

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI
SEBAGIAN PASIR PADA CAMPURAN BETON DAN
BONDCRETE DITINJAU DARI KUAT TARIK BELAH
BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FAKHRI
1607210206



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



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

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

Bila menjawab surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Fakhri
Npm : 1607210206
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi
Sebagian Pasir Pada Campuran Beton dan *Bondcrete*
Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah Beton (Studi
Penelitian).
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 13 November 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain.

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Fakhri

NPM : 1607210206

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Campuran Beton dan *Bondcrete* Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah 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, 13 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



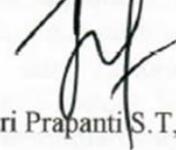
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Sri Prapanti S.T., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fakhri
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Gading, 6 Juli 1998
NPM : 1607210206
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Campuran Beton Dan *Bondcrete* Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah 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 atau keserjana saya.

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

Medan, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,



Muhammad Fakhri

ABSTRAK

PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA CAMPURAN BETON DAN *BONDCRETE* DITINJAU DARI KUAT TARIK BELAH BETON (STUDI PENELITIAN)

Muhammad Fakhri
1607210206
Dr. Fahrizal Zulkarnain.

Perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia setiap tahun selalu meningkat. dan memberikan dampak positif dan negatif terhadap kehidupan sehari-hari. Dampak negatif yang paling utama adalah limbah kaca yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama di kota besar. Tujuan penelitian ini untuk melihat sejauh mana pengaruh penggunaan kaca sebagai pengganti agregat dalam beton dan dengan penambahan *bondcrete* pada campuran beton dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik belah pada beton, hasil pengujian kuat tarik belah beton normal dan beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan persentase 0%, 6%, 8%, 10% dan bahan tambah *bondcrete* 2%. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tarik belah yang dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh kuat tarik belah beton dengan *bondcrete* meningkat 5,06% pada variasi serbuk kaca 10% yaitu 3,73 Mpa dibanding kuat tarik belah normal yaitu 3,54 Mpa.

Kata Kunci: serbuk kaca, kuat tarik belah, *bondcrete*.

ABSTRACT

THE UTILIZATION OF GLASS POWDER AS A SAND SUBSTITUTION IN CONCRETE AND BONDCRETE MIXED ASSESSED FROM THE STRENGTH OF CONCRETE PULLING (RESEARCH STUDY)

Muhammad Fakhri
1607210206
Dr. Fahrizal Zulkarnain.

The development of technology in human life is always increasing every year, and provide positive and negative impacts on daily life. The most important negative impact is the glass waste that is generated from people's lives, especially in big cities. The purpose of this study was to see the extent to which the effect of using glass as a substitute for aggregate in concrete and the addition of bondcrete to the concrete mixture can increase or decrease the split tensile strength in concrete, the results of testing the split tensile strength of normal concrete and concrete using glass powder as a partial substitution of fine aggregate with percentages of 0%, 6%, 8%, 10% and 2% added bondcrete. The test carried out is the split tensile strength which is carried out when the specimen is 28 days old. From the test results, it was found that the split tensile strength of concrete with bondcrete increased 5.06% in the 10% variation of glass powder, namely 3.73 Mpa compared to the normal tensile strength of 3.54 Mpa.

Keywords: glass powder, split tensile strength, bondcrete.

KATA PENGANTAR

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 “Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Campuran Beton Dan *Bondcrete* Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
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 Sri Prafanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak 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 ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Nasib Mardian dan Ibunda tercinta Rosnasari yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Muhammad Azizi Surbakti, Fajar Riski, Handrian Wijaya, Muhammad Reja Palepy, Muhammad Indra dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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, 13 November 2020.

Penulis



Muhammad Fakhri
NPM.1607210206

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
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	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Pembahasan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen	4
2.3 Agregat	5
2.3.1 Agregat Kasar	5
2.3.2 Agregat Halus	6
2.4 Air	6
	vii

2.5 Kaca	6
2.6 Bahan Tambah Kimia	8
2.6.1 Bondcrete	8
2.7 Mix Design	9
2.8 Nilai Slump Beton	25
2.9 Kuat Tarik Belah Beton	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian	27
3.1.1 Data Primer	29
3.1.2 Data Sekunder	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Bahan dan Peralatan	29
3.3.1 Bahan	29
3.3.2 Peralatan	30
3.4 Desain dan Jumlah Benda Uji	30
3.5 Pemeriksaan Material	31
3.5.1 Pemeriksaan Agregat Halus	31
3.5.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	31
3.5.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	32
3.5.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	32
3.5.1.4 Berat Isi Agregat Halus	33
3.5.1.5 Kadar Air Agregat Halus	34
3.5.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	35
3.5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	35
3.5.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	36
3.5.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar	36

3.5.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	37
3.5.2.5 Kadar Air Agregat Kasar	38
3.6 Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	38
3.7 Pembuatan Serbuk Kaca	48
3.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	48
3.9 Pemeriksaan Slump Test	50
3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	50
3.11 Pengelolahan Data	50
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat	52
4.1.1 Hasil Dan Analisa Agregat Halus	52
4.1.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	52
4.1.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	53
4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	54
4.1.1.4 Berat Isi Agregat Halus	55
4.1.1.5 Kadar Air Agregat Halus	55
4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	56
4.1.2.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	56
4.1.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	57
4.1.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar	58
4.1.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	58
4.1.2.5 Kadar Air Agregat Kasar	59
4.1.3 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca	60
4.2 Rancang Campur Dan Kebutuhan Bahan	60
4.2.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang	60
4.2.2 Kebutuhan Bahan	62

4.3 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Segar	64
4.3.1 Pengujian Slump (slump rencana 30 – 60 mm)	64
4.3.2 Berat Isi Beton	65
4.4 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Keras	66
4.4.1 Kuat Tarik Belah Beton	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Kandungan Kimia Serbuk Kaca (Purnomo, dkk, 2014)	7
Tabel 2.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	10
Tabel 2.3: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	11
Tabel 2.4: <i>Lanjutan Tabel 2.3</i>	12
Tabel 2.5: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	14
Tabel 2.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	15
Tabel 2.7: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.	16
Tabel 2.8: <i>Lanjutan tabel 2.7</i>	17
Tabel 2.9: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.	18
Tabel 3.1: Jumlah benda uji yang akan dibuat dibawah ini:	30
Tabel 3.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	40
Tabel 3.3: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	41
Tabel 3.4: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	44
Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	52
Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan spesifikasi Zona 2.	53
Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	54
Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	55
Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.	55

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	56
Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm.	57
Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	58
Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	58
Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar	59
Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca.	60
Tabel 4.12: Perencanaan campuran beton normal mutu sedang.	61
Tabel 4.13: Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran.	63
Tabel 4.14: Hasil pengujian slump.	64
Tabel 4.15: Hasil pengujian berat isi beton.	65
Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Lem Beton Bondcrete.	9
Gambar 2.2: Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).	12
Gambar 2.3: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm)	13
Gambar 2.4: Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1.	19
Gambar 2.5: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2.	19
Gambar 2.6: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3.	19
Gambar 2.7: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4.	20
Gambar 2.8: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm.	20
Gambar 2.9: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm.	20
Gambar 2.10: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm.	21
Gambar 2.11: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir Maksimum (10mm).	21
Gambar 2.12: Batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm.	22
Gambar 2.13: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm.	22
Gambar 2.14: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	22
Gambar 2.15: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	23
Gambar 2.16: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.	23
Gambar 2.17: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	24
Gambar 2.18: Pengujian Kuat tarik belah beton.	26
Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan	28
Gambar 3.2: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	42

Gambar 3.3: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	45
Gambar 3.4: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	45
Gambar 3.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	46
Gambar 3.6: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	47
Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus	54
Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar	57
Gambar 4.3: Grafik slump rata-rata	64
Gambar 4.4: Grafik nilai kuat tarik semua variasi	66
Gambar 4.5: Grafik nilai kuat tarik belah rata-rata	67

DAFTAR NOTASI

F_{ct} =kuat tarik belah	(MPa)
P = Beban maksimum beban belah	(N)
L = Panjang benda uji silinder	(mm)
D = Diameter benda uji silinder	(mm)
B = Berat SSD agregat halus	(Gr)
E = Berat SSD kering oven agregat halus	(Gr)
D = Berat Pic + air	(Gr)
C = Berat SSD + berat pic + air	(Gr)
A = Berat SSD agregat kasar	(Gr)
B = Berat SSD di dalam air	(Gr)
C = Berat SSD kering oven agregat kasar	(Gr)
Ca = Penyerapan agregat halus	(%)
Da = Penyerapan agregat kasar	(%)
Ck = Kadar air agregat halus	(%)
Dk = Kadar air agregat kasar	(%)

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1: <i>Compressing Test Machine</i>	72
Gambar L-2: Mesin <i>los angeles</i>	72
Gambar L-3: Saringan Agregat Kasar	73
Gambar L-4: Saringan Agregat Halus	73
Gambar L-5: Cetakan Silinder	74
Gambar L-6: Oven	74
Gambar L-7: Gelas Ukur	75
Gambar L-8: Kerucut Abrams	75
Gambar L-9: <i>Mixer</i> Beton	76
Gambar L-10: Timbangan	76
Gambar L-11: Tongkat Penumbuk	77
Gambar L-12: Bak Perendaman	77
Gambar L-13: Ember	78
Gambar L-14: Sendok semen dan sekop tangan	78
Gambar L-15: Penggaris	79
Gambar L-16: Semen	79
Gambar L-17: Agregat Kasar	80
Gambar L-18: Agregat Halus	80
Gambar L-19: Serbuk Kaca	81
Gambar L-20: Lem Beton <i>Bondcrete</i>	81
Gambar L-21: Mengaduk Semua Agregat	82
Gambar L-22: Pengujian Slump Test	82
Gambar L-23: Perojokan Adukan Beton dicetakan	83
Gambar L-24: Perendaman Benda Uji	83
Gambar L-25: Beton Normal	84
Gambar L-26: Beton Variasi Serbuk Kaca 6%	84
Gambar L-27: Beton Variasi Serbuk Kaca 8%	85
Gambar L-28: Beton Variasi Serbuk Kaca 10%	85
Gambar L-29: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-6%	86

Gambar L-30: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-8%	86
Gambar L-31: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-10%	87

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia setiap tahun selalu meningkat. Perkembangan ini memberikan dampak positif dan negatif terhadap kehidupan sehari-hari. Dampak negatif yang paling utama adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia, limbah ini sebagian besar langsung dibuang ke alam tanpa dilakukan pengolahan.

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama di kota besar seperti Medan dan kota lainnya, 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 suatu inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca yang ada sebagai salah satu material campuran beton. Dalam hal ini kaca akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton. Dengan penggunaan kaca sebagai agregat halus diharapkan dapat menjadi material alternatif campuran beton dan diharapkan akan mengurangi limbah kaca yang dapat merusak lingkungan. (Srie Gunarti, 2014)

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Sejauh mana pengaruh penggunaan kaca sebagai pengganti agregat halus pada beton dan terhadap karakteristik kuat tarik belah beton?
2. Apakah dengan penambahan *Bondcrete* pada campuran beton dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik belah pada beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tarik belah beton
2. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 6%, 8%, 10% sebagai substitusi agregat halus dengan umur 28 hari.
3. Melakukan pengujian kuat tarik belah dari beton normal dan beton dengan penggunaan agregat kaca dan *bondcrete*, kemudian memperbandingkan hasilnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memeriksa hasil pengujian kuat tarik belah beton normal dan beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan persentase 0%, 6%, 8%, 10% dan bahan tambah *Bondcrete* 2% yang akan dibuat pada 28 hari, apakah menaikkan kualitas beton atau sebaliknya.
2. Untuk Mengetahui pengaruh serbuk kaca dan *Bondcrete* yang digunakan secara bersamaan pada campuran beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tarik belah beton normal dengan beton yang memakai serbuk kaca dan *Bondcrete* 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 Beton

Berdasarkan SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Menurut (Asih, 2018) beton merupakan material yang menyerupai batu diperoleh dengan membuat suatu campuran. Campuran dengan proporsi tertentu dari semen, pasir dan agregat lainnya dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Tingkat mutu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik dalam pemilihan bahan-bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonomis dari segi biayanya (Karwur, dkk, 2013)

2.2 Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu semen non hidrolis dengan semen hidrolis. Semen non hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras dengan air, tetapi dapat mengeras menggunakan udara. Contoh dari semen non hidrolis yaitu kapur. Sedangkan semen hidrolis ialah semen yang dapat mengikat dan mengeras dengan air. (Ikhsan, dkk, 2016)

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat- silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu. Semen *Portland* merupakan

bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. (Purnomo, dkk 2014)

2.3 Agregat

Agregat merupakan 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 adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. (Purnomo, dkk 2014).

2.3.1 Agregat Kasar

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 1/5
4. Jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan,
5. Agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%,
6. 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. Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

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

2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *Portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan atau diaduk, dituang dan dipadatkan. (Purnomo, dkk 2014).

2.5 Kaca

Kaca merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dan rumah tangga yang tidak bisa terurai, Hal ini tentu saja menyebabkan pencemaran lingkungan, baik pencemaran pada tanah maupun air secara tidak langsung serta mengganggu ekosistem yang ada.(Sudjati, dkk 2014). Namun limbah kaca dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan pengisi pada beton karena kaca memiliki ketahanan terhadap cuaca dan serangan zat kimia yang baik (Andilolo, dkk.).

Tabel 2.1: Kandungan Kimia Serbuk Kaca (Purnomo, dkk, 2014).

Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	61,72%
Al ₂ O ₃	3,45%
Fe ₂ O ₃	0,18%
CaO	2,59%

Penggunaan serbuk kaca pada beton juga memiliki kelemahan yang perlu mendapat perhatian. Unsur pokok dari kaca adalah silika. Terdapat indikasi bahwa terjadi pengembangan atau *expansion* pada volume beton, meskipun menggunakan *low alcali cement*. Salah satu dampak dari penggunaan agregat kaca pada beton adalah terjadinya *alkali silica reaction* (ASR) antara pasta semen dan agregat kaca. ASR adalah reaksi yang terjadi antara ion hidroksil dalam air pori beton dengan silika yang mungkin terdapat dalam beberapa agregat. Produk dari reaksi ini adalah gel yang akan menyerap air atau menyebabkan pengembangan beton. Jika hal ini terjadi, tekanan yang dihasilkan akan menyebabkan *microcracking*, pengembangan, dan pada akhirnya menimbulkan penurunan kekuatan beton setelah jangka waktu yang lama (Herbudiman, dkk, 2011). Sebenarnya ASR dapat juga terjadi pada beton biasa bila agregat alaminya banyak mengandung silika. Untuk itu sejumlah teknik telah dikembangkan untuk mengurangi efek tersebut salah satunya yaitu dengan menggunakan botol berwarna hijau seperti botol bekas Heineken dan Equil, karena dari hasil penelitian Columbia University didapatkan menghasilkan reaksi ASR yang kecil. (Wisnuseputro, 2009).

Menurut (Srie Gunarti, 2014) Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air dan kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya, adapun penggunaan aditif untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama harganya mahal.

Limbah kaca biasanya dipisahkan berdasarkan penggunaan akhirnya dan berdasarkan penggunaan akhirnya kaca dipisahkan berdasarkan warna kaca, secara garis besar kaca dibagi menjadi tiga warna:

1. Bening/tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai alat rumah tangga.
2. Hijau, biasanya digunakan sebagai botol minuman bir atau wine.
3. Coklat, biasanya digunakan sebagai botol minuman ringan.

Menurut (Indrawan dkk, 2016) Beberapa sifat-sifat kaca secara umum adalah

- a. Padatan *amorf* atau *short range order*
- b. Berwujud padat tapi susunan atom- atomnya seperti pada zat cair
- c. Tidak memiliki titik lebur yang pasti ada range tertentu
- d. Transparan, tahan terhadap serangan kimia, kecuali hidrogen fluorida.

Karena itulah kaca banyak dipakai untuk peralatan laboratorium seperti efektif sebagai isolator dan mampu menahan vakum tetapi rapuh terhadap benturan.

2.6 Bahan Tambah Kimia

Bahan tambah bermanfaat sebagai pengganti keseluruhan atau sebagian material pembentuk beton. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton (Handono dkk, 2019). Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. (Prayitno dkk, 2016). bahan tambah tipe C merupakan suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton (SNI 03-2495-1991).

2.6.1 Bondcrete

Bondcrete merupakan perekat yang sangat kuat kuat yang digunakan sebagai lem beton atau sealer. Bondcrete juga dapat digunakan dalam campuran beton dan meningkatkan pencegahan keretakan pada beton dan pelapukan dini.



Gambar 2.1: Lem Beton Bondcrete.

2.7 Mix Design

Metode perhitungan yang digunakan dalam langkah-langkah cara perancangan campuran atau Mix Design adalah SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal” ialah:

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

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

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 :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.4)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah atau 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 factor pengali dari Tabel 2.6.

Tabel 2.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

- 5) Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 4 diatas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{ct} harus diambil tidak kurang dari ($f'c+12 \text{ Mpa}$)

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.5)$$

Dengan:

M : nilai tambah

1,64 : ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sr : deviasi standar rencana

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

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

$$f_{cr} = f'_c + 1,64 S_r \quad (2.6)$$

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 factor 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 2.7. Bila dipergunakan gambar 2.1 atau 2.2 ikuti langkah-langkah berikut :

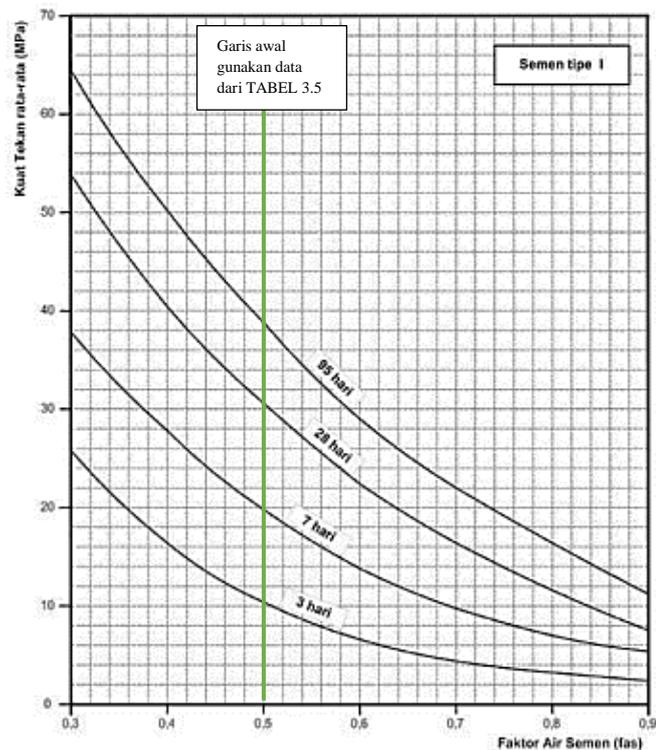
- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2.7, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 2.1 untuk benda uji berbentuk silinder atau gambar 2.2 untuk benda uji berbentuk kubus;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 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 2.3: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

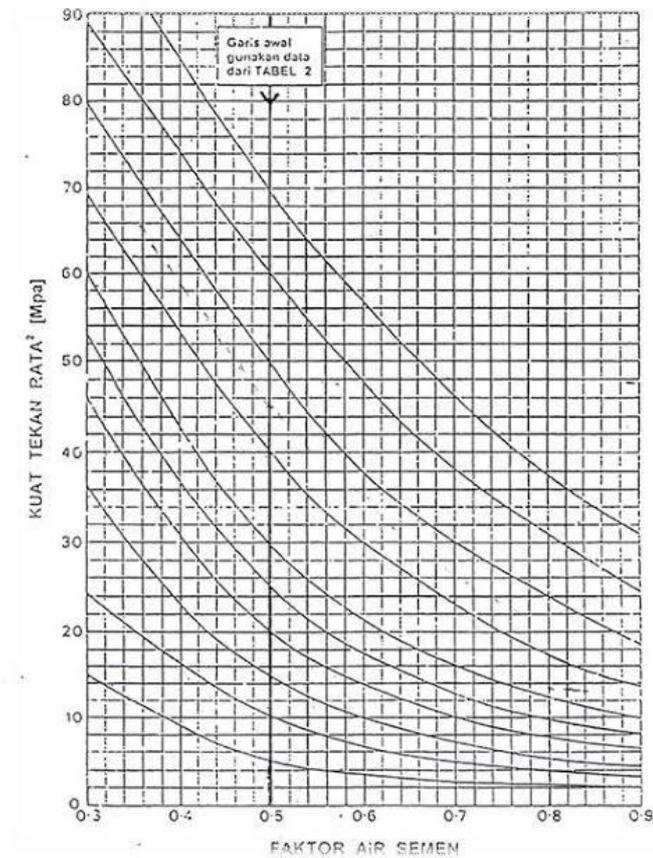
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen portland Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	

Tabel 2.4: Lanjutan Tabel 2.3

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 2.2: Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).



Gambar 2.3: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm).

8. Menentukan factor air semen maksimum (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak).
Jika nilai factor 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 menurut butir 4.2.3.5 dari Tabel 3

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada table 2.7 dan grafik 2.1 atau 2.2.
- 2) agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.7)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 2.8.

Tabel 2.5: 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 yang besarnya adalah kadar semen 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 table 2.9, 2.10, 2.11 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 2.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan 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	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan;		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 2.10
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.11
b. Air laut		Lihat Tabel 2.11

Tabel 2.7: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.a.s
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2.	0,2-0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55

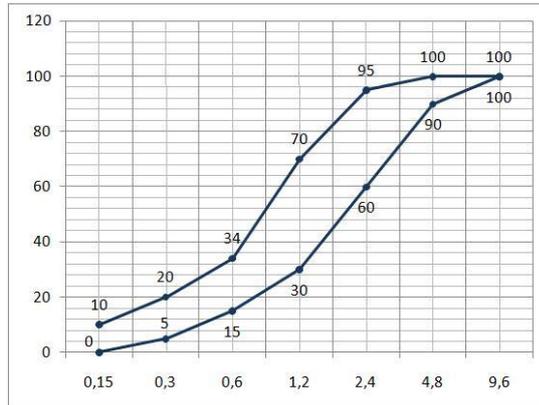
Tabel 2.8: Lanjutan tabel 2.7.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.a.s
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
3.	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

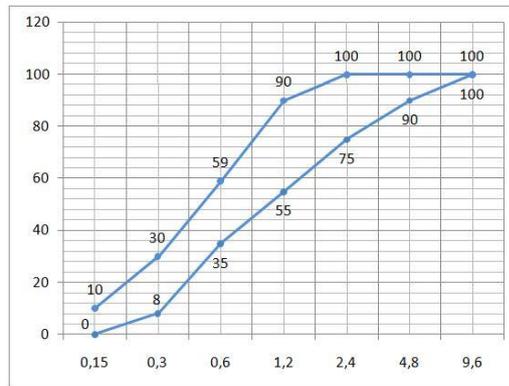
Tabel 2.9: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan		
	Air laut	0,50	Tipe II atau Tipe V	340	380
		0,45	Tipe II atau Tipe V		

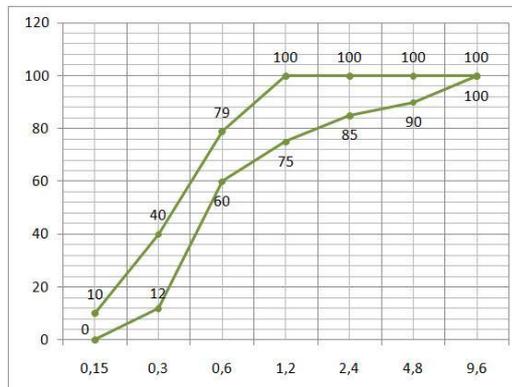
15. Menentukan factor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir 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 2.3 sampai dengan 2.6. (ukuran mata ayakan (mm))



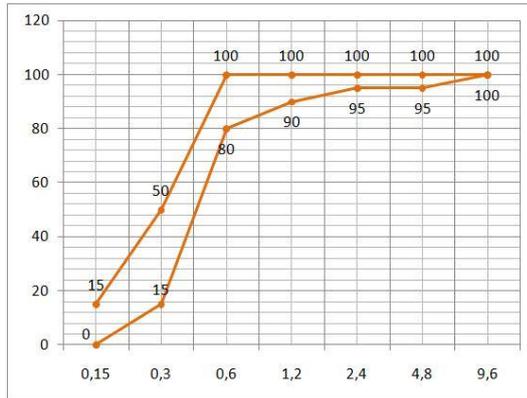
Gambar 2.4: Batas gradasi pasir (Kasar) No.1.



Gambar 2.5: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No.2.

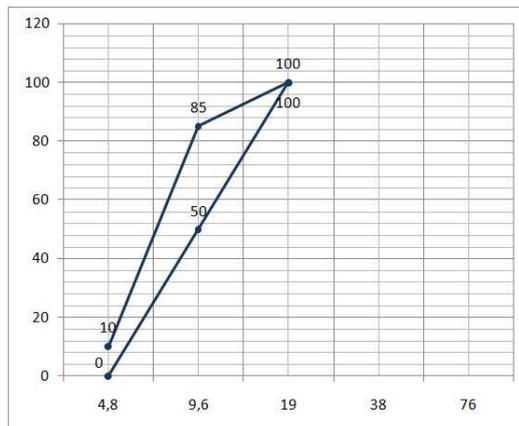


Gambar 2.6: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No.3.

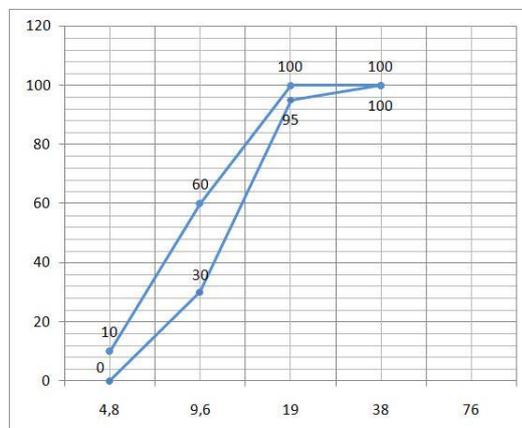


Gambar 2.7: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4.

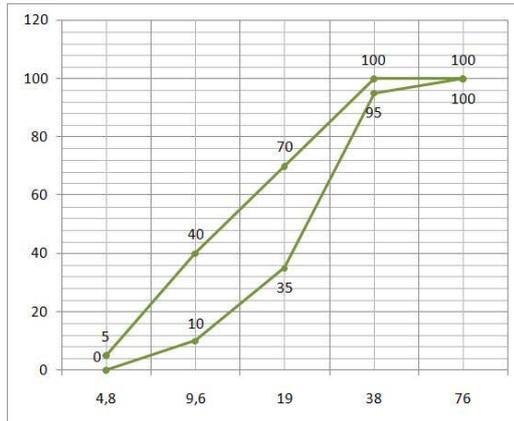
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 2.7, 2.8, atau 2.9.



Gambar 2.8: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm.

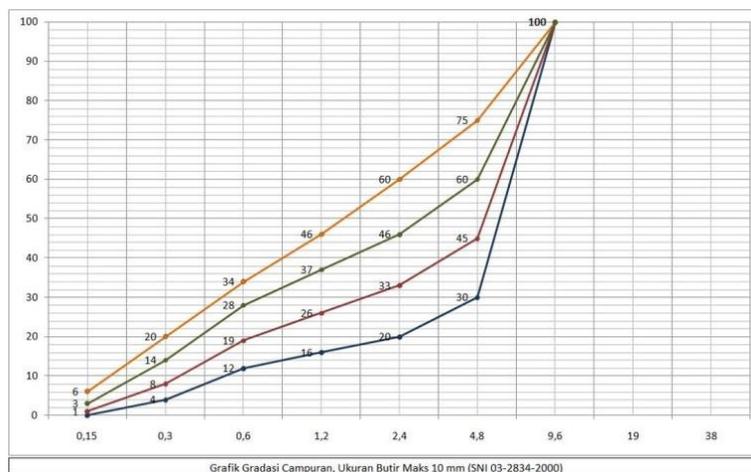


Gambar 2.9: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm.

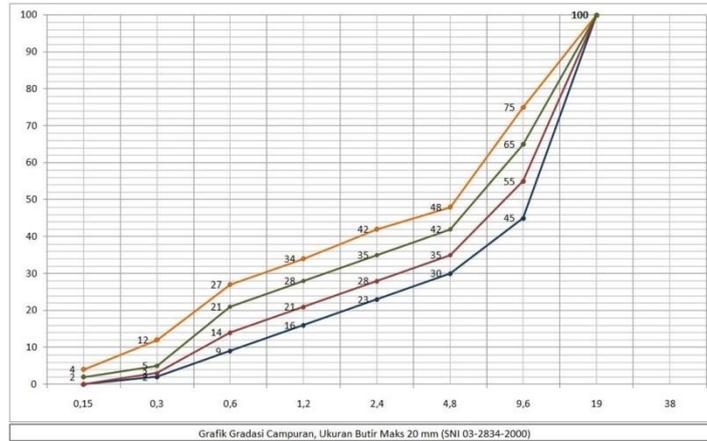


Gambar 2.10: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 40 mm.

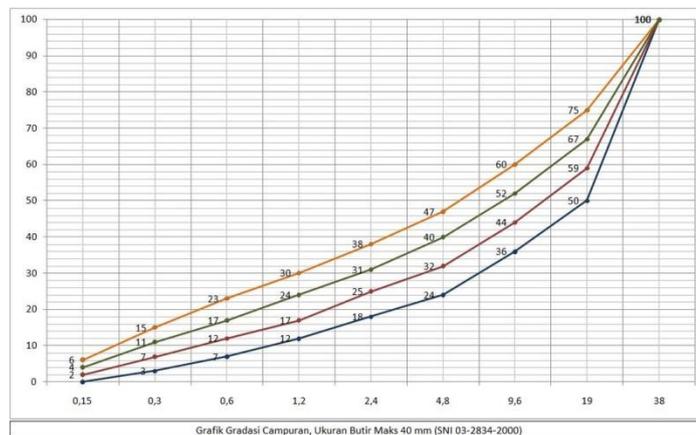
18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan gambar 2.14 sampai dengan 2.16 dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.



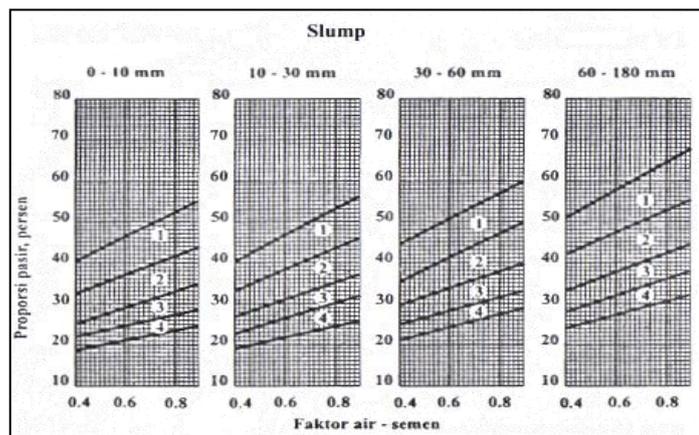
Gambar 2.11: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir Maksimum (10mm).



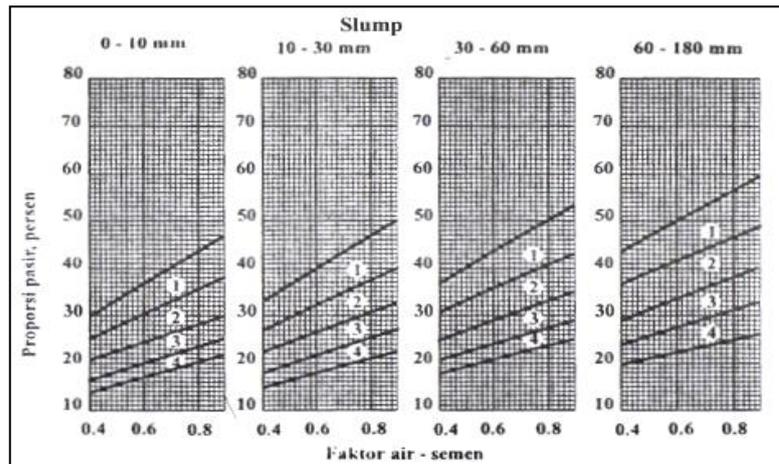
Gambar 2.12: Batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm.



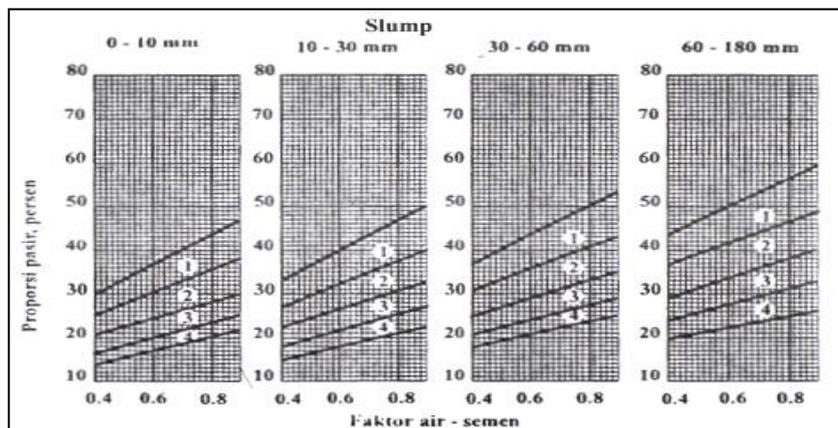
Gambar 2.13: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm.



Gambar 2.14: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



Gambar 2.15: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.



Gambar 2.16: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

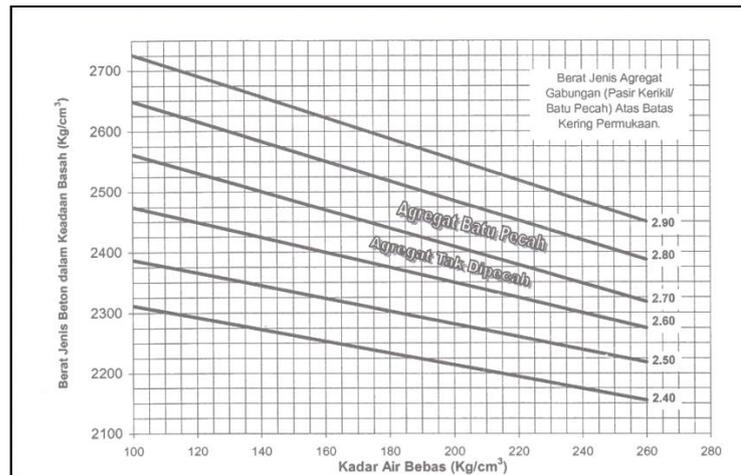
19. Menghitung berat jenis relative agregat.

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 2.17 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 2.8 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 2.17: 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 1 m³ 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:

$$\text{a. Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$$

$$\text{b. Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (2.9)$$

$$\text{c. Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.0)$$

Dengan:

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

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

D : jumlah 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 (%).

26. Membuat campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:

- 1) Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak, maka campuran perlu dibetulkan;
- 2) Kalau slumpnya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena factor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
- 3) Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka factor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 2.1 atau 2.2.

2.8 Nilai Slump Beton

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. Nilai slump diperoleh dari selisih antara

tinggi alat uji dengan penurunan kerucut benda uji. Semakin besar penurunan semakin besar nilai slump yang diperoleh.

2.9 Kuat Tarik Belah Beton

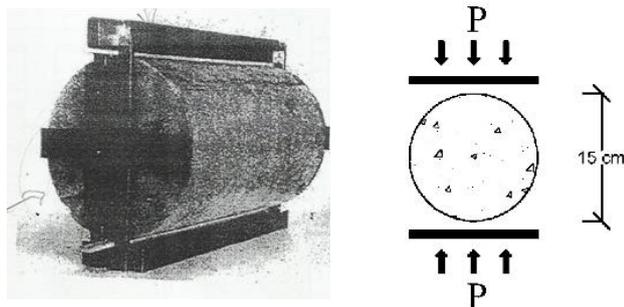
Kuat tarik belah beton benda uji silinder beton ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji. Kuat tarik belah seperti inilah yang diperoleh melalui metode pengujian kuat tarik belah dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*.

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan percobaan di laboratorium menggunakan Persamaan berikut:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (1)$$

dengan pengertian:

- F_{ct} : kuat tarik belah (MPa)
- P : beban maksimum beban belah (N)
- L : Panjang benda uji silinder (mm)
- D : Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.18: Pengujian Kuat tarik belah beton.

BAB 3

METODE PENELITIAN

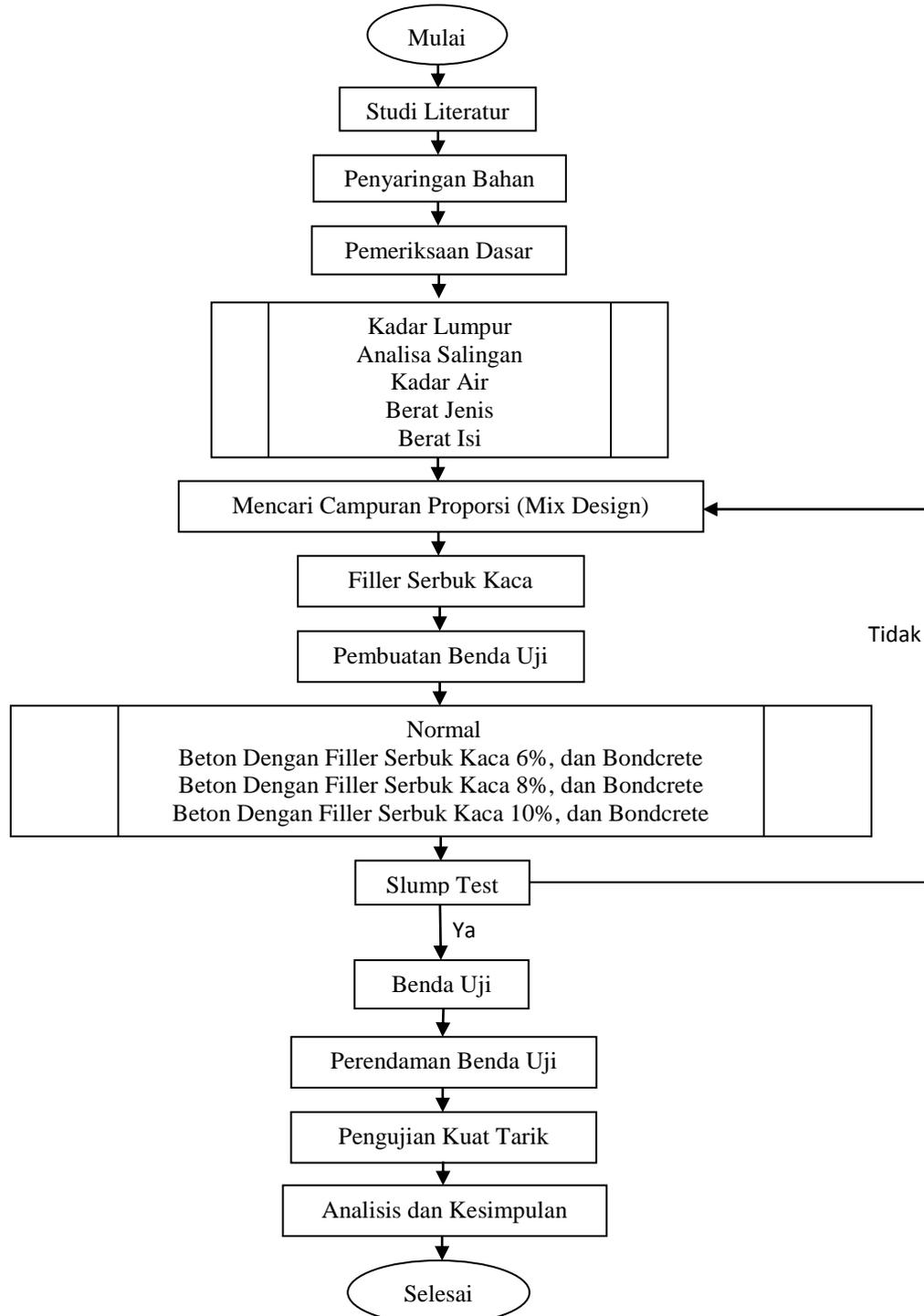
3.1 Metode Penelitian

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 dan berat isi 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 bahan tambah kaca yang telah dihancurkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal, beton menggunakan *filler* serbuk kaca 6% terhadap volume campuran, beton menggunakan *filler* serbuk kaca 8% terhadap volume campuran, dan beton menggunakan *filler* serbuk kaca 10% terhadap volume campuran. Setiap beton yang menggunakan *substitusi* serbuk kaca dilakukan penambahan *Bondcrete*. Langkah selanjutnya yaitu membuat campuran beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian slump, kemudian memasukkan campuran beton kedalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji dидiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah ± 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 28 hari.

Setelah mencapai umur 28 hari, benda uji diangkat dari tempat perendaman kemudian dilakukan pengujian kuat tarik belah beton. Dari pengujian kuat tarik belah yang dilakukan, kita dapat memperoleh data-data yang

dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan pelaksanaan dari penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada bagan alir di bawah ini :



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

3.1.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- g. Uji kuat tarik beton.

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah 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.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di Laboratorium berupa substitusi sebagian agregat halus dengan serbuk kaca pada campuran beton. Waktu penelitian direncanakan 3 bulan yakni mulai bulan Juli – September 2020.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan pembentuk beton yaitu:

- a. Semen.

- b. Agregat halus.
- c. Agregat kasar.
- d. Air.
- e. Serbuk Kaca.
- f. Bondcrete.

3.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat beton yaitu:

- a. Alat pengaduk beton (*Mixer*).
- b. Alat pendukung pengujian dan pembuatan beton.

3.4 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji:
Silinder ukuran 30 cm x 15 cm.
2. Variasi persentase serbuk kaca: 6%, 8%, 10%.
3. Serbuk kaca yang digunakan adalah lolos saringan No.30.

Tabel 3.1: Jumlah benda uji yang akan dibuat dibawah ini:

Beton	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Sampel
		Silinder
Beton Normal	28	3
Beton Serbuk Kaca 6%	28	3
Beton Serbuk Kaca 8%	28	3
Beton Serbuk Kaca 10%	28	3
Jumlah		12

3.5 Pemeriksaan Material

3.5.1 Pemeriksaan Agregat Halus

3.5.1.1 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
- c. tetap.
- d. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- e. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- f. 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.
- g. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
- h. 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*) = $\frac{Bk}{Bssd - Ba}$

b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{Bssd}{Bssd - Ba}$

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

d. Penyerapan Air (*Absorption*) = $\frac{Bssd - bk}{Bk} \times 100\%$

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)

3.5.1.2 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

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

3.5.1.3 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 ($W_4 = W_3 - W_2$).

Perhitungan :

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

Keterangan :

W_1 = Berat Agregat

W_4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.5.1.4 Berat Isi Agregat Halus

Prosedur pengujian

1) Berat Isi Lepas :

- a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W_1).
- 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 (W_2).
- e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2) Berat Isi Padat :

- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W_1).
- 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 (W_4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{a. Berat Isi Agregat Lepas} &= \frac{W_3}{V} \\ \text{b. Berat Isi Agregat Padat} &= \frac{W_5}{V} \\ \text{c. Voids} &= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \end{aligned}$$

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/l)

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

3.5.1.5 Kadar Air Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Timbang berat talam kosong dan catat (W_1).
- b. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W_2).
- c. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W_3 = W_2 - W_1$).
- 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 :

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

3.5.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

3.5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

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 oC 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) $= \frac{Bk}{Bssd - Ba}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) $= \frac{Bssd}{Bssd - Ba}$
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) $= \frac{Bk}{Bk - Ba}$
- d. Penyerapan Air (*Absorption*) $= \frac{Bssd - bk}{Bk} \times 100\%$

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)

3.5.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan.
- c. 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.
- d. Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (sieve shaker). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit.
- e. 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.

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

3.5.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

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

3.5.2.4 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 :

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

$$\begin{aligned} \text{b. Berat Isi Agregat Padat} &= \frac{W_5}{V} \\ \text{c. Voids} &= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \end{aligned}$$

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/l)

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

3.5.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- Timbang berat talam kosong dan catat (W_1). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W_2).
- Lalu dihitung berat benda ujinya ($W_3 = W_2 - W_1$). Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W_4).
- 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 Perhitungan Campuran Beton (*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:

- 6) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 7) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 8) 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.
- 9) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.2.

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

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 4 diatas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{ct} harus diambil tidak kurang dari $(f'c+12 \text{ Mpa})$

3. Menghitung nilai tambah.

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

Dengan

M adalah nilai tambah

1,64 adalah ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sr adalah 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

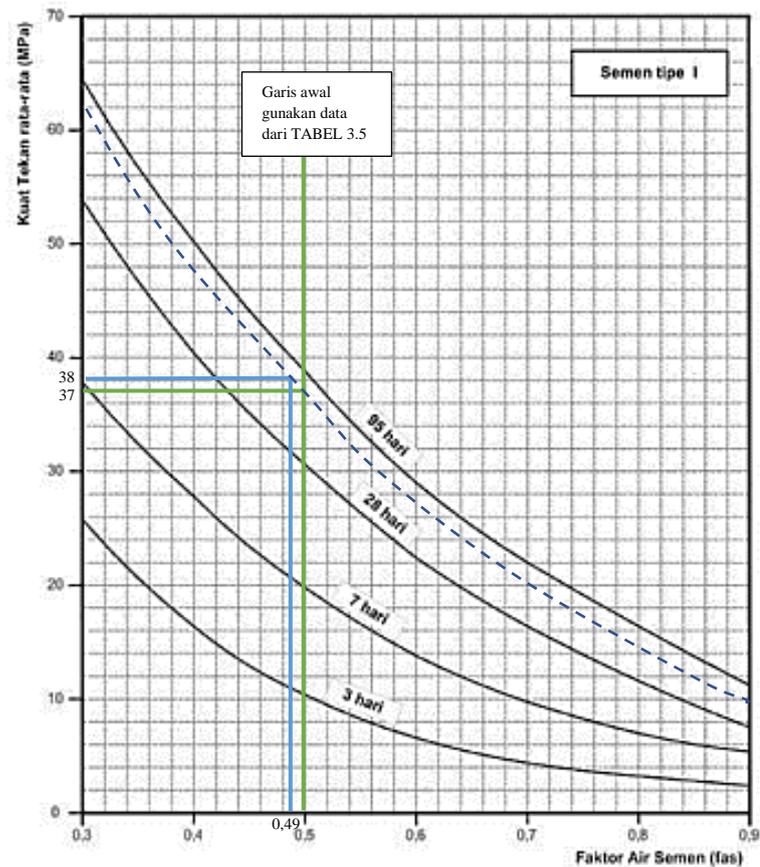
Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.3. Bila dipergunakan gambar 3.2 ikuti langkah-langkah berikut :

- 7) Mentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.3, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;

- 8) Melihat gambar 3.2 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 9) 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;
- 10) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 11) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 12) 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)				Bentuk
		Pada Umur (hari)				
		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 3.2: 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:
 - 4) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - 5) Sepertiga dari tebal pelat.

- 6) 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:

- 3) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.3.

- 4) 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 pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) 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 m² adukan beton.

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

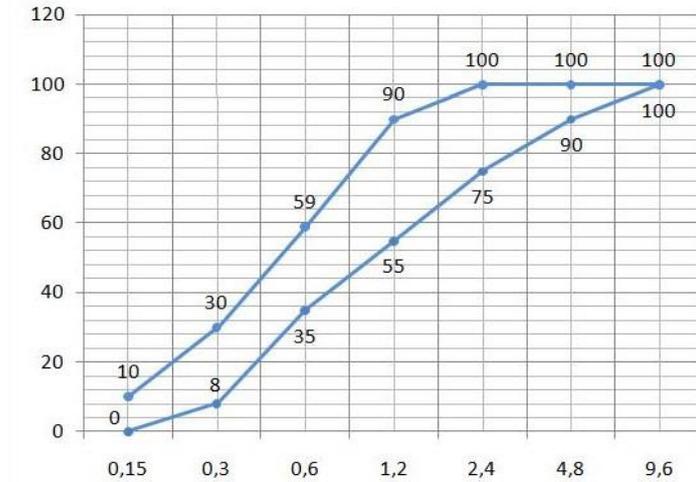
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.4: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

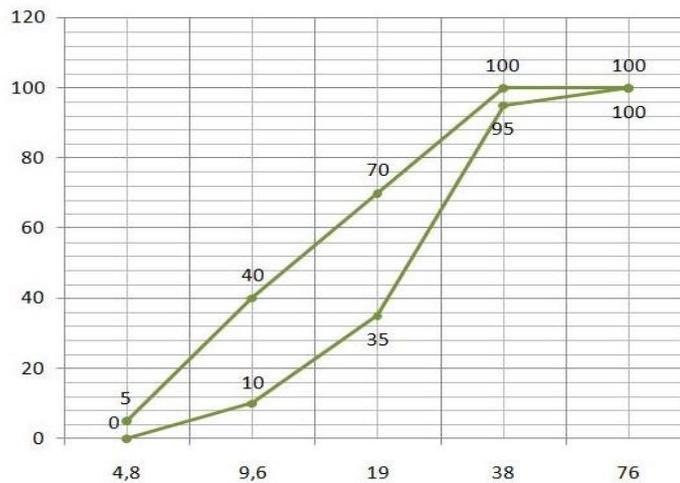
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: c. Keadaan keliling non-korosif d. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan; c. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. d. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: c. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti d. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan: c. Air tawar d. Air laut	325	0,55 Lihat Tabel 2.10 Lihat Tabel 2.11

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 factor 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 3.3. (ukuran mata ayakan (mm)).



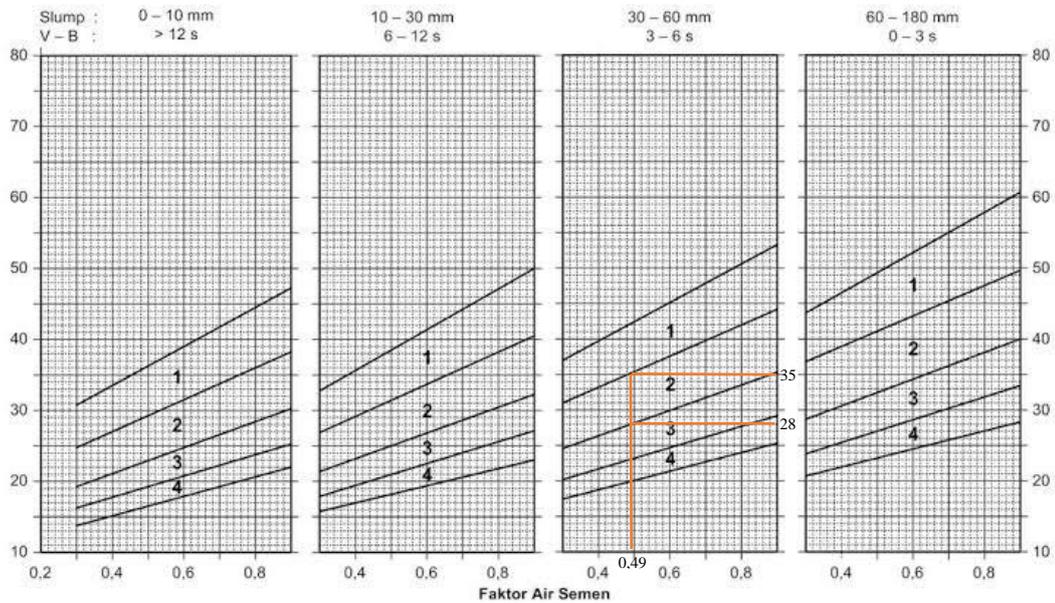
Gambar 3.3: Batas gradasi pasir (Sedang) No.2.

17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.4.



Gambar 3.4: 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 3.5: 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:

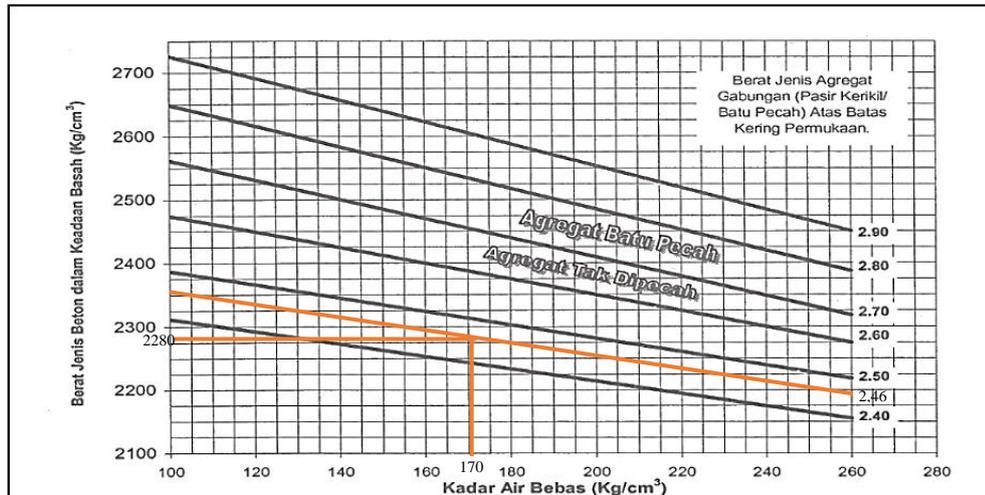
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- 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 3.6 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.6: 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 1 m³ 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:

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

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

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

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 (%).

3.7 Pembuatan Serbuk Kaca

Pembuatan Serbuk Kaca dengan Los Angeles Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No.30 dan tertahan No. 50, dilakukan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Adapun alat dan bahan serta langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Alat dan Bahan:
 - a. Mesin Los Angeles
 - b. Peluru pengaus
 - c. Ayakan No. 30
 - 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 \pm 45 menit
 - e. Sampel dikeluarkan dari mesin lalu di ayak dengan ayakan No. 30

3.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton (benda uji) telah disiapkan terlebih dahulu.
2. Dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal sesuai dengan perhitungan, yaitu pemeriksaan agregat yang meliputi kadar lumpur, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan berat isi agregat, Analisa saringan dan kadar air.
3. Merencanakan campuran beton (*mix design*).
4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan.
5. Pengadukan bahan didahului dengan memasukkan pasir dan semen portland kemudian diaduk, bahan tambah serbuk kaca dengan variasi 6%, 8%, dan 10% secara bergantian sampai semua bahan habis, masukkan kerikil, dan air.
6. Kemudian menambahkan *Bondcrete* ke adukan beton.
7. Setelah adukan homogen, tuang adukan ke alas campuran beton.
8. Diukur nilai slump dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai slump yang direncanakan masukkan kembali ke dalam bak pengadukan untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air.
9. Setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali.
10. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaannya diratakan.
11. Setelah itu simpan cetakan ditempat yang sejuk, diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Diukur tinggi, diameter dan beratnya serta beri tanda seperlunya. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam kolam perendaman selama 28 hari.
12. Pengujian dilakukan dengan mesin kuat tarik belah beton sesuai dengan umur yang telah ditentukan.

3.9 Pemeriksaan Slump Test

Langkah-langkah pengujian Slump Test :

1. Basahi kerucut Abrams, seng plat, dan tropol dengan air.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, kerucut Abrams ditahan dengan tangan agar tidak terjadi pergeseran.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang sudah berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan.
6. Kemudian tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton.

3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Langkah-langkah pengujian kuat Tarik belah beton adalah sebagai berikut: sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada sisinya di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji. Lapisilah permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

3.11 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut dan dikonversi ke kuat lentur beton. Secara umum

dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh perawatan dan penambahan *additif* pada mutu beton.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1 Hasil Dan Analisa Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

4.1.1.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut:

Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Fine Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2	Ave
Berat SSD (B)	gr	500	500	500
Berat SSD kering oven (E)	gr	483	491	487
Berat Pic + air (D)	gr	692	681	686,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	994	989	991,5
$BJ\ Bulk = (E / (B + D - C))$		2,44	2,56	2,50
$BJ\ SSD = (B / (B + D - C))$		2,53	2,60	2,56
$BJ\ Semu = (E / (E + D - C))$		2,67	2,68	2,68
$Absorption = ((B - E) / E) \times 100\%$	%	3,52	1,83	2,68

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,56 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas

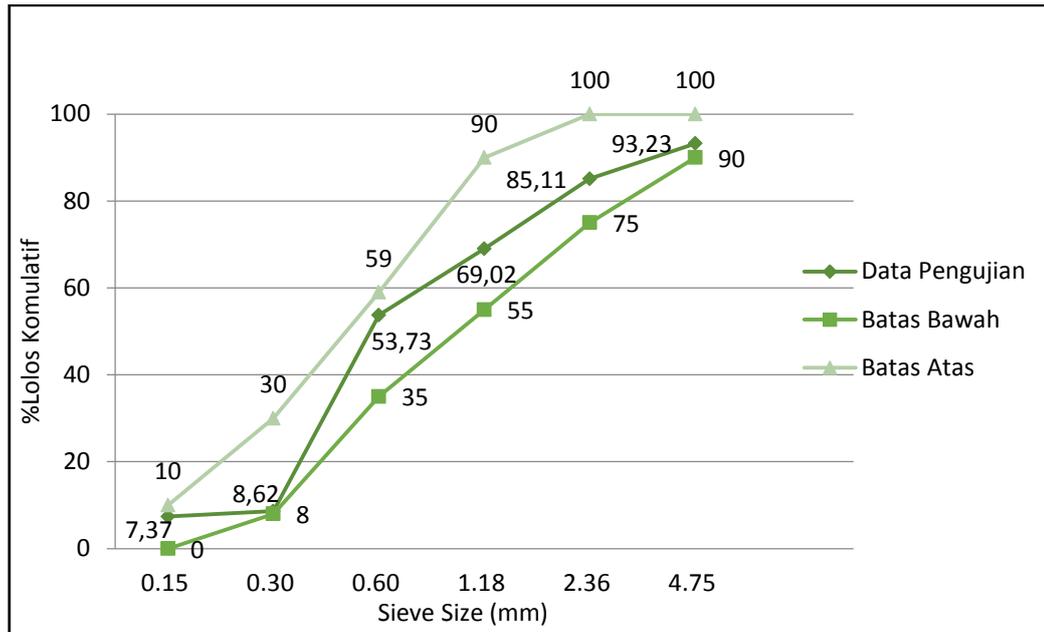
yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,68%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,68% dari berat kering agregat sendiri.

4.1.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan gradasi sebagai berikut:

Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan spesifikasi Zona 2.

Sieve Size (Mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Zone 2
	Sample I (Gr)	Sample II (Gr)	Total Weight (Gr)	%	Retained	Passing	
4.75	65	70	135	6,77	6,77	93,23	90-100
2.36	82	80	162	8,12	14,89	85,11	75-100
1.18	137	184	321	16,09	30,98	69,02	55-90
0.60	169	136	305	15,29	46,27	53,73	35-59
0.30	464	436	900	45,11	91,38	8,62	8-30
0.15	11	14	25	1,25	92,63	7,37	0-10
Pan	69	78	147	7,37	100,00	0	0-5
Total	997	998	1995	100			



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus.

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{92,63 + 91,38 + 46,27 + 30,98 + 14,89 + 6,77}{100} = \frac{282,91}{100} = 2,83
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 2,83%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 - 3,8% (Menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F). Agregat tersebut berada di Zona 2.

4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Fine Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2	Ave
Berat SSD	gr	500	500	500
Berat SSD setelah dicuci	gr	481	487	484
Berat kotoran	gr	19	13	16
Persentase kotoran	%	3,95	2,67	3,31

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,31%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.1.1.4 Berat Isi Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat isi sebagai berikut:

Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Fine Aggregate	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Ave
Berat contoh	gr	16840	18900	18965	18235
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	22167	24227	24292	23562
Volume wadah	cm ³	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm ³	1,538	1,726	1,732	1,666

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,666 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.1.1.5 Kadar Air Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar air sebagai berikut:

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Fine Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	950	951
Berat contoh SSD	gr	500	500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	936	938
Berat wadah	gr	450	451
Berat air	gr	14	13
Berat contoh kering	gr	486	487
Kadar air	%	2,88	2,67
Rata-rata		2,78	

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 2,76% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 2,68% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (2,76% - 2,68%) = 0,08% dari berat agregat halus.

4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

4.1.2.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut:

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Coarse Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2	Ave
Berat SSD (A)	gr	2800	2700	2750
Berat SSD kering oven (C)	gr	2795	2687	2741
Berat SSD di dalam air (B)	gr	1591	1625	1608
BJ Bulk = $(C / (A - B))$		2,31	2,50	2,41
BJ SSD = $(A / (A - B))$		2,32	2,51	2,41
BJ Semu = $(C / (C - B))$		2,32	2,53	2,43
Absorption = $([(A - C) / C] \times 100\%)$	%	0,18	0,48	0,33

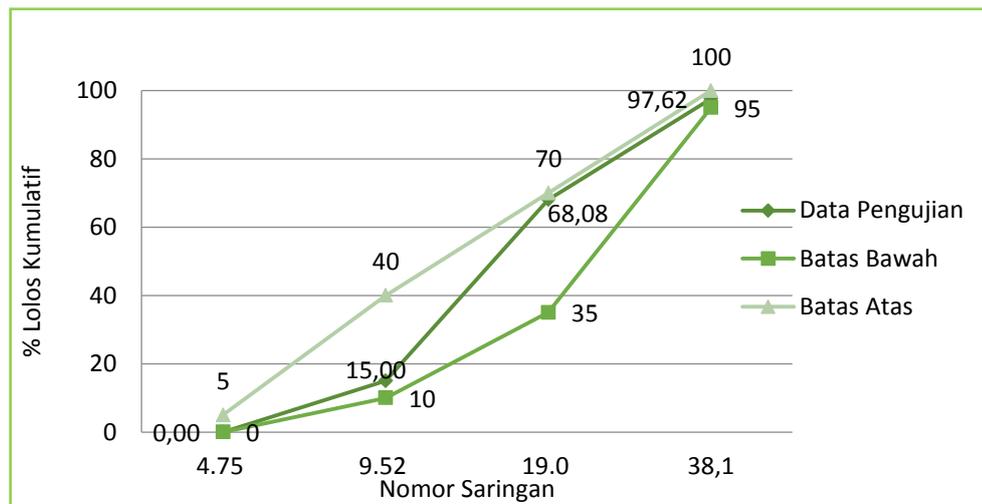
Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,41 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,33%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,33% dari berat kering agregat sendiri.

4.1.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan gradasi sebagai berikut:

Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm.

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Grade. 40 mm
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
38,1	54	65	119	2,38	2,38	97,62	95-100
19.0	739	738	1477	29,54	31,92	68,08	35-70
9.52	1365	1289	2654	53,08	85,00	15,00	10-40
4.75	342	408	750	15,00	100,00	0,00	0-5
<i>Total</i>	2500	2500	5000	100			



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\sum \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 85 + 31,92 + 2,38}{100} = \frac{719,30}{100} \\
 &= 7,19
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 7,19%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.1.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Course Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2	Ave
Berat SSD	gr	2500	2500	2500
Berat SSD setelah dicuci	gr	2477	2479	2478
Berat kotoran	gr	23	21	22
Persentase kotoran	%	0,93	0,84	0,89

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,89%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.1.2.4 Berat Isi Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat isi sebagai berikut:

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Course Aggregate	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Ave
Berat contoh	gr	18530	19825	19680	19345
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	23857	25152	25007	24672
Volume wadah	cm ³	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm ³	1,693	1,811	1,798	1,767

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah 1,767 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.1.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar air sebagai berikut:

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Course Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1492	1495
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1482	1486
Berat wadah	gr	492	495
Berat air	gr	10	9
Berat contoh kering	gr	990	991
Kadar air	%	1,01	0,91
Rata-rata		0,96	

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 0,96% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 0,33% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (0,96% - 0,33%) = 0,63% dari berat agregat kasar.

4.1.3 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca

Dalam pemeriksaan serbuk kaca didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut:

Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca.

Filler Aggregate	Satuan	Sample 1	Sample 2	Ave
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 = $(E / (B + D - C))$		2,21	2,27	2,24
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,44	2,47	2,45
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,87	2,83	2,85
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	10,50	8,70	9,60

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar 2,45. Suatu agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7. Dalam pengujian serbuk kaca ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 9,60%, batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3%.

4.2 Rancang Campur Dan Kebutuhan Bahan

4.2.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

Mix design beton normal mutu sedang mengacu pada metode SNI 03 – 2834 – 2000.

Tabel 4.12: Perencanaan campuran beton normal mutu sedang.

No	Uraian	Tabel/Gambar /Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (silinder)	Ditetapkan		26 Mpa	
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.6		12 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3		38 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Semen Portland I	
6	Jenis agregat: -kasar -halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu Pecah Pasir Alami	
7	FAS	Tabel 2.7 dan Gambar 2.1		0,49	
8	FAS maksimum	Tabel 2.9		0,6	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 2.8		170 Kg/m ³	
12	Kadar semen	11:7		346,94 Kg/m ³	
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan		346,94Kg/m ³	
14	Kadar semen minimum	Tabel 3.4		275 Kg/m ³	
15	FAS yang disesuaikan	-		0,49	
16	Susunan butir agregat halus	Gambar 2.3 s/d 2.6		no.2	
17	Susunan butir agregat kasar	Gambar 2.7 s/d 2.9		no.40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 3.5		31,5%	
19	Berat jenis relatif	Dihitung		2,46	
20	Berat isi	Gambar 2.16		2280 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1763,06kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21x18		555,36 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1207,70 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat (kg/m ³)	
				Halus	Kasar
		346,94 1	170,00 0,49	555,36 1,60	1207,70 3,48
25	Koreksi proporsi campuran	336,94 1,00	161,87 0,47	555,91 1,60	1215,28 3,50

Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya, yaitu yang akan dipakai sebagai campuran uji. Angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang

terdapat dalam masing-masing agregat yang akan dipakai, perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.8 s/d 3.0 sebagai berikut :

Diketahui :

- Jumlah air (B) = 170 kg/m³
- Jumlah agregat halus (C) = 555,36 kg/m³
- Jumlah agregat kasar (D) = 1207,70 kg/m³
- Penyerapan agregat halus (C_a) = 2,68%
- Penyerapan agregat kasar (D_a) = 0,33%
- Kadar air agregat halus (C_k) = 2,78%
- Kadar air agregat kasar (D_k) = 0,96%

a. Air

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,78 - 2,68) \times \frac{555,36}{100} - (0,96 - 0,33) \times \frac{1207,70}{100} \\ &= 161,87 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 555,36 + (2,78 - 2,68) \times \frac{555,36}{100} \\ &= 555,91 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1207,70 + (0,96 - 0,33) \times \frac{1207,70}{100} \\ &= 1215,28 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.2.2 Kebutuhan Bahan

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

- PC = 346,94 kg/m³
- Agregat halus = 555,91 kg/m³

- Agregaat kasar = 1215,28 kg/m³
- Air = 161,87 kg/m³

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

- Tinggi = 30 cm
- Diameter = 15 cm

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

Sedangkan kebutuhan volume setiap variasi atau satu kali adukan, ialah = 3 x 0,0053 m³ = 0,01590 m³ dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, Maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi , yaitu = 0,01590 m³ + (0,01590 m³ x 10%) = 0,0175 m³. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan sebagai berikut :

Tabel 4.13: Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran.

Kode	Volume 1 x Adukan (m ³)	Komposisi Bahan						Total (kg)
		PCC + Bondcrete		Agregat halus		Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	
		PCC (kg)	Bond crete (kg)	Pasir (kg)	Serbuk Kaca (kg)			
BN	0,0175	100% 6,071	-	100% 9,728	-	21,267	2,831	39,916
BK-6	0,0175	100% 6,071	2% 0,121	94% 9,145	6% 0,584	21,267	2,831	40,037
BK-8	0,0175	100% 6,071	2% 0,121	92% 8,950	8% 0,778	21,267	2,831	40,037
BK-10	0,0175	100% 6,071	2% 0,121	90% 8,756	10% 0,973	21,267	2,831	40,037
Total	0,0700	24,29	0,36	36,58	2,33	85,07	11,32	160,03

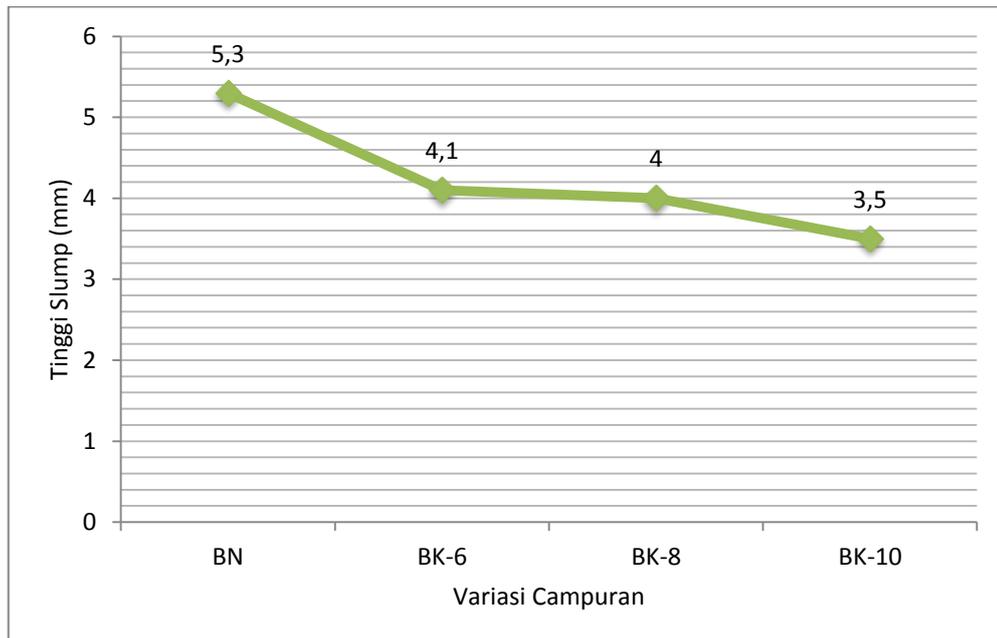
4.3 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Segar

4.3.1 Pengujian Slump (slump rencana 30 – 60 mm)

Dalam pengujian beton segar didapatkan *Slump test* sebagai berikut:

Tabel 4.14: Hasil pengujian slump.

Variasi Campuran	Tinggi Slump (mm)		Slump Rata-rata (mm)	Tambahkan air	Air 1 x Adukan (Liter)
	1	2			
BN	5,5	5,1	5,3	-	2,831
BK-6	4	4,2	4,1	0,9	3,731
BK-8	4,5	3,5	4	0,5	3,331
BK-10	4	3	3,5	0,3	3,131



Gambar 4.3: Grafik slump rata-rata.

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut, nilai rata-rata slump campuran beton normal, BK-6, BK-8, dan BK-10 yaitu; 5,3 mm; 4,1 mm; 4mm; dan 3,25

mm. Didapat bahwa nilai slump seluruh campuran masuk kedalam slump rencana yaitu 30 – 60 mm.

4.3.2 Berat Isi Beton

Berat isi rencana = 2280 kg/m³

Berat Jenis Air = 1000 kg/m³

Volume Silinder = 0,0053 m³

Volume pekerjaan = 0,070 m³

Tabel 4.15: Hasil pengujian berat isi beton.

No	Variasi Beton	Berat Penuh Air Pada Volume Silinder (kg)	Berat Beton (kg)	Berat isi Beton (kg/m ³)	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m ³)	Berat Isi Beton Rencana (kg/m ³)	Yield	Berat isi lebih (%)			
1	BN (3 Sample)	5,299	12,902	2435	2393	2280	1,05	0,05			
			12,586	2375							
			12,555	2369							
2	BK-6 (3 Sample)	5,299	12,826	2420	2417		2280	1,06	0,06		
			12,821	2420							
			12,780	2412							
3	BK- 8 (3 Sample)	5,299	12,743	2405	2395			2280	1,05	0,05	
			12,739	2404							
			12,584	2375							
4	BK-10 (3 Sample)	5,299	12,609	2380	2395				2280	1,05	0,05
			12,605	2379							
			12,856	2426							

Berdasarkan data pengujian berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar 2393 kg/m³ (Beton Normal), 2417 kg/m³ (BK-6), 2395 kg/m³ (BK-8), dan 2395 kg/m³ (BK-10). Dapat disimpulkan berat isi beton yang dibuat tidak sesuai dengan berat isi beton rencana yaitu 2280 kg/m³. Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, sehingga jumlah bahan dlebihkan dan semua bahan tidak ada tersisa saat pembuatan benda uji. Tetapi berat isi beton rata-rata

diatas masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara 2200 – 2500 kg/m³ (SNI 03 – 2847 – 2002).

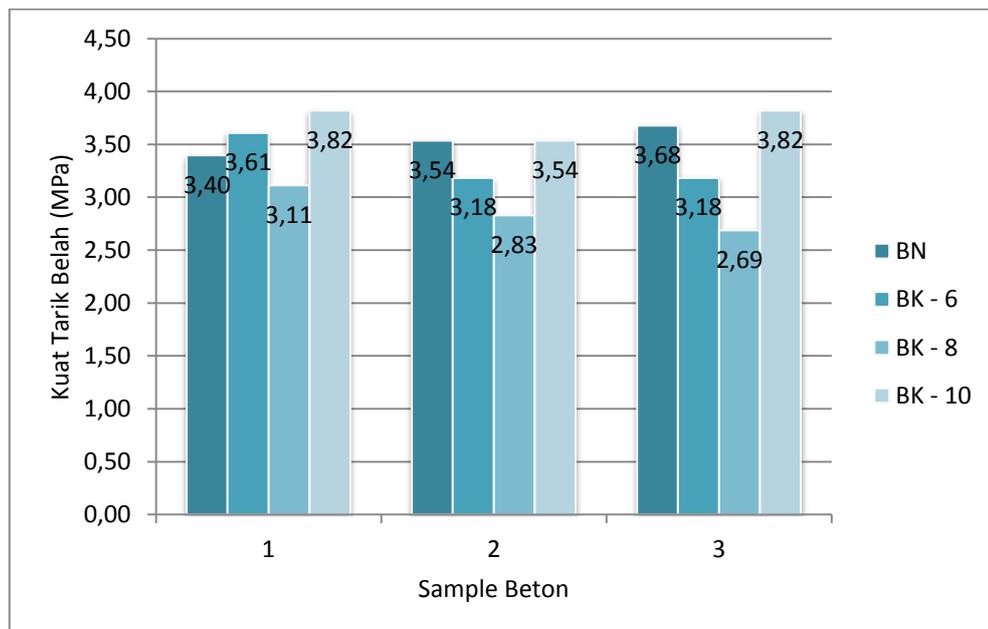
4.4 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Keras

4.4.1 Kuat Tarik Belah Beton

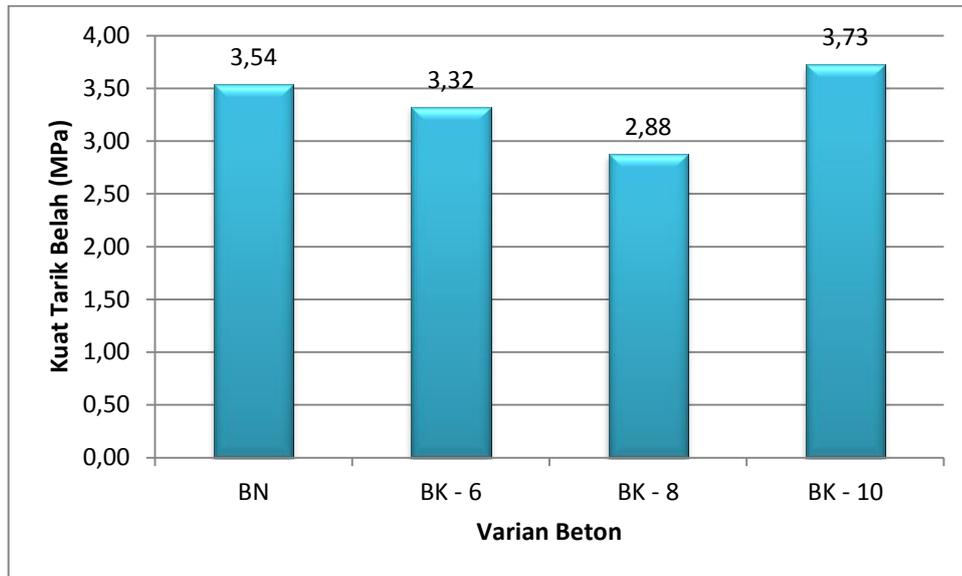
Dalam pengujian beton keras didapatkan kuat tarik belah sebagai berikut:

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Variasi Beton	Luas (πLD) (mm ²)	Beban (Ton)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Kuat Tarik Belah Rata-Rata (Mpa)
		1	2	3	1	2	3	
BN	141372	24	25	26	3,40	3,54	3,68	3,54
BK-6	141372	25,5	22,5	22,5	3,61	3,18	3,18	3,32
BK-8	141372	22	20	19	3,11	2,83	2,69	2,88
BK-10	141372	27	25	27	3,82	3,54	3,82	3,73



Gambar 4.4: Grafik nilai kuat tarik semua variasi.



Gambar 4.5: Grafik nilai kuat tarik belah rata-rata.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BK-10 mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 3,73 Mpa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,54 Mpa, maka beton BK-10 memperoleh kenaikan sebesar 5,06% dengan selisih 0,19 Mpa. Tetapi pada BK-8 memperoleh penurunan sebesar 18,67% dengan selisih 0,7 Mpa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian penggunaan serbuk kaca sebagai agregat halus dapat menaikkan kuat tarik serta menurunkan nilai penyerapan air beton. Nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari untuk serbuk kaca pada variasi tertinggi mengalami peningkatan terhadap beton normal tetapi, nilai kuat tarik belah beton pada variasi serbuk kaca 6% dan 8% mengalami penurunan nilai kuat tarik sebesar 18,67%, dimana kuat tarik belah maksimum didapatkan pada variasi serbuk kaca 10% terhadap volume pasir.
2. Kuat tarik belah dengan bahan tambah kimia *bondcrete* sebesar 2% terhadap berat semen meningkat sebesar 5,06% pada persentase 10% dengan nilai kuat tarik maksimum diperoleh sebesar 3,73 Mpa, dibanding dengan beton normal diperoleh sebesar 3,54 Mpa.

5.2 Saran

Untuk memperoleh kesempurnaan dan hasil yang lebih baik lagi untuk penelitian selanjutnya, dengan ini peneliti mengharapkan :

1. Perlu adanya penelitian selanjutnya terhadap zat adiktif *Bondcrete* sebagai bahan tambah pada beton
2. Ketahanan beton beragregat kaca dalam kaitannya dengan bahaya kebakaran perlu diteliti lebih lanjut mengingat kaca adalah bahan yang dapat meleleh pada suhu tinggi, sehingga ada kemungkinan agregat kaca meleleh pada suhu tertentu dan mengakibatkan komponen struktur kehilangan kekuatan.

3. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat sampel dengan variasi yang lebih beragam dari penggunaan kaca sebagai substitusi agregat halus

DAFTAR PUSTAKA

- Andilolo, J., Pranata, D., & Ambali, P. (n.d.). Karakterisasi serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen terhadap sifat fisis-mekanis campuran beton. 1–6.
- Asih, A. welas. (2018). Pengaruh serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada beton mutu tinggi.
- Handono, B. D., & Pandaleke, R. (2019). Uji eksperimental kuat tekan beton daur ulang. 7(1).
- Herbudiman, B., & Chandra Januar, ; (2011). The 1 st indonesian structural engineering and materials symposium pemanfaatan serbuk kaca sebagai powder pada self-compacting concrete. (november), 17–18.
- Ikhsan, M. N., Prayuda, H., & Saleh, F. (2016). Pengaruh penambahan pecahan kaca sebagai bahan pengganti agregat halus dan penambahan fiber optik terhadap kuat tekan beton serat. jurnal ilmiah semesta teknika Vol. 19, No. 2, 148-156, November 2016, 19(2), 148–156.
- Indrawan, I., & Hastuty, I. P. (2016). Pemanfaatan serbuk kaca sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako use of materials as glass powder added in making batako nursyamsi 1 , ivan indrawan 2 , ika puji hastuty 3.
- Karwur, H. Y., R. Tenda, S. E., Wallah, & Windah, R. S. (2013). Kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Jurnal sipil statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (276-281) ISSN : 2337-6732, 1(4), 276–281.
- Prayitno, S., & Rahma Indika, R. (2016). Pengaruh penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan penambahan serat kawat galvanis pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang. 305–312.
- Purnomo, H., & Hisyam, E. S. (2014). Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton ditinjau dari kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton. jurnal fropil vol 2 nomor 1 januari-juni 2014, 2, 45–55. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/55681-ID-pemanfaatan-serbuk-kaca-sebagai-substitu.pdf>
- SNI 03-2495-1991. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. Yayasan LPMB Bandung.
- SNI 2491. (2014). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of. Badan Standardisasi Nasional, 1–17.
- Srie Gunarti, A. S. (2014). Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Subtitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat

Lentur Beton. *Bentang*, 2(1), 66–80.

Sudjati, J. J., & Yuliyanti, T. (2014). Pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai terhadap sifat mekanik beton. Pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap sifat mekanik beton *johanes*, 13(1), 1–11.

Wisnuseputro, R. (2009). Perilaku Susut , kuat tekan dan kuat lentur perilaku susut , kuat tekan dan kuat lentur. Universitas indonesia.

LAMPIRAN



Gambar L-1: *Compressing Test Machine.*



Gambar L-2: *Mesin los angeles.*



Gambar L-3: Saringan Agregat Kasar.



Gambar L-4: Saringan Agregat Halus.



Gambar L-5: Cetakan Silinder.



Gambar L-6: Oven.



Gambar L-7: Gelas Ukur.



Gambar L-8: Kerucut Abrams.



Gambar L-9: *Mixer Beton.*



Gambar L-10: *Timbangan.*



Gambar L-11: Tongkat Penumbuk.



Gambar L-12: Bak Perendaman.



Gambar L-13: Ember.



Gambar L-14: Sendok semen dan sekop tangan.



Gambar L-15: Penggaris.



Gambar L-16: Semen.



Gambar L-17: Agregat Kasar.



Gambar L-18: Agregat Halus.



Gambar L-19: Serbuk Kaca.



Gambar L-20: Lem Beton *Bondcrete*.



Gambar L-21: Mengaduk Semua Agregat.



Gambar L-22: Pengujian Slump Test.



Gambar L-23: Perojokan Adukan Beton dicetakan.



Gambar L-24: Perendaman Benda Uji.



Gambar L-25: Beton Normal.



Gambar L-26: Beton Variasi Serbuk Kaca 6%.



Gambar L-27: Beton Variasi Serbuk Kaca 8%.



Gambar L-28: Beton Variasi Serbuk Kaca 10%.



Gambar L-29: Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal.



Gambar L-30: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-6%.



Gambar L-31: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-8%.



Gambar L-32: Pengujian Kuat Tarik Belah BK-10%.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Muhammad Fakhri
Panggilan : Fakhri
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Gading, 6 Juli 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl. Muara Sipongi Gg. Sehati No.14a Medan
HP/Tlpn Seluler : 0812-6310-8864

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210206
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	Nama dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	SD IT AL IHYA	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP IT AL IHYA	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK NEGERI 5 MEDAN	2013 - 2016
