yang mengandung serbuk kaca, terhadap kuat tarik dan penyerapan air.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tarik beton.
2. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan (SNI 03-2834-2000, 2000) "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal".
3. Semen yang digunakan adalah semen *Portland type I*.
4. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari Binjai.
5. Melakukan pengujian kuat tarik beton normal dan beton dengan penggunaan serbuk kaca dan *Superplasticizer Sika Visocrete 3115 N*, kemudian memperbandingkan hasilnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tarik beton normal dengan beton yang memakai serbuk kaca dan *Superplasticizer Sika Visocrete 3115 N*, dengan persentase yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6 Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

BAB 1 Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 Metodologi Penelitian

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

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, dan air (Mulyono, 2004). Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil, (Simanullang, 2017).

Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Meningkatnya permintaan beton menjadikan tingginya keperluan bahan dasar penyusunnya. (Mulyono, 2005) menyatakan bahwa produksi beton identik dengan merusak lingkungan semata mulai dari proses menggali kapur, proses pembakaran dan emisi karbon di udara. Oleh sebab itu diperlukan inovasi beton ramah lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan, (Aryastana, 2017).

Mengacu pada SNI 03-2847-2002, menurut beratnya beton dibedakan menjadi tiga jenis yaitu beton ringan, beton normal dan beton berat. Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Beton normal adalah beton yang mengandung agregat dengan berat isi antara 1900 kg/m^3 sampai dengan 2.400 kg/m^3 , sedangkan untuk beton dengan berat di atas 2400 kg/m^3 termasuk dalam beton berat, (Simanullang, 2017).

Dipohusodo (1993), menyatakan bahwa beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung, (Purnomo, 2014).

2.2 Semen

Semen yang merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton tergolong ke dalam jenis semen hidrolis. Jenis semen yang banyak digunakan hingga saat ini adalah merupakan semen *portland* yang dipatenkan di Inggris pada tahun 1824 atas nama Joseph Aspdin. Semen portland adalah material berbentuk bubuk bernama abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika.

Semen yang digunakan dalam campuran meliputi *portland cement* atau campuran semen hidrolis. Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150-1985, semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium-silikat-hidrolis yang umumnya mengandung satu sama dengan bahan utamanya, (Amiwarti, 2019).

Semen mengandung beberapa unsur kimia yaitu kapur (CaO) sebesar 60-65%, silika (SiO₂) 17- 25%, alumina (Al₂O₃) 3-8%, besi (Fe₂O₃) 0.5- 6%, magnesia (MgO) 0.5-4% , sulfur (SO₃) 1- 2%, soda/potash 0.5-1%, (Prayuda, 2016).

Perbedaan persentase senyawa yang ada di dalam semen akan membentuk karakter dan jenis semen yang berbeda. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, semen *portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 (lima) jenis, antara lain:

- a. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.3 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak digunakan ialah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus, (Purnomo, 2014).

Menurut Alizar, mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama, dan ekonomis, (Kosim, 2014).

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar disebut juga sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split (Prayuda, 2016). Adapun syarat-syarat agregat kasar yang baik untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur yang maksimum 1%.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
3. Agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
4. Agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
5. Agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari

sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu (Prayuda, 2016). Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

- a. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
- b. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding.
- c. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali.
- d. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

2.4 Air

Air merupakan salah satu bahan dasar penyusun beton yang berguna untuk bereaksi dengan semen *portland* agar membentuk pasta yang berfungsi untuk mengikat agregat. Air juga berfungsi sebagai pelumas agar adukan beton mudah untuk dikerjakan. Air yang digunakan dalam pembuatan beton tidak boleh terlalu banyak karena jika semakin banyak menggunakan air maka kuat tekan beton akan menurun, (Prayuda, 2016).

Menurut standar bahan bangunan bagian A (SK-SNI S-04-1989-F) syarat-syarat air yang dapat digunakan untuk bahan bangunan sebagai berikut:

- a. Air harus bersih.
- b. Air bersih tidak mengandung minyak, lumpur dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
- c. Air bersih tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dalam air dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) tidak boleh lebih dari 15 gram /liter.

- d. Air bersih tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton prategang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter.
- e. Air bersih tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.5 Kaca

Kaca adalah material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari 75% silikon dioksida (SiO_2), plus Na_2O , CaO dan beberapa zat tambahan, (Purnomo, 2014).

Tabel 2.1: Kandungan kimia serbuk kaca (Setiawan, 2006).

Unsur	Serbuk Kaca
SiO_2	61,72 %
Al_2O_3	3,45 %
Fe_2O_3	0,18 %
CaO	2,59 %

Kaca memiliki materi bening (tembus pandang) yang biasanya di hasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2), yang secara kimia sama dengan kuarsa (bahasa Inggris : *kwarts*). Suhu lelehnya adalah 2000 derajat celcius. Jenis kaca yang paling umum dikenal dan yang telah digunakan sejak berabad – abad silam sebagai jendela dan gelas minum adalah kaca soda kapur, yang terbuat dari 75% silica (SiO_2) ditambah Na_2O , CaO , dan sedikit aditif lain, (Indra Gunawan, 2019).

Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawaan alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat – sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya (Pradana,2013).

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama di kota besar. Limbah kaca setiap hari semakin meningkat

volumenya karena banyak kegiatan manusia yang menghasilkan kaca, sebagian besar limbah kaca langsung dibuang ke lahan terbuka, hal ini tentu saja akan mencemari lingkungan mengingat kaca merupakan material yang tidak dapat didaur ulang secara alami oleh alam.

Oleh karena itu harus dilakukan inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca yang ada sebagai salah satu material campuran beton, (Ayu Suhartini, dkk, 2014).

Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan penyusun silika (SiO_2) di atas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi (1400°C - 1600°C) dan sifat mekanik yang sangat kuat.

Gunawan (2019), tentang efektifitas penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian pasir pada pembuatan beton mengatakan penambahan variasi serbuk kaca terhadap berat pasir meningkatkan kuat tekan beton. Pada penelitian ini bubuk kaca digunakan sebagai substitusi sebagian pasir dengan kadar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Peningkatan terjadi pada kadar variasi 15% serbuk kaca kasar sebesar 22,8 MPa dan 30% serbuk kaca campuran sebesar 21,12 MPa, (Indra Gunawan, 2019).

Karakteristik serbuk kaca diantaranya :

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau *zero water absorption*.
2. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air.
3. Kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton.
4. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia.
5. Serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau *filler*, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat.

Komposisi kimia dari berbagai unsur menentukan jenis kaca, dan komposisi kimia dari berbagai kaca warna ditunjukkan.

Tabel 2.2: Komposisi kimia dari berbagai jenis kaca warna.

<i>Composition</i>	<i>Clear Glass (%)</i>	<i>Brown Glass (%)</i>	<i>Green Glass (%)</i>
SiO ₂	72.42	72.21	72.38
Al ₂ O ₃	1.44	1.37	1.49
TiO ₂	0.035	0.041	0.04
Cr ₂ O ₃	0.002	0.026	0.13
Fe ₂ O ₃	0.07	0.26	0.29
CaO	11.50	11.57	11.26
MgO	0.32	0.46	0.54
Na ₂ O	13.64	13.75	13.52
K ₂ O	0.35	0.20	0.27
SO ₃	0.21	0.10	0.07

Sebagian butiran partikel kaca digunakan sebagai pengganti dari agregat alami yaitu pasir, sedangkan bubuk kaca akan dipelajari sebagai material pozzolan yaitu bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (SNI 15-2049- 2004).

Tabel 2.3: Unsur kimia dari pecahan kaca, bubuk kaca dan silica

<i>Composition</i>	<i>Crushed Glass (%)</i>	<i>Glass Powder (%)</i>	<i>Silica Fume (%)</i>
SiO ₂	72.61	72.20	89.75
Al ₂ O ₃	1.38	1.54	0.14
Fe ₂ O ₃	0.48	0.48	0.03
CaO	11.70	11.42	0.38
MgO	0.56	0.79	0.05
Na ₂ O	13.12	12.85	0.19
K ₂ O	0.38	0.43	0.34
SO ₃	0.09	0.09	0.04
L.O.I.	0.22	0.36	6.54

2.6 Penggunaan Bahan Tambah Kimia Dalam Campuran Beton

Bahan tambah kimia (*Chemical Admixtures*) adalah suatu bahan selain air, agregat, dan ditambahkan ke campuran (*Batch*) segera, sebelum atau selama

pencampuran, untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton dalam keadaan plastis atau setelah mengeras, (22/SE/M/2015, n.d.).

2.6.1 Bahan Tambah Kimia Untuk Mempercepat Pengikatan (*Akselerator*)

Bahan tambah ini ketika ditambahkan ke beton, mortar atau graut dapat meningkatkan tingkat hidrasi semen hidrolis, mempersingkat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan atau pengembangan kekuatan beton mortar.

Bahan tambah ini berfungsi dengan berinteraksi dengan C3S (tri kalsium silikat) komponen semen sehingga meningkatkan reaksi antara semen dan air.

2.6.2 Keuntungan

- Memperpendek waktu pengikatan dan karenanya mempercepat pencapaian kekuatan.
- Memungkinkan beton dilepas dari cetakan lebih cepat, sehingga pada industri pracetak produksi dapat berjalan dengan cepat.
- Mengurangi segregasi dan meningkatkan kerapatan dan kuat tekan.
- Mengurangi kebutuhan air, *bleeding*, susut dan waktu yang dibutuhkan untuk pengikatan awal.

2.7 Sika *ViscoCreate* 3115 N

Sika *ViscoCrete*-3115N adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama.

Sika *ViscoCrete*-3115N memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.



Gambar 2.1: Sika *ViscoCrete*-3115N.

2.8 *Slump*

Menurut Tjokrodinuljo (2007), kelecakan (sifat plastis, yaitu sifat kelecakan beton segar, antara lain cair dan padat), pada beton segar penting dipelajari karena merupakan ukuran kemudahan beton segar (adukan beton) untuk diaduk dalam bejana pengaduk, diangkut dari tempat pengadukan ke lokasi penuangan, dituang dari bejana pengaduk ke cetakan beton, dan dipadatkan setelah beton segar berada dalam cetakan. Semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar tersebut dikerjakan, (Purnomo, 2014).

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan, (Simanullang, 2017).

2.9 Kuat Tarik Belah Beton

Penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 2491-2014 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton.

Kuat tarik belah benda uji silinder ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (Yuliyanti, 2014).

Kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus

sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder.

Pada saat beban P mencapai maksimum, silinder atau kubus beton yang diuji akan terbelah. Pada umumnya nilai kuat tarik belah beton berkisar $1/8 - 1/12$ nilai kuat tekan beton. Kuat tarik belah beton dihitung sebagai berikut:

$$f'_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \quad (2.1)$$

Keterangan :

f_{ct} = Kuat Tarik Belah (Mpa)

P = Beban tekan Maksimum (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

D = Diameter Benda Uji (mm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

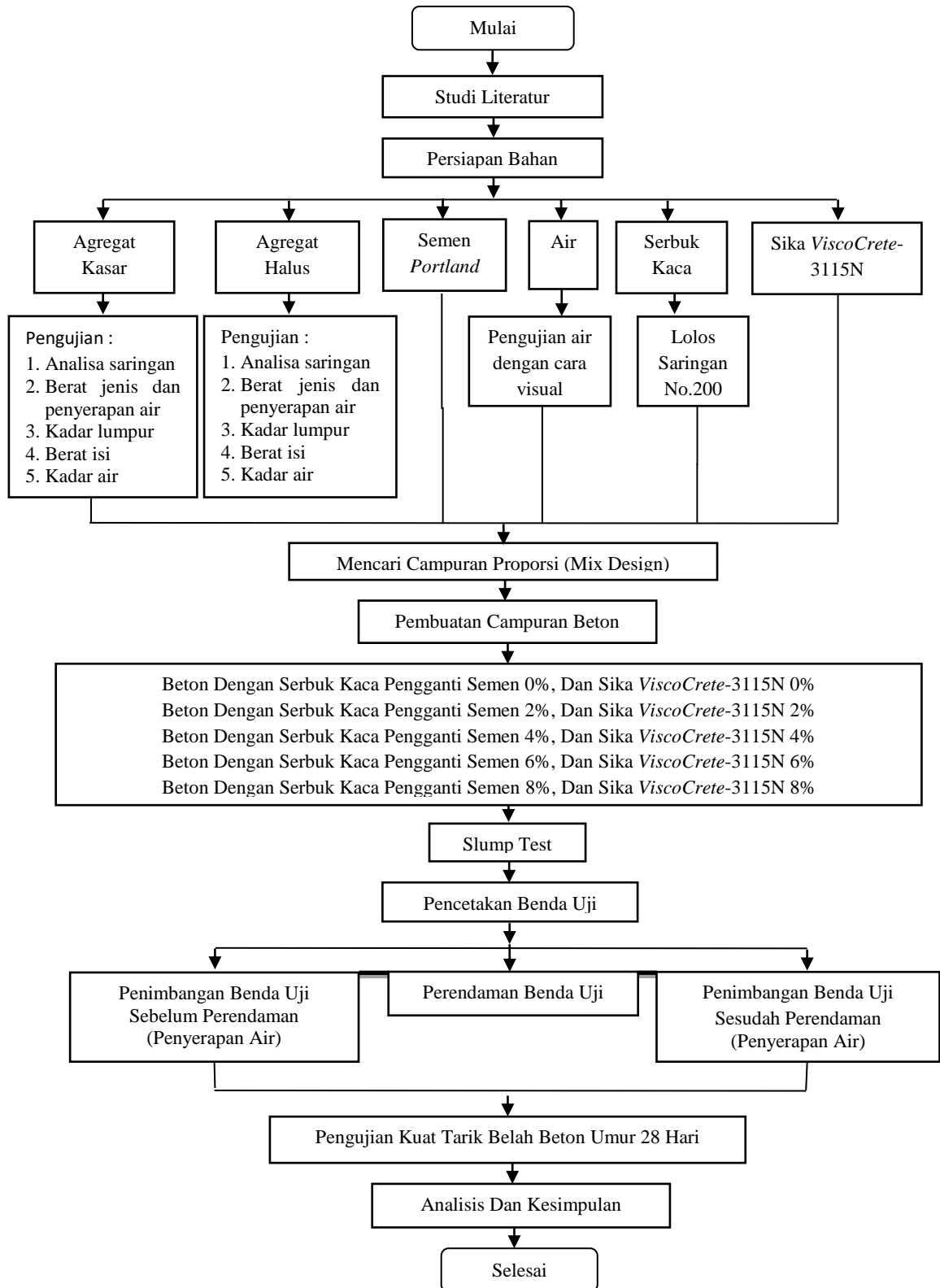
Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat isi dan penyerapan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari *mix design* untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan serbuk kaca parsial semen (*filler*). Pada penelitian ini digunakan serbuk kaca yang lolos dari saringan no.200. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal terhadap volume campuran, beton menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen 2%, 4%, 6%, 8% terhadap volume campuran. Setiap beton yang menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen dilakukan penambahan Sika *ViscoCrete-3115N* 2%, 4%, 6%. dan 8%.

Langkah selanjutnya yaitu membuat campuran beton dan mengecek nilai *slump* beton, setelah melakukan pengujian *slump*, kemudian memasukkan campuran beton ke dalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah \pm 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama dan 28 hari.

Setelah mencapai umur 28 hari, benda uji diangkat dari tempat perendaman kemudian dilakukan pengujian kuat tarik belah beton.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen pada beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Teknik Pengumpulan data terbagi menjadi dua yaitu:

3.2.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968-1990)
- b. Berat jenis dan penyerapan air:
 - (SNI 1969-2008) Agregat kasar.
 - (SNI 1970, 2008) Agregat halus.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur (SK SNI S – 04 – 1989 – F)
- d. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804-1998)
- e. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011)
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*) (SNI 03-2834-2000)
- g. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*) (SNI 1972:2008)
- h. Uji kuat tarik belah beton (SNI 2491-2014)

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis yang dipergunakan yaitu:

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 2491-2014 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa serbuk kaca sebagai pengganti semen dan bahan kimia

Sika *ViscoCrete* 3115 N pada campuran beton. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih 3 bulan.

3.4 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji:
Silinder ukuran 15 cm x 30 cm.
2. Variasi persentase kadar serbuk kaca terhadap semen: 2%, 4%, 6% dan 8%.
3. Serbuk kaca yang digunakan lolos dari saringan no.200.
4. Persentase bahan kimia Sika *ViscoCrete*-3115N: 2%, 4%, 6% dan 8%.

Tabel 3.1: Kebutuhan benda uji yang akan dibuat.

No	Persentase Kadar Serbuk Kaca Terhadap Semen		Sika <i>ViscoCrete</i> - 3115N	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Sampel Silinder
	Semen	Serbuk Kaca			
1	100 %	0 %	0 %	28	3
2	98 %	2 %	2 %	28	3
3	96 %	4 %	4 %	28	3
4	94 %	6 %	6 %	28	3
5	92 %	8 %	8 %	28	3
Jumlah					15

3.5 Bahan Baku dan Peralatan

3.5.1 Bahan Baku

Bahan-bahan pembentuk beton yaitu:

- a. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Andalas (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. PPC (*portland pozzolan cement*) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen

portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6%-40% massa semen portland pozolan.



Gambar 3.2: Semen andalas.

b. Agregat halus (Pasir)

Dalam SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara 'alami' dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pasir sebagai bahan pembentuk beton bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat (SNI 03-2834-2000).



Gambar 3.3: Agregat halus (Pasir).

c. Agregat kasar (Batu pecah)

Menurut SNI 03-2847-2000 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir antara 5 mm sampai 40 mm. Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahanya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.



Gambar 3.4: Agregat kasar (Batu pecah).

d. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air sangat diperlukan pada pembuatan beton, bahkan air merupakan bahan dasar pembuatan beton. Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk memicu terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (SNI 03-2847-2002).



Gambar 3.5: Air.

e. Serbuk kaca

Serbuk Kaca yang digunakan adalah dari botol-botol kaca berwarna hijau yang sudah di haluskan dengan mesin *los angeles* dengan peluru pengaus. Pembuatan Serbuk Kaca dengan *Los Angeles* Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No. 200.



Gambar 3.6: Serbuk kaca.

f. Sika *ViscoCreate-3115N*

Sika *ViscoCreate-3115N* adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar. Sika *ViscoCreate-3115N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.



Gambar 3.7: Sika *ViscoCrete*-3115 N.

3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat beton yaitu:

- a. Alat pengaduk beton (molen)

Molen berguna untuk membuat campuran atau adonan beton



Gambar 3.8: Mesin pengaduk beton.

- b. Satu set saringan untuk agregat kasar dan agregat halus

Satu set saringan agregat kasar; No.1,5", No.3/4", No.3/8", No.4.

Satu set saringan agregat halus; No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan Pan.



Gambar 3.9: Satu set saringan agregat kasar dan halus.

c. Saringan no.200

Saringan No.200 berguna untuk mendapatkan butiran halus serbuk kaca yang lolos saringan No.200 dan tertahan di pan.



Gambar 3.10: Saringan no.200.

d. Timbangan digital

Timbangan digital berguna untuk menimbang bahan dan benda uji.



Gambar 3.11: Timbangan digital.

e. Cetakan Silinder

Cetakan silinder berguna untuk mencetak benda uji.



Gambar 3.12: Cetakan silinder.

f. Mesin *Los Angeles*

Mesin *los angeles* berguna untuk menghaluskan kaca.



Gambar 3.13: Mesin *los angeles*.

g. Oven

Oven berguna untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.



Gambar 3.14: Oven.

h. Kerucut Abrams

Kerucut abrams berguna untuk menguji slump.



Gambar 3.15: Kerucut abrams.

i. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berguna untuk memadatkan benda uji.



Gambar 3.16: Tongkat penumbuk.

j. Penggaris

Penggaris berguna untuk mengukur tinggi slump.



Gambar 3.17: Penggaris.

k. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur takaran air.



Gambar 3.18: Gelas ukur.

l. Plastik

Plastik berguna untuk wadah agregat



Gambar 3.19: Plastik.

m. Sekop Tangan

Sekop tangan berguna untuk mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan.



Gambar 3.20: Sekop tangan.

n. Sendok Semen

Sendok semen berguna untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.21: Sendok semen.

o. Ember

Ember berguna untuk wadah air.



Gambar 3.22: Ember.

p. Pan

Pan berguna untuk wadah campuran pembuatan beton.



Gambar 3.23: Pan.

q. **Mesin Uji Kuat Tarik Belah Beton**

Mesin ini berguna untuk menguji kuat tarik belah beton.



Gambar 3.24: Mesin uji kuat tarik belah beton.

3.6 Pemeriksaan Material

3.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus

3.6.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- d. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- e. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
- g. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C

Perhitungan :

- a. Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) = $\frac{Bk}{B_{ssd}-B_a}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{B_{ssd}}{B_{ssd}-B_a}$
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) = $\frac{Bk}{Bk-B_a}$
- d. Penyerapan Air (*Absorption*) = $\frac{B_{ssd}-Bk}{Bk} \times 100\%$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven (gr)
B_{ssd} = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)
B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.6.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
- c. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

Perhitungan :

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m (0,15 mm)}}{100}$$

3.6.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Benda uji dimasukkan dengan berat 1000 gram Kemudian ditimbang (W1).
- b. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
- f. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
- g. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

W4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.6.1.4 Berat Isi Agregat Halus

Prosedur pengujian

- 1) Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2).
 - e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

- 2) Berat Isi Padat :
- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
 - Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
 - Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
 - Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

Perhitungan :

a. Berat Isi Agregat Lepas) = $\frac{W_3}{V}$

b. Berat Isi Agregat Padat = $\frac{W_5}{V}$

c. Voids = $\frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)

M = Berat Isi Agregat (Kg/lt)

W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/lt

3.6.1.5 Kadar Air Agregat Halus

Prosedur pengujian

- Timbang berat talam kosong dan catat (W1).
- Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$).

- d. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- e. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W_4).
- f. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.6.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

3.6.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. n benda uji dPertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan- bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkaalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- d. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (B_k). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- e. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (B_{Jssd}).
- g. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (B_a). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C

Perhitungan :

- a. Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) = $\frac{B_k}{B_{ssd} - B_a}$

- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{B_{ssd}}{B_{ssd} - B_a}$

- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) = $\frac{B_k}{B_k - B_a}$

$$\text{Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{\text{Bssd}-\text{Bk}}{\text{Bk}} \times 100\%$$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven (gr)
 Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)
 Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.6.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang di tentukan.
- Selanjutnya susun saringan dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakkan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian saringannya ditutup dengan penutup saringan.
- Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit
- Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

Perhitungan :

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$\text{FM} = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m}(0,15 \text{ mm})}{100}$$

3.6.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- Benda uji dimasukkan dengan berat 1000 gram Kemudian ditimbang (W1).
- Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.

- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
- f. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
- g. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

W4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.6.2.4 Berat Isi Agregat kasar

Prosedur pengujian

- 1) Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2). Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
- 2) Berat Isi Padat :
 - a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.

- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

Perhitungan :

$$d. \text{ Berat Isi Agregat Lepas } = \frac{W_3}{V}$$

$$e. \text{ Berat Isi Agregat Padat } = \frac{W_5}{V}$$

$$f. \text{ Voids } = \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$$

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)

M = Berat Isi Agregat (Kg/lt)

W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/lt

3.6.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. Timbang berat talam kosong dan catat (W1). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- b. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$). Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- c. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
- d. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.7 Pembuatan Serbuk Kaca

Pembuatan Serbuk Kaca dengan *Los Angeles* Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No. 200, dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Adapun alat dan bahan serta langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut: (Indrawan & Hastuty, 2016)

1. Alat dan Bahan:
 - a. Mesin *Los Angeles*
 - b. Peluru pengaus
 - c. Ayakan No. 200
 - d. Botol-botol kaca
2. Prosedur pengerjaan:
 - a. Bersihkan botol-botol kaca dari sisa-sisa kotoran
 - b. Masukkan peluru pengaus dan botol-botol kaca yang telah dibersihkan tadi ke dalam mesin *Los angeles*
 - c. Tutup dan kunci mesin *Los Angeles*
 - d. Putar mesin ± 45 menit
 - e. Sampel dikeluarkan dari mesin lalu di ayak dengan ayakan No. 200.

3.8 Perencanaan Pembuatan Campuran (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. 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.

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (3.1)$$

Dengan :

s adalah deviasi standar

x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

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:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 3) 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.
- 4) 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.

Tabel 3.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f_c' + 12$ Mpa
15	1,16

20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.3)$$

Dengan

M adalah nilai tambah

1,64 adalah ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase

Kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sra dalam deviasi standar rencana

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}).

$$f_{cr} = f'c + M$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 Sr \quad (3.4)$$

5. Menetapkan jenis semen.

6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.

7. Menentukan faktor air semen

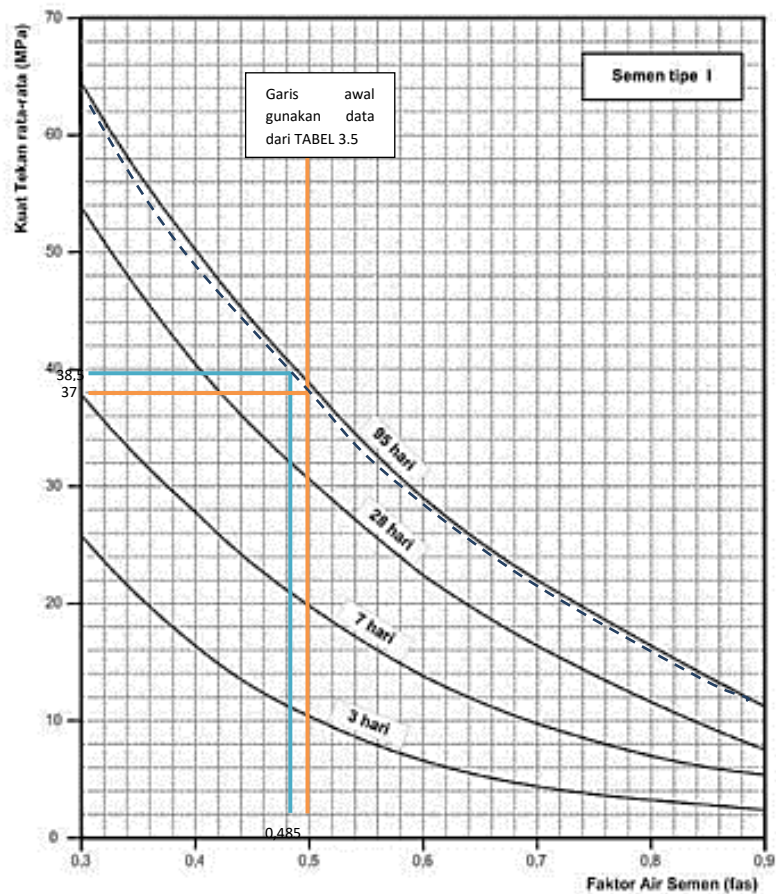
Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel

3.2. Bila dipergunakan gambar 3.26 ikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.3, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 3.26 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 3.3: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> 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 3.25: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

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. Menentukan *slump*.
Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.
10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
Besarnya butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
 - 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - 2) Sepertiga dari tebal pelat.
 - 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.4.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (3.5)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 3.4: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

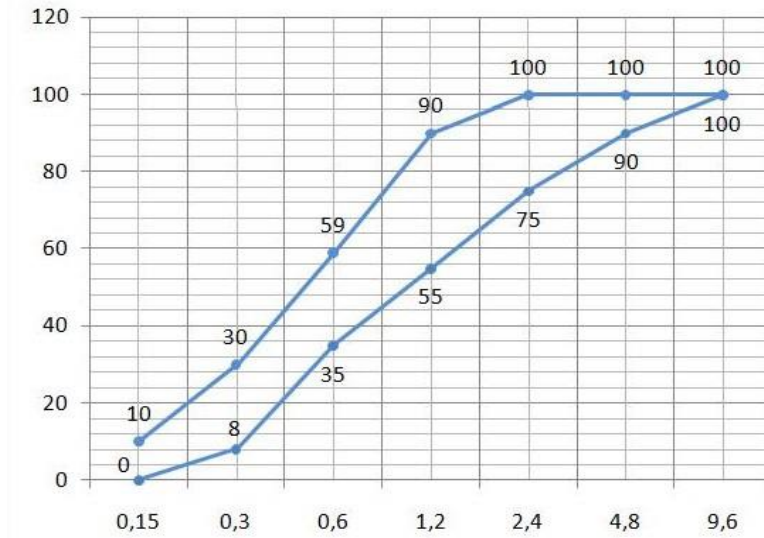
Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.5, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.5: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus.

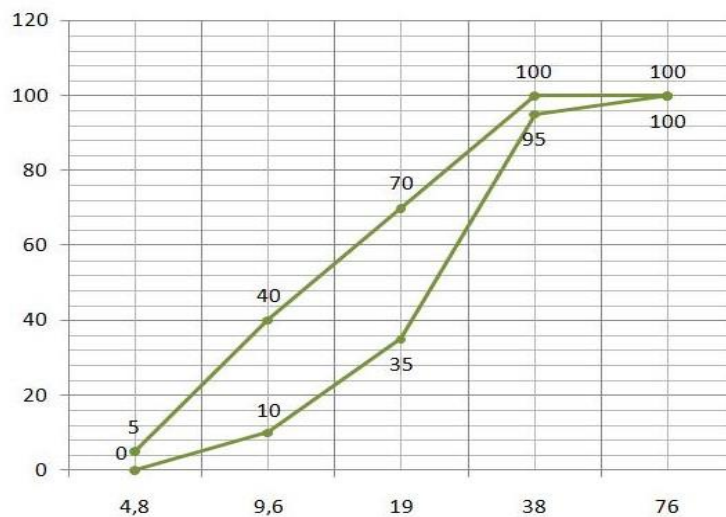
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan; a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55 Lihat Tabel Lihat Tabel

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 harus diperhitungkan kembali.
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 3.26. (ukuran mata ayakan (mm))



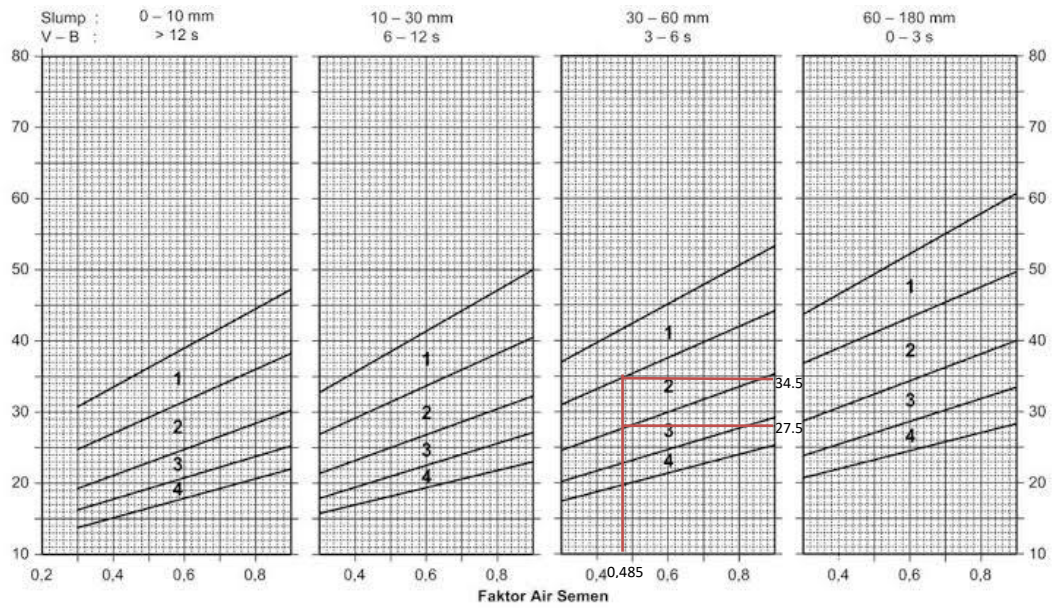
Gambar 3.26: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2.

17. Menentukan susunan agregat kasar



Gambar 3.27: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm.

18. 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.



Gambar 3.28: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

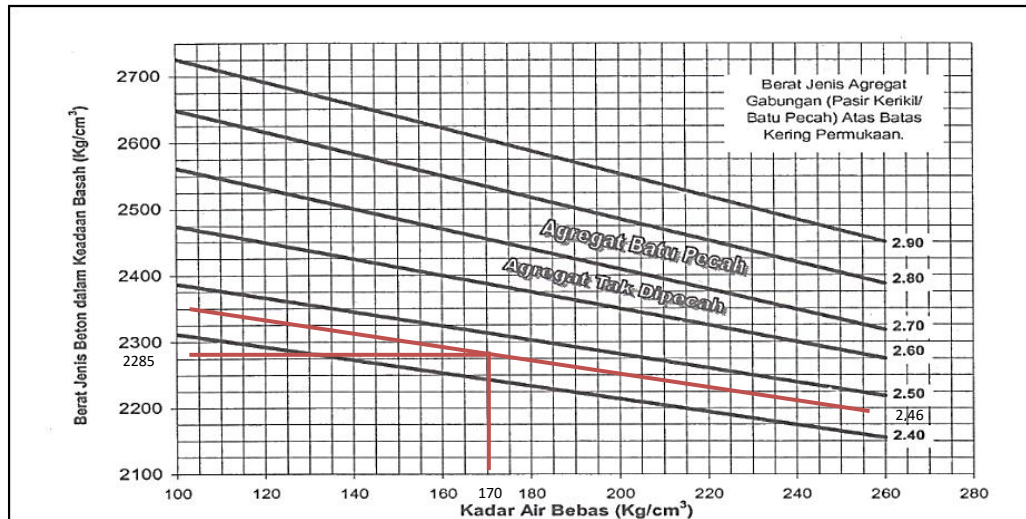
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

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

2) 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

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.30 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.29: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. 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 1m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

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:

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.6)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (3.7)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.8)$$

Dengan:

B = jumlah air (kg/m^3).

C = agregat halus (kg/m^3).

D = agregat kasar (kg/m^3).

Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).

Da = absorpsi agregat kasar (%).

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.9 Metode Pengecoran

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal dan beton serbuk kaca pengganti semen dengan bahan kimia Sika *Viscocrete-3115N* adalah sebagai berikut:

3.9.1 Beton Normal

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut:

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

3.9.2 Beton Serbuk Kaca Pengganti Semen dan Bahan Kimia Sika *ViscoCreate-3115N*.

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton Serbuk Kaca pengganti semen dan Sika *ViscoCreate-3115N* adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
3. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen.
4. Kemudian masukan serbuk kaca dengan variasi yang telah ditentukan. Aduk hingga keempat bahan tersebut tercampur merata.
5. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
6. Kemudian masukkan Sika *ViscoCreate-3115N* sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
7. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
8. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
9. Diamkan selama 24 jam.
10. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.10 Metode Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari. Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembongkaran benda uji dilakukan \pm 24 jam setelah pembuatan.

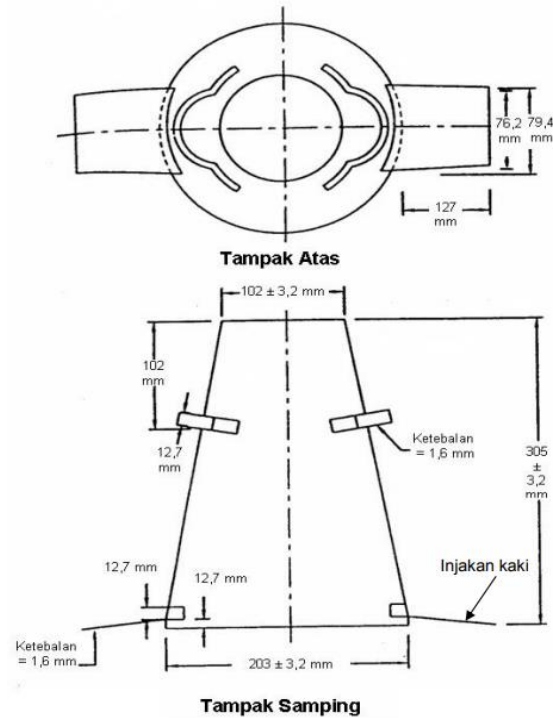
2. Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Untuk pengujian kuat lentur, benda uji direndam selama 28 hari.
3. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.11 Pengujian *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 1972:2008). Langkah-langkah pengujian Slump Test :

1. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Dari contoh beton yang diperoleh menurut Butir 6, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan.
2. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah akan ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.
3. Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

4. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera *slump* dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh.



Gambar 3.30: Cetakan untuk uji *slump* (kerucut Abram).

3.12 Uji Kuat Tarik Belah Silinder

Penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 2491-2014 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Benda uji yang digunakan berupa silinder yang direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Langkah-langkah pengujian sama seperti pengujian kuat tekan, hanya saja pada pengujian ini ditambahkan suatu lempengan plat besi agar dapat membagi beban merata pada panjang silinder. Beban maksimum P selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tarik belah beton (f_t).

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L} \quad (3.9)$$

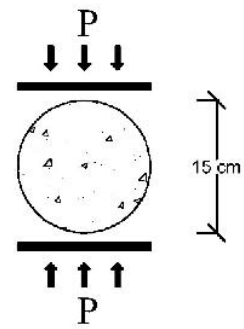
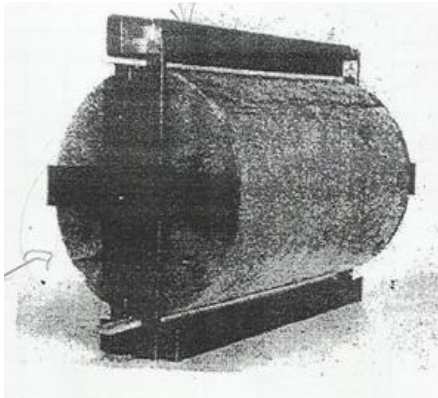
Dimana :

F_{ct} = kuat tarik belah (MPa)

P = beban pada waktu belah (Kg)

D = diameter benda uji silinder (Cm)

L = panjang benda uji silinder (Cm)



Gambar 3.31: Pengujian kuat tarik belah beton.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Pada pemeriksaan bahan penyusun beton peneliti memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, penyerapan serta analisa saringan. Bahan-bahan yang akan digunakan pada pencampuran beton memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi sehingga perlu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun beton.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa agregat halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
4.75 (No. 4)	65	70	135	6,77	6,77	93,23
2.36 (No. 8)	82	80	162	8,12	14,89	85,11
1.18 (No.16)	137	184	321	16,09	30,98	69,02
0.60 (No. 30)	169	136	305	15,29	46,27	53,73
0.30 (No. 50)	464	436	900	45,11	91,38	8,62
0.15 (No. 100)	11	14	25	1,25	92,63	7,37
Pan	69	78	147	7,37	100	0
Total	997	998	1995	100,00	282,92	

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

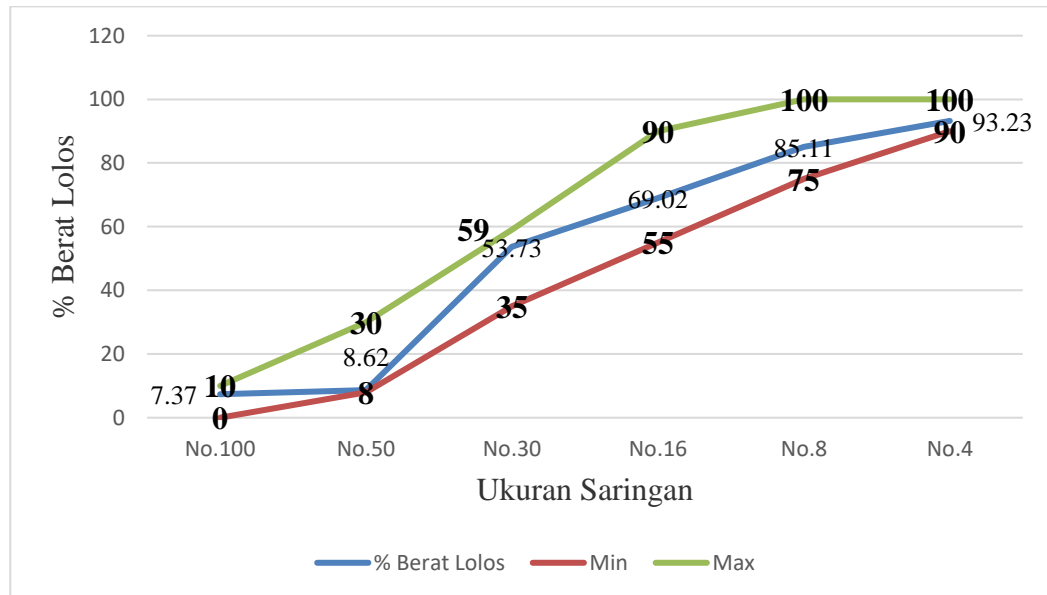
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 2,83 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus.

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lolos Saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50

Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik analisa agregat halus.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 19702008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1	2	Rata-Rata
	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD)kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	492	491	491,5
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (<i>Berat Piknometer penuh air</i>) (D)	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (<i>Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air</i>) (C)	994	989	991.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (<i>Berat jenis contoh kering</i>) $E / (B + D - C)$	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (<i>Berat jenis contoh SSD</i>) $B / (B + D - C)$	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (<i>Berat jenis contoh semu</i>) $E / (E + D - C)$	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	1.63	1.83	1.73

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,42,7 (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	950	951
Wt of SSD sample (berat contoh SSD)	500	500
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah)	936	938
Wt of Mold (berat wadah)	450	451
Wt of Water (berat air)	14	13
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)	486	487
Kadar Air	2.11	2.18
Rata-Rata	2.145	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,145%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 2,11%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 2,18%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata – Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	16840	18900	18965	18235
Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	22167	24227	24292	23562
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.54	1.73	1.73	1.67

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah di cuci	471	479	475
Berat kotoran	29	21	25
Persentase kotoran	6.2	4.4	5.3

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 6,2% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 4,4%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 5,3%.

4.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca

Tabel 4.7: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca.

Serbuk Kaca	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	200	200	200
Berat SSD kering oven (E)	gr	181	184	182,5
Berat Pic + air (D)	gr	690	691	690,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	808	810	809
BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$		2,20	2,27	2,235
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,43	2,46	2,445
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,87	2,83	2,85
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	10,49	8,69	9,59

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar 2,445 gram/cm³. Suatu agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7 gram/cm³. Dalam pengujian Serbuk Kaca ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 9,59%, batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3%.

4.5 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1969-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 in)	65	57	122	2,44	32,82	67,18
9.52 (3/8 in)	1467	1498	2965	59,30	31,36	35,82
4.75 (No. 4)	968	945	1913	38,26	100	0
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0
1.18 (No.16)	0	0	0	0	100	0
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	100	0
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	100	0
0.15 (No.100)	0	0	0	0	100	0
4.2.3 Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2500	2500	5000	100	664.18	

Berdasarkan Tabel 4.8 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$

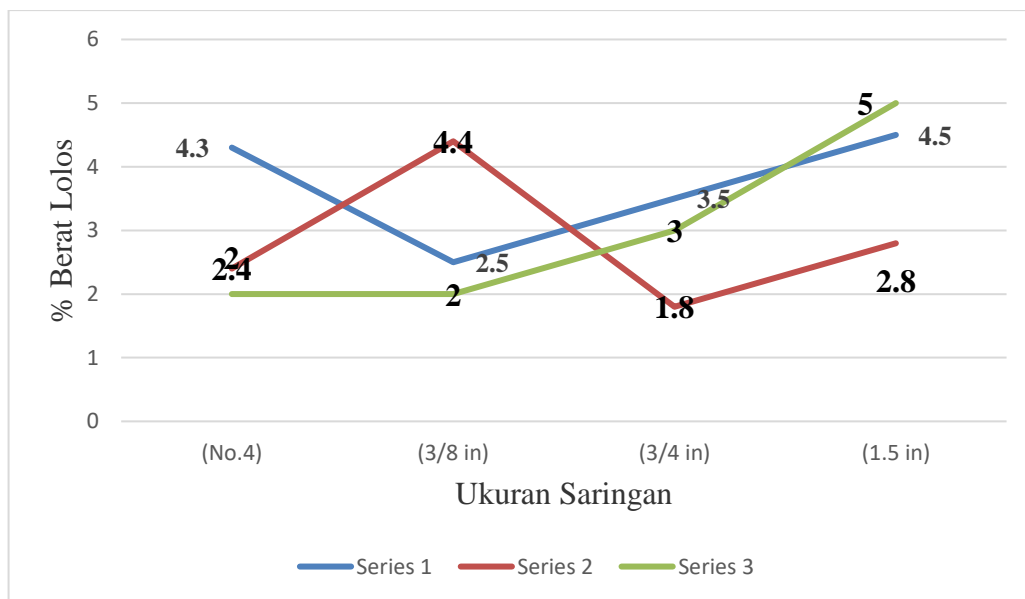
Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,64 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Batas gradasi agregat kasar.

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-

19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Berdasarkan Tabel 4.9 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik analisa agregat kasar.

2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969 2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1 (gr)	2 (gr)	Rata- Rata (gr)
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)			
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $C / (A - B)$	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $A / (A - B)$	2.32	2.51	2.41
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $C / (C - B)$	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption</i> (Penyerapan) $[(A - C) / C] \times 100 \%$	0.85	0.64	0.75
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C)	2776,5	2683	2741

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,41 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang

kadar air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample & Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) <i>gr</i>	1492	1495
<i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD) <i>gr</i>	1000	1000
<i>Wt of Oven Dry Sample & Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah) <i>gr</i>	1482	1486
<i>Wt of Mold</i> (berat wadah) <i>gr</i>	492	495
<i>Wt of Water</i> (berat air) <i>gr</i>	10	9
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering) <i>gr</i>	990	991
<i>Kadar Air</i>	0.505	0.703
Rata-Rata	0.604	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,604%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,505%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,703%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Sample 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	18530	19825	19680	19345
Verat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	23857	25152	25007	24672
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.69	1.81	1.80	1.77

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar $1,77 \text{ gr/cm}^3$. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar $1,5-1,8 \text{ gr/cm}^3$ sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat Contoh Kering	2500	2500	2500
Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci	2477	2489	2483
Berat Kotoran	23	21	22
Persentase Kotoran	0.9	0.8	0.9

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,9% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 0,8%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 0,9%.

4.6 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.14 dibawah ini tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tarik disyaratkan sebesar 25 MPa yang terlampir pada Tabel 4.15 berdasarkan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proposi campuran yang sesuai dengan kuat tarik beton rencana.

Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tarik 25 MPa yang perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4.14: Data-data hasil tes dasar.

NO	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716 gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571 gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,511 gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,165 gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,75 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,73 %
13.	Nilai slump rencana	30-60 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	40 m

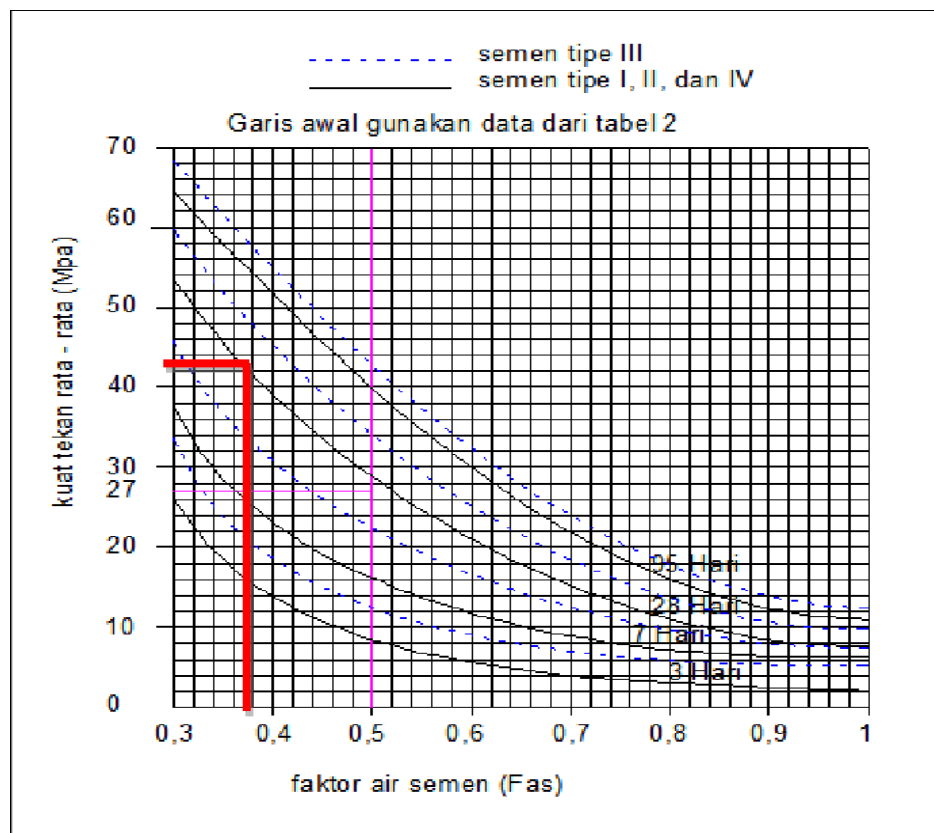
1. Kuat tarik rencana ($f'c$) = 25 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Deviasi standar deviasi karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15

buah, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.

3. Nilai tambah margin (M) adalah 5,7 MPa.
4. Kuat tarik beton rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) :

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + \text{Deviasi standar} + M \\ &= 25 + 12 + 5,7 \\ &= 42,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I (ditetapkan)
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.3 tentang grafik hubungan antara kuat tarik dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tarik beton rata-rata 42,7 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,38.



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan tabel 3.8 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 30-60 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 30-60 mm sehingga dari Tabel 3.7 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.

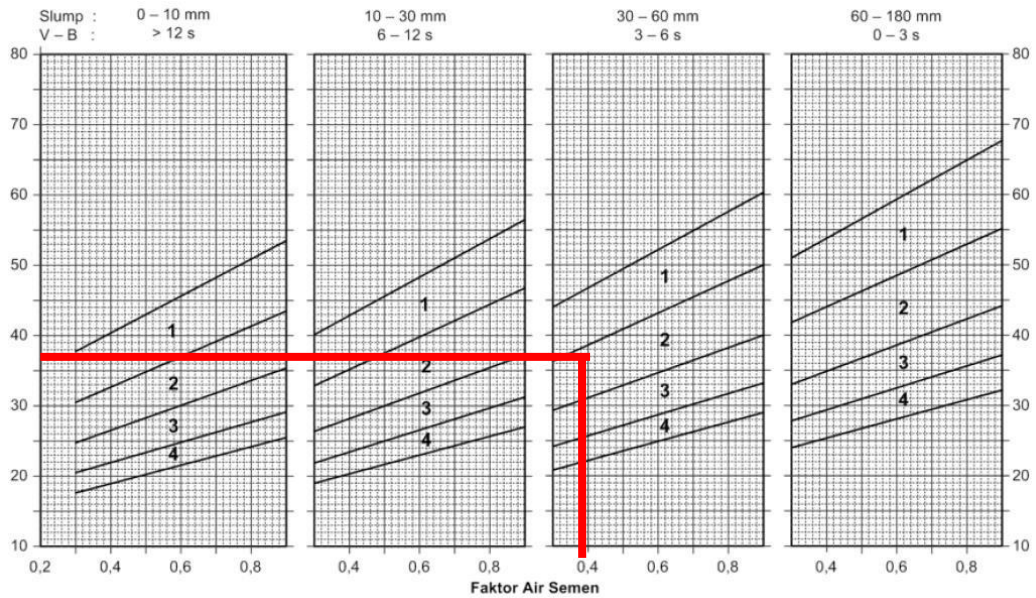
$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\
 &= \frac{170}{0,38} \\
 &= 447,368 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 447,368 kg/m³.
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.8 mempunyai kadar semen minimum per-m³ sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,38.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi pasir no.2.
17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.
18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 30-60 mm, faktor air semen 0,38 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada

gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.4. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar $38\% = 0,38\%$.

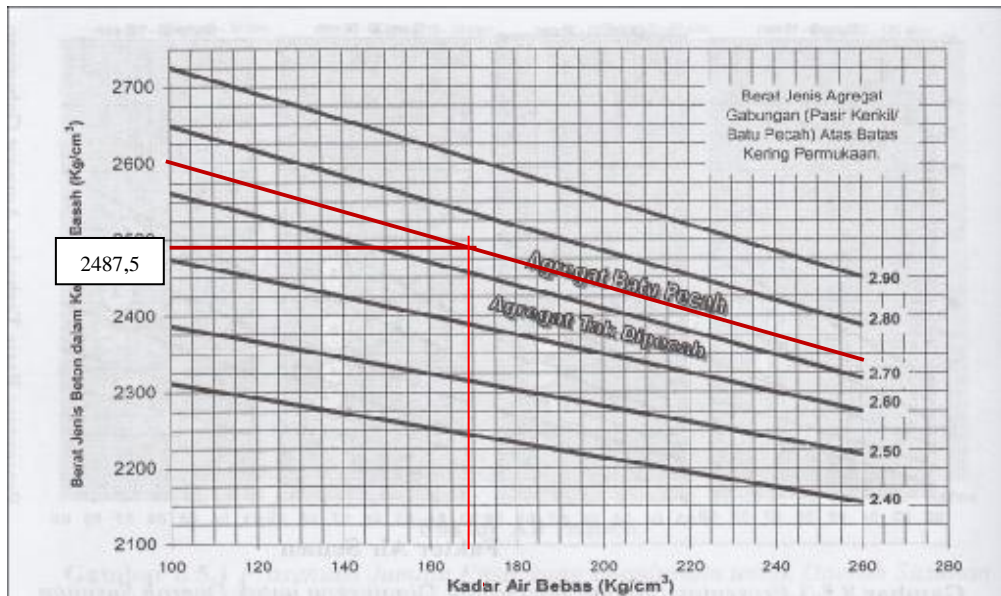


Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

19. Menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Relatif} &= (AH \times BJAH) + (AK \times BJA K) \\
 &= (0,38 \times 2,57) + (0,62 \times 2,72) \\
 &= 2,73
 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,73, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar $2487,5 \text{ Kg/m}^3$.



Gambar 4.5 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\
 &= 2487,5 - (447,368 + 170) \\
 &= 1870,132 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \% \text{AH} \\
 &= 1870,132 \times 0,38\% \\
 &= 710,650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\
 &= 1870,132 - 710,650 \\
 &= 1159,482 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

Tabel 4.15: Proporsi campuran.

Semen (kg)	Air (kg/liter)	Agregat kondisi jenuh kering	
		Halus (kg)	Kasar (kg)
Item no.12	Item no.11	Item no.22	Item no.23
447,368	170	710,650	1159,482

25. Koreksi Proporsi Campuran

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

Diketahui :

-	Jumlah air (B)	= 170 kg/m ³
-	Jumlah agregat halus (C)	= 710,650 kg/m ³
-	Jumlah agregat kasar (D)	= 1159,482 kg/m ³
-	Penyerapan agregat halus (Ca)	= 1,73
-	Penyerapan agregat kasar (Da)	= 0,75
-	Kadar air agregat halus (Ck)	= 2,145
-	Kadar air agregat kasar (Dk)	= 0,604

a. Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100} \\
 &= 165,335 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\text{Agregat Halus} = C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100}$$

$$= 710,650 + (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100}$$

$$= 713,599 \text{ kg/m}^3.$$

c. Agregat kasar

$$\text{Agregat Kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

$$= 1159,482 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100}$$

$$= 1157,766 \text{ kg/m}^3$$

- Semen = 447,368 : 447,368 = 1
- Air = 165,335 : 447,368 = 0,37
- Agregat halus = 713,599 : 447,368 = 1,59
- Agregat kasar = 1157,766 : 447,368 = 2,59

Tabel 4.16: Koreksi propersi campuran.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
447,368	713,599	1157,766	165,335
1	1,59	2,59	0,37

Tabel 4.17: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tarik yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		25 MPa	
2	Deviasi Standar	Tabel 3.2		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	Ditetapkan		5,7 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3		42,7 MPa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Tipe I	
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	Gambar 4.3		0,38	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 3.4		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	Item 12		447,368 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		447,368 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	Item 7		0,38	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Item 18		38 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Item 19		2,73	
20	Berat isi beton	Gambar 4.5		2487,5 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20 - (12 + 11)		1870,132 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21 x 18		710,650 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1159,482 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	447,368	170	710,650	1159,482
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,38	1,59	2,59

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,371	0,900	3,782	6,136
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	447,368	170	710,650	1159,482
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,38	1,59	2,59
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,371	0,900	3,782	6,136

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah :

Tabel 4.19: Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m³).

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
447,368	710,650	1159,482	170
2,371	3,782	6,136	0,900

4.6.1 Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran :

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

Diameter Silinder = 15 cm = 0,15 m

Maka, Volume Silinder yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Atau} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 30 \\
 &= 0,0053\text{m}
 \end{aligned}$$

Maka :

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $447,368 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 2,371 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $710,650 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 3,782 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
 = $1159,482 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 6,136 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $170 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 0,900 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah :

Tabel 4.20: Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
2,371	3,782	6,136	0,900

- a. Menentukan agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.21: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Jumlah agregat kasar}} \times 100$
1,5"	4,449	0,273
¾"	40,890	2,509
3/8"	45,763	2,808
No. 4	8,898	0,546
Total		6,136

Berdasarkan Tabel 4.21 menjelaskan bahwa jumlah yang berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 0,273 kg, saringan ¾" sebesar 2,509 kg, saringan 3/8" sebesar 2,808 kg dan saringan No.4 sebesar 0,546 kg. Total keseluruhan dari agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,136 kg.

- b. Menentukan agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.22: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Jumlah agregat halus}} \times 100$
No.4	0,740	0,028
No.8	6,610	0,250
No.16	19,513	0,738
No.30	24,405	0,923
No.50	26,388	0,998
No.100	19,804	0,749
Pan	2,538	0,096
Total		3,782

Berdasarkan Tabel 4.22 menjelaskan bahwa jumlah berat yang tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,028 kg, saringan No.8 sebesar 0,250 kg, saringan No.16 sebesar 0,738 kg, saringan No.30 sebesar 0,923 kg, saringan No.50 sebesar 0,998 kg,

saringan No.100 sebesar 0,749 kg, dan pan sebesar 0,096 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,782 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 15 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 = Banyak semen 1 benda uji x 15 benda uji
 = 2,371 kg x 15
 = 35,565 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 = Banyak semen 1 benda uji x 15 benda uji
 = 2,782 kg x 15
 = 56,73 kg
- Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 = Banyak Batu Pecah 1 benda uji x 15 benda uji
 = 6,136 kg x 15
 = 92,04 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 = Banyak Air 1 benda uji x 15 benda uji
 = 0,900 L x 15
 = 13,5 liter
- Sika *Viscocrete* 3115 N yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 = Banyak Sika *Viscocrete* 3115 N 1 benda uji x 12 benda uji
 = 142,26 + 284,52 + 426,78 + 569,04
 = 1422,6 gr \approx 1,4 kg

Tabel 4.23: Perbandingan untuk 15 benda uji dalam satuan kg.

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air	:	Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N
35,565 kg	:	56,73 kg	:	92,04 kg	:	13,5 l	:	1,4 kg

4.6.2 Bahan serbuk kaca sebagai pengganti semen

Penggunaan bahan ganti yang digunakan dalam penelitian menggunakan serbuk kaca sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut :

- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 2% untuk 1 benda uji
= 2% x Berat semen
= 2% x 2,371
= 47,42 gr
- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 4% untuk 1 benda uji
= 4% x Berat semen
= 4% x 2,371
= 94,84 gr
- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 6% untuk 1 benda uji
= 6% x Berat semen
= 6% x 2,371
= 142,26 gr
- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 8% untuk 1 benda uji
= 8% x Berat semen
= 8% x 2,371
= 189,68 gr

Bahan campuran serbuk kaca untuk setiap variasi untuk tiap 3 benda uji sebagai pengganti semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut :

- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 2%
= Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
= 47,42 gr x 3
= 142,26 gr
- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 4%
= Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
= 94,84 gr x 3
= 284,52 gr

- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 6%
 - = Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 142,26 gr x 3
 - = 426,78 gr
- Serbuk kaca sebagai pengganti semen 8%
 - = Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 189,68 gr x 3
 - = 569,04 gr

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Serbuk kaca} &= 142,26+284,52+426,78+569,04 \\ &= 1422,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 15 benda uji dalam satuan kg adalah :

Tabel 4.24: Banyak Serbuk kaca yang dibutuhkan untuk 3 benda uji silinder.

Persentase banyaknya serbuk kaca (%)	Banyaknya serbuk kaca dari berat semen (gr)
2	142,26
4	284,52
6	426,78
8	569,04
Banyak Serbuk Kaca untuk penelitian	1422,6

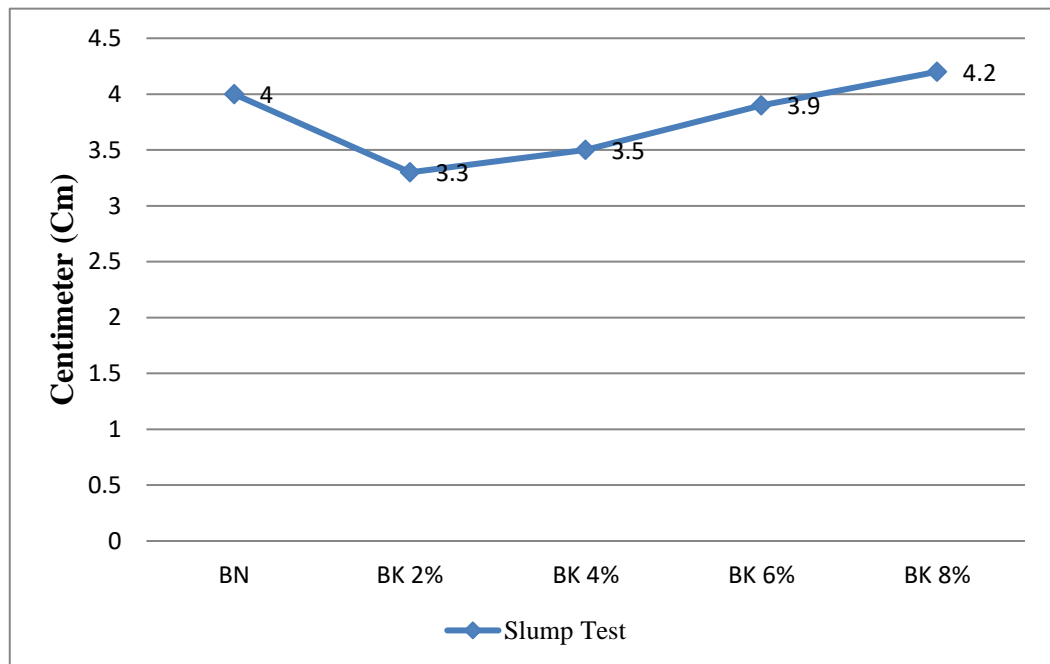
4.7 Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan/rojokan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam

waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4.25: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal	Beton dengan Serbuk kaca 2% sebagai pengganti semen dan campuran Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 2%	Beton dengan Serbuk kaca 4% sebagai pengganti semen dan campuran Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 4%	Beton dengan Serbuk kaca 6% sebagai pengganti semen dan campuran Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 6%	Beton dengan Serbuk kaca 8% sebagai pengganti semen dan campuran Sika <i>Viscocrete</i> 3115 N 8%
Hari	28	28	28	28	28
<i>Slump Test</i> (cm)	4	3,3	3,5	3,9	4,2



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai *slump*.

4.8 Hasil Dan Analisa Penyerapan Air Pada Beton

Tabel 4.26: Hasil pengujian penyerapan beton normal.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		
BN-1	28	12661	12747	86	133,6
BN-1	28	12563	12698	135	
BN-1	28	12874	13054	180	

Tabel 4.27: Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 2% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 2%.

Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		
1	28	12652	12737	85	146,6
2	28	12578	12743	165	
3	28	12887	13077	190	

Tabel 4.28: Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 4% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 4%.

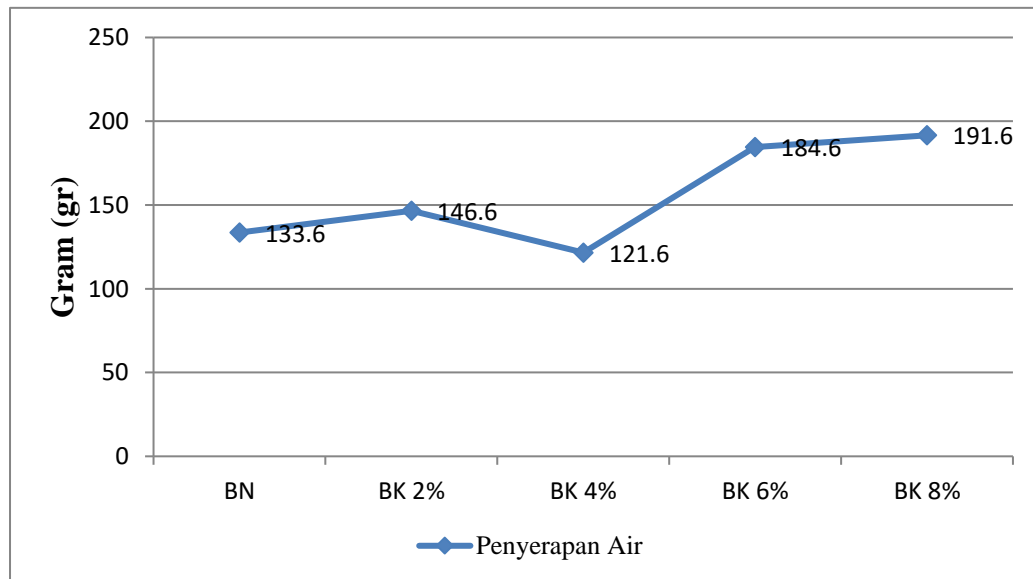
Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		
1	28	12608	12734	126	121,6
2	28	12824	12947	123	
3	28	12896	13012	116	

Tabel 4.29: Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 6% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 6%.

Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		
1	28	12786	12996	210	184,6
2	28	12717	12897	180	
3	28	12914	13078	164	

Tabel 4.30: Hasil pengujian penyerapan beton dengan serbuk kaca 8% dan Sika Viscocrete 3115 N 8%.

Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		
1	28	12783	12998	215	191,6
2	28	12774	12964	190	
3	28	12887	13057	170	



Gambar 4.7: Grafik perbandingan penyerapan air.

4.9 Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 4.31: Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal.

Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi.d.L}$ (MPa)	Fct Rata – Rata (MPa)
Umur 28 Hari					
1	12661	14137	22500	3,18	3,18
2	12563	14137	24000	3,39	
3	12874	14137	21000	2,97	

Tabel 4.32: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 2% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 2%.

Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi.d.L}$ (MPa)	Fct Rata – Rata (MPa)
Umur 28 Hari					
1	12652	14137	22500	3,18	3,11
2	12578	14137	21000	2,97	
3	12887	14137	22500	3,18	

Tabel 4.33: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 4% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 4%.

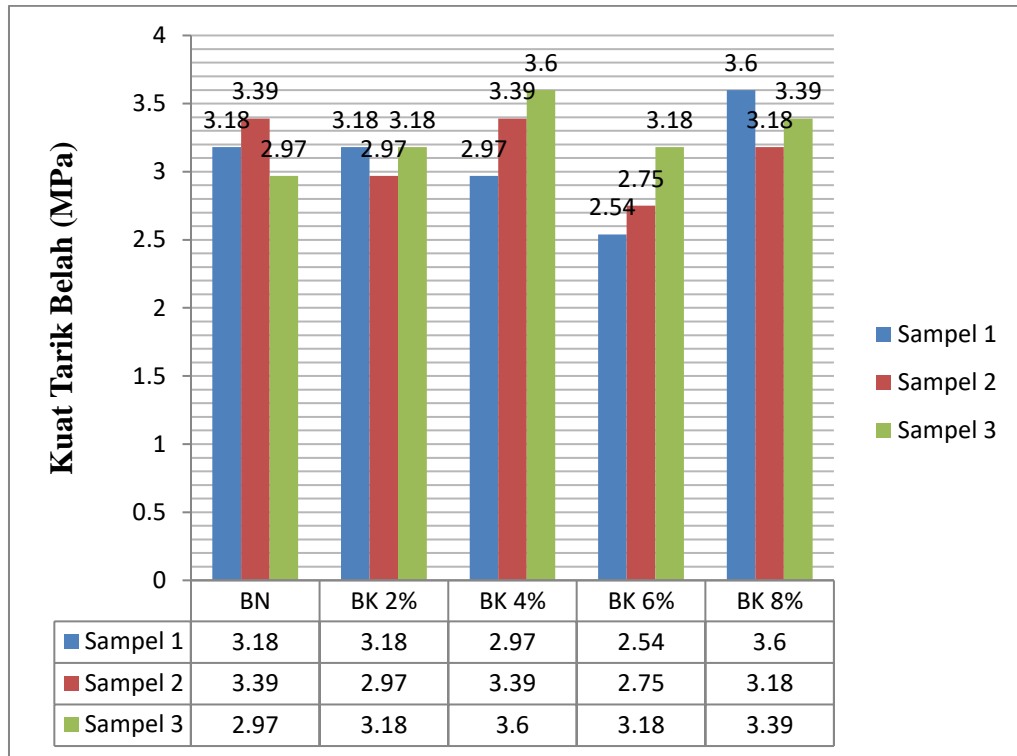
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (MPa)	Fct Rata – Rata (MPa)
Umur 28 Hari					
1	12608	14137	21000	2,97	3,32
2	12824	14137	24000	3,39	
3	12896	14137	25500	3,60	

Tabel 4.34: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 6% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 6%.

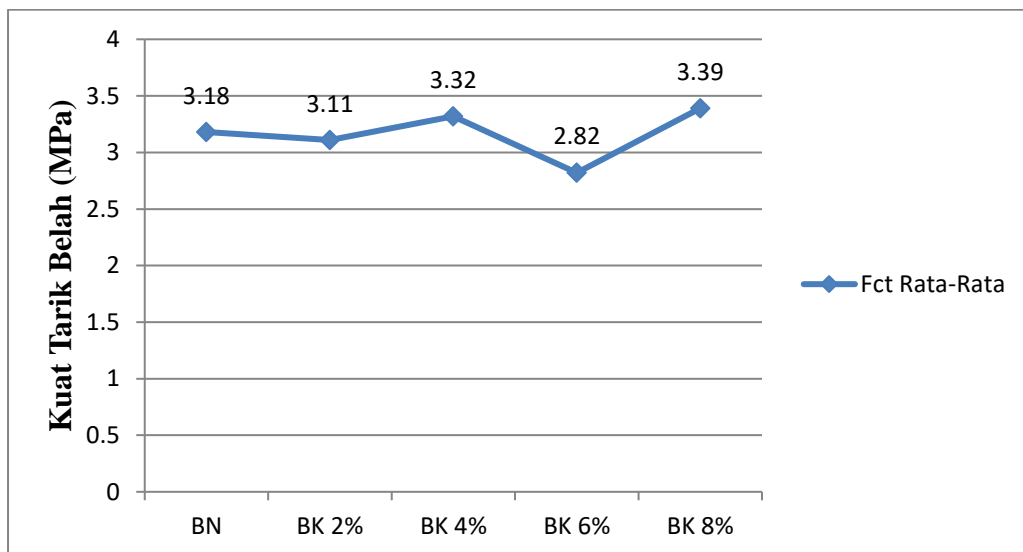
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (MPa)	Fct Rata – Rata (MPa)
Umur 28 Hari					
1	12786	14137	18000	2,54	2,82
2	12717	14137	19500	2,75	
3	12914	14137	22500	3,18	

Tabel 4.35: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 8% dan Sika *Viscocrete* 3115 N 8%.

Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (MPa)	Fct Rata – Rata (MPa)
Umur 28 Hari					
1	12783	14137	25500	3,60	3,39
2	12774	14137	22500	3,18	
3	12887	14137	24000	3,39	



Gambar 4.8: Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.9: Grafik persentase nilai Fct Rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BK 8% mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 3,39 MPa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,18 MPa, maka beton BK 8% memperoleh kenaikan sebesar

0,21 MPa. Tetapi pada BK 6% memperoleh penurunan sebesar 0,36 MPa, ini dikarenakan pada saat akan pengujian beton tidak diangin-anginkan hingga kering permukaan selama satu hari dari sebelum pengujian.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

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

a. Berdasarkan perencanaan beton serbuk kaca sebagai bahan ganti parsial semen dengan bahan tambah Sika *Viscocrete* 3115 N pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi:

$$(BN) = 3,18 \text{ MPa}$$

$$(BK 2\%) = 3,11 \text{ MPa}$$

$$(BK 4\%) = 3,32 \text{ MPa}$$

$$(BK 6\%) = 2,82 \text{ MPa}$$

$$(BK 8\%) = 3,39 \text{ MPa}$$

b. Berdasarkan perencanaan beton serbuk kaca sebagai bahan ganti parsial semen dengan bahan tambah Sika *Viscocrete* 3115 N terhadap penyerapan air pada beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi:

$$(BN) = 133,6 \text{ gr}$$

$$(BK 2\%) = 146,6 \text{ gr}$$

$$(BK 4\%) = 121,6 \text{ gr}$$

$$(BK 6\%) = 184,6 \text{ gr}$$

$$(BK 8\%) = 191,6 \text{ gr}$$

2. Kadar optimum Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BK 8% mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 3,39 MPa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,18 MPa, maka beton BK 8%

memperoleh kenaikan sebesar 0,21 MPa. Tetapi pada BK 6% memperoleh penurunan sebesar 0,36 MPa.

5.2 Saran

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

1. Diperlukan adanya penelitian beton dengan substitusi serbuk kaca lebih lanjut seperti substitusi terhadap agregat halus pada beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai serbuk kaca yg bervariasi, misalnya menggunakan kaca yang berwarna lain selain kaca warna hijau.
3. Selama proses pencampuran beton, sebaiknya jangan terlalu cepat untuk mendapatkan campuran yang benar-benar menyatu/homogen.
4. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- 22/SE/M/2015.(n.d.).150509324422_SE_M_2015_Pedoman_Penggunaan_Bahan_Tambah_Kimia_(Chemical_Adixture)_dalam_Beton.
- Amiwarti. (2019). Analisa Pengaruh Serbuk Kaca Dan Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Alternatif Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Deformasi*, 4-1, 1-12.
- Apriwelni, S. (2020). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Fly Ash Dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi. *J.Saintis*, 20(01), 61-68.
- Aryastana, P. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Dan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Jenis Beton. *Paduraksa*, 6(2), 190-202.
- Indra Gunawan, L. (2019). Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Normal Berdasarkan Gradasi Pasir Zona 3. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (Modulus)*, 1(1), 7-10.
- Kosim. (2014). Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 170-178.
- Prayuda, H. (2016). Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 19(2), 148-156.
- Purnomo, H. (2014). Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kekuatan Tekan Dan Kekuatan Tarik Belah Beton. *Jurnal Fropil*, 2(1), 45-55.
- Simanullang, R. (2017). Pengaruh Pencampuran Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal d-3 Teknik Sipil*, 1-7.
- Sunarmasto. (2016). Pengaruh Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan, Permeabilitas Air, Dan Penetrasi Air Beton Mutu Tinggi Berserat Galvanis. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 750-758.

- Yuliyanti, T. (2014). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–10.
- SNI 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- SNI 03-1968-1990. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–17.
- SNI 03-2834-2000, T. C. P. R. C. B. N. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000*. 1–34.
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. *Balitbang PU*, 1–6.
- SNI 1969-2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. *Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 1970. (2008). Standar Nasional Indonesia Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1971-2011. (2011). Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. *Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1972:2008. (2008). Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 5.
- SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. (2014). *SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. 12.

LAMPIRAN



Lampiran 1: Agregat kasar.



Lampiran 2: Agregat halus.



Lampiran 3: Air.



Lampiran 4: Sika *viscocrete* 3115 N.



Lampiran 5: Botol kaca.



Lampiran 6: Semen portland.



Lampiran 7: Saringan agregat kasar.



Lampiran 8: Saringan agregat halus.



Lampiran 9: Cetakan silinder.



Lampiran 10: Oven.



Lampiran 11: Gelas ukur.



Lampiran 12: Kerucut abrams.



Lampiran 13: Mixer beton.



Lampiran 14: Timbangan.



Lampiran 15: Tongkat penumbuk.



Lampiran 16: Besi plat 2m x 1m.



Lampiran 17: Bak perendaman.



Lampiran 18: Alat tulis.



Lampiran 19: Ember.



Lampiran 20: Plastik.



Lampiran 21: Sendok semen.



Lampiran 22: Penggaris.



Lampiran 23: Sekop tangan.



Lampiran 24: Skrap.



Lampiran 25: Masker.



Lampiran 26: Sarung tangan.



Lampiran 27: Proses pembuatan adukan beton.



Lampiran 28: Proses pengujian *slump test*.



Lampiran 29: Proses perojokan adukan beton.



Lampiran 30: Perendaman benda uji.



Lampiran 31: Beton normal.



Lampiran 32: Beton V-2%.



Lampiran 33: Beton V-4%.



Lampiran 34: Beton V-6%.



Lampiran 35: Beton V-8%.



Lampiran 36: Proses pengujian kuat tarik belah beton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama	: Arief Husein Pulungan
Panggilan	: Arief
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 09 Januari 1998
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Alamat Sekarang	: Dusun XII Jalan Dharmais II KCVRI
Agama	: Islam
Nama Orang Tua	
Ayah	: Zahiruddin Pulungan
Ibu	: Yurina
No.Hp/Tlpn Seluler	: 0896-8660-8540
Email	: ariefhusein66@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa	: 1607210193
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Peguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi	: JL. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan Kelulusan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SD Karya Bunda	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP Swasta Taman Harapan	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK N 2 Medan	2013 - 2016