

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI
PARSIAL SEMEN PADA CAMPURAN BETON DENGAN
BAHAN TAMBAH *BOND*CRETE DITINJAU DARI
KEKUATAN TARIK BELAH BETON SILINDER
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

FAJAR RISKI

1607210142



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fajar Riski
Npm : 1607210142
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Bondcrete* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder (Studi Penelitian).
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, November 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fajar Riski

NPM : 1607210142

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Bondcrete* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder (Studi Penelitian).

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing I



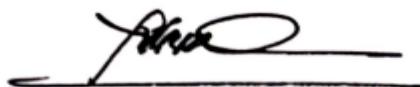
Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Pembimbing II



Tondi Amrasyah Putera, ST., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fajar Riski
Tempat, Tanggal Lahir : Sigli, 27 Maret 1998
NPM : 1607210142
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Bondcrete* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder (Studi Penelitian).”

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

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

Medan, Oktober 2020

Saya yang menyatakan,


Fajar Riski

ABSTRAK

PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *BONDCRETE* DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH BETON SILINDER (STUDI PENELITIAN).

Fajar Riski
1607210142
Dr. Fahrizal Zulkarnain.

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta 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. Mengingat harga semen yang semakin mahal mengakibatkan biaya pembuatan beton yang semakin mahal pula. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan mengetahui kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur Serbuk Kaca substitusi parsial semen dan *Bondcrete* pada umur beton 28 hari. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2%, 4% 6%, sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan *bondcrete* sebesar 2%. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah kuat tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tarik belah rata - rata beton dengan serbuk kaca 0% dan *bondcrete* 0% (BN) yaitu 3,6 Mpa, serbuk kaca 2% dan *bondcrete* 2% (BK-2) yaitu 3,89 Mpa, serbuk kaca 4% dan *bondcrete* 2% (BK-4) yaitu 2,97 Mpa, serbuk kaca 6% dan *bondcrete* 2% (BK-6) yaitu 3,23 Mpa. Jadi hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai kuat tarik belah optimum didapat pada variasi serbuk kaca 2% dan *bondcrete* 2% (BK-2) yaitu 3,89 Mpa atau mengalami kenaikan sebesar 7,45% dengan selisih 0,29 Mpa terhadap beton normal

Kata Kunci: Beton Serbuk Kaca Substitusi Parsial Semen, Kuat Tarik Belah

ABSTRACT

THE USE OF GLASS POWDER AS A PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT IN THE CONCRETE MIXTURE WITH ADDED BONDCRETE IN TERMS OF THE SPLIT TENSILE STRENGTH OF CYLINDER CONCRETE (RESEARCH STUDY).

Fajar Riski

1607210142

Dr. Fahrizal Zulkarnain.

Glass waste is a lot of waste generated from people's lives, especially in big cities such as Jakarta and other cities, glass waste increases in volume every day because many human activities produce glass, most of the glass waste is directly dumped into open land, this of course will pollute environment considering glass is a material that cannot be recycled naturally by nature. Given the increasingly expensive price of cement, the cost of making concrete is also getting more expensive. One of the efforts to overcome this problem is by utilizing glass waste as a partial substitution of cement in the concrete mixture. This study aims to determine the optimum split tensile strength of concrete after being mixed with glass powder with partial substitution of cement and Bondcrete at 28 days of concrete. The percentage of glass powder used in this study was 0%, 2%, 4% 6%, as a partial substitution of cement with the addition bondcrete of 2%. The study used a test object in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with a sample of 12 concrete pieces and 4 (four) variations, each with 3 samples. The test carried out on the concrete mixture is the tensile strength of the concrete. From the research results obtained, the average tensile strength of concrete with 0% glass powder and 0% bondcrete (BN) is 3.6 Mpa, 2% glass powder and 2% bondcrete (BK-2) is 3.89 Mpa, powder 4% glass and bondcrete 2%(BK-4) namely 2.97 Mpa, 6% glass powder and 2% bondcrete (BK-6) namely 3.23 Mpa. So the results obtained indicate that the optimum split tensile strength value is obtained in the variation of 2% glass powder and 2% bondcrete (BK-2), namely 3.89 Mpa or an increase of 7.45% with a difference of 0.29 Mpa to normal concrete.

Keywords: Glass Powder, Partial Substitution of Cement Concrete, Tensile Strength

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 Parsial Semen Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Bondcrete* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder (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. Ibu Dr. Fetra Venny Riza. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amirsyah Putera, 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 Nurdin dan Ibunda tercinta Suryanti yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Muhammad Fakhri, Muhammad Azizi Surbakti, Handrian Wijaya, Wahyu Fajar Handoko, Arif Agustiono, Rizky Arami 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, November 2020
Penulis

FAJAR RISKI
1607210142

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRAK</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Limbah Kaca	5
2.3. Semen <i>Portland</i> Pozolan	9
2.3.1. Pozolan	9
2.3.2. Jenis Dan Penggunaan	9
2.4. Penggunaan Bahan Tambah Kimia Dalam Campuran Beton	10
2.4.1. Bahan tambah kimia untuk mempercepat pengikatan (<i>akselerator</i>)	10
2.4.2. Keuntungan	10
2.5. <i>Bondcrete</i>	11
2.6. Kuat Tarik Belah Beton	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Metode Penelitian	12

3.1.1.	Data Primer	14
3.1.2.	Data Sekunder	14
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.3.	Desain dan Jumlah Benda Uji	14
3.4.	Persiapan Bahan dan Alat Pembuatan Beton	15
3.4.1.	Bahan Pembuatan Beton	15
3.4.2.	Alat Pembuatan Beton	19
3.5.	Metode Pembuatan Serbuk Kaca	27
3.6.	Perencanaan Pembuatan Campuran (<i>Mix Design</i>)	27
3.7.	Metode Pengecoran	37
3.7.1.	Beton Normal	37
3.7.2.	Beton Serbuk Kaca Pengganti Semen dan Bahan Kimia <i>Bondcrete</i>	38
3.8.	Metode Perawatan Benda Uji	38
3.9.	Pengujian Sampel	39
3.9.1.	Pengujian <i>Slump Test</i>	39
3.9.2.	Uji Kuat Tarik Belah Silinder	40
BAB 4	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat	42
4.1.1.	Hasil Dan Analisa Agregat Halus	42
4.1.1.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	42
4.1.1.2.	Analisa Gradasi Agregat Halus	43
4.1.1.3.	Kadar Lumpur Agregat Halus	44
4.1.1.4.	Berat Isi Agregat Halus	44
4.1.1.5.	Kadar Air Agregat Halus	45
4.1.2.	Pemeriksaan Agregat Kasar	46
4.1.2.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	46
4.1.2.2.	Analisa Gradasi Agregat Kasar	46
4.1.2.3.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	48
4.1.2.4.	Berat Isi Agregat Kasar	48
4.1.2.5.	Kadar Air Agregat Kasar	49
4.1.3.	Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca	49

4.2. Rancang Campur Dan Kebutuhan Bahan	50
4.2.1. <i>Mix Design</i> Beton Normal Mutu Sedang	50
4.2.2. Kebutuhan Bahan	55
4.3. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Segar	56
4.3.1. Pengujian <i>Slump</i> (<i>Slump</i> Rencana 30 – 60 Mm)	56
4.3.2. Berat Isi Beton	57
4.4. Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Komposisi kimia dari berbagai jenis kaca warna	6
Tabel 2.2: Unsur kimia dari pecahan kaca, bubuk kaca dan silica	7
Tabel 2.3: Daftar hasil penelitian serbuk kaca dari kajian terdahulu	8
Tabel 2.4: Syarat kimia (jenis IP-U dan IP-K)	9
Tabel 2.5: Syarat kimia (jenis P-U dan P-K)	10
Tabel 3.1: Komposisi Campuran Benda Uji dan Kode Benda Uji	15
Tabel 3.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	28
Tabel 3.3: Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia	30
Tabel 3.4: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	32
Tabel 3.5: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	33
Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	42
Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan spesifikasi Zona 2	43
Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	44
Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan	45
Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus	45
Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	46
Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm	47
Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	48
Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan	48
Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat halus	49
Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca	49
Tabel 4.12: Rekapitulasi perencanaan campuran beton normal mutu sedang	54

Tabel 4.13: Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran	55
Tabel 4.14: Hasil pengujian slump	56
Tabel 4.15: hasil pengujian berat isi beton	57
Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah (BN)	58
Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-2)	58
Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-4)	58
Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-6)	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1: Diagram alir penelitian	13
Gambar 3.2: Semen Andalas	15
Gambar 3.3: Agregat Kasar (Kerikil)	16
Gambar 3.4: Agregat Halus (Pasir)	17
Gambar 3.5: Air	17
Gambar 3.6: Serbuk Kaca	18
Gambar 3.7: Bondcrete	18
Gambar 3.8: Satu set saringan agregat kasar	19
Gambar 3.9: Satu set saringan agregat halus	19
Gambar 3.10: Saringan No.200	20
Gambar 3.11: Timbangan digital	20
Gambar 3.12: Oven	20
Gambar 3.13: Mesin aduk beton	21
Gambar 3.14: Kerucut Abrams	21
Gambar 3.15: Tongkat penumbuk	21
Gambar 3.16: Penggaris	22
Gambar 3.17: Cetakan silinder	22
Gambar 3.18: Gelas ukur	22
Gambar 3.19: Plastik	23
Gambar 3.20: Sekop tangan	23
Gambar 3.21: Sendok semen	23
Gambar 3.22: Ember	24
Gambar 3.23: Pan	24
Gambar 3.24: Bak Perendaman	24
Gambar 3.25: Spritus	25
Gambar 3.26: Kawat kasa dan kaki tiga	25
Gambar 3.27: Piknometer	25
Gambar 3.28: Mesin los angeles	26
Gambar 3.29: Mesin uji kuat tarik belah beton	26
Gambar 3.30: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	

(benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	31
Gambar 3.31: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	34
Gambar 3.32: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	34
Gambar 3.33: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.	35
Gambar 3.34: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	36
Gambar 3.35: Pengujian slump (kerucut Abram)	40
Gambar 3.36: Pengujian kuat tarik belah beton	41
Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus	43
Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar	47
Gambar 4.3: Grafik slump rata-rata	56
Gambar 4.4: Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari	59
Gambar 4.5: Grafik persentase nilai F_{ct} Rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari	59

DAFTAR NOTASI

Fct	=	Kuat tarik belah	(Mpa)
P	=	Beban uji	(Kg)
L	=	Panjang benda uji	(Cm)
D	=	Diameter atau lebar benda uji	(Cm)
A	=	Luas Penampang	(Cm ²)
B	=	Jumlah air	(kg/m ³)
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	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi seperti sekarang ini beton biasanya digunakan sebagai bahan elemen struktur bangunan yang telah banyak digunakan sampai saat ini. Beton banyak diminati karena memiliki beberapa kelebihan seperti tahan terhadap api mempunyai kekuatan yang baik terhadap tekan, bahan baku penyusun yang mudah didapat, dan harganya yang relatif murah. Beton merupakan suatu material dengan proporsi hasil dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan biasanya juga dengan bahan tambah lainnya. (Asih, 2018)

Beton banyak digunakan karena sifat-sifatnya yang baik seperti pengerjaan yang mudah, memiliki kuat tekan sesuai yang diperlukan sehingga mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan dibentuk dari material-material lokal yang mudah didapat. Diketahui bahwa kinerja beton banyak dipengaruhi oleh bahan pembentuknya yaitu air, semen, dan agregat, sehingga pengawasan terhadap mutu dari bahan-bahan tersebut harus diperhatikan dengan seksama agar diperoleh kualitas beton yang direncanakan. (Sem Kennedy Simanungkalit1, 2017)

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta 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. (Srie Gunarti, 2014)

Meningkat harga semen yang semakin mahal mengakibatkan biaya pembuatan beton yang semakin mahal pula. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai pengganti sebagian semen karena memiliki potensi sebagai material pozzoland, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang melebihi kekuatan rencana dan dapat mengurangi biaya pembuatan beton. (Purnomo & Hisyam, 2014)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh serbuk kaca substitusi parsial semen dan *Bondcrete* terhadap campuran beton?
2. Bagaimana kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur serbuk kaca substitusi parsial semen dan *bondcrete* pada umur beton 28 hari?
3. Mengkaji kelecakan penggunaan serbuk kaca dan *bondcrete* untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton dilihat dari nilai slump?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberi ruang lingkup antara lain:

1. Metode perhitungan menggunakan (SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder, 2014) “Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder”
2. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan (SNI 03-2834-2000, 2000) “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”
3. Melakukan pengujian kuat tarik belah dari beton normal dan beton dengan *filler* serbuk kaca parsial semen dan *bondcere*, dan membandingkan hasilnya.

4. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2%, 4%, 6% sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan *bondcrete* sebesar 2%.
5. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel.
6. Penelitian dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton.
7. Bahan pembuat beton : *Portland Cement type I*, agregat halus dari Binjai, agregat kasar yang digunakan dari Binjai, air yang digunakan dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh serbuk kaca substitusi parsial semen dan *Bondcrete* terhadap campuran beton.
2. Untuk mengetahui kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur Serbuk Kaca substitusi parsial semen dan *Bondcrete* pada umur beton 28 hari.
3. mengetahui kelecakan penggunaan serbuk kaca dan *bondcrete* untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton dilihat dari nilai slump.

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat adiktif jenis *bondcrete* dan sebagai substitusi parsial semen dengan serbuk kaca terhadap campuran beton.
2. untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tarik belah beton normal dengan beton yang memakai *filler* serbuk kaca substitusi parsial semen dan *Bondcrete* dengan persentase yang telah ditentukan.

1.6. Sistematika Pembahasan

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

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 Metodologi Penelitian

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

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

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.

Beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen *Portland* atau dengan semen hidrolis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau bahan non kimia atau bahan lainnya yang berupa serat, *pozzoland* dan sebagainya dengan perbandingan tertentu. Mengingat harga semen yang semakin mahal mengakibatkan biaya pembuatan beton yang semakin mahal pula. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai pengganti sebagian semen karena memiliki potensi sebagai material *pozzoland*, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang melebihi kekuatan rencana dan dapat mengurangi biaya pembuatan beton. (Purnomo & Hisyam, 2014)

2.2. Limbah Kaca

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang merupakan gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Indrawan & Hastuty, 2016).

- **Penggunaan Kaca dalam Bidang Konstruksi**

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika, kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun

diri secara teratur. Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa organik yang mana telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silica. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Sifat sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silica (SiO₂) dan proses pembentukannya.

Bubuk kaca mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori yang lainnya yaitu:

- Mempunyai sifat tidak menyerap air (zero water absorption),
- Kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami,
- Bubuk kaca/serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan superplasticizer,
- Bubuk kaca/serbuk kaca yang baik mempunyai sifat pozzoland sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan filler.

Komposisi kimia dari berbagai unsur menentukan jenis kaca, dan komposisi kimia dari berbagai kaca warna ditunjukkan dalam Tabel 2.1 (Sutrisno, 2003)

Tabel 2.1: Komposisi Kimia dari berbagai jenis kaca warna

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

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

Unsur kimia dari dari pecahan kaca, bubuk kaca dan silica di tunjukkan dalam table 2.2

Tabel 2.2: Unsur kimia dari pecahan kaca, bubuk kaca dan silica

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

Kajian terdahulu dari (Purnomo & Hisyam, 2014) melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton. Selanjutnya (Sudjati & Yuliyanti, 2014) melakukan penelitian tentang Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus. Lalu (Asih, 2018) melakukan penelitian tentang Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus. Setelah itu (Gabriella Agnes Luvena Suwignyo, 2015) melakukan penelitian tentang Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca. Dan (Indrawan & Hastuty, 2016) melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah.

Terdapat hasil kuat tarik belah dengan variasi yang berbeda dari kajian terdahulu pada Tabel 2.3

Tabel 2.3: Daftar hasil penelitian serbuk kaca dari kajian terdahulu

NO	NAMA, TAHUN	BAHAN	Kuat Tarik Belah	
			Persen (%)	Kekuatan Rata-Rata (Mpa)
1	(Purnomo & Hisyam, 2014)	Serbuk Kaca Parsial Semen	0	2,55
			2,5	2,69
			5	2,62
			7,5	2,45
			10	2,78
			12,5	2,43
			15	2,19
2	(Sudjati & Yuliyanti, 2014)	Serbuk Kaca Pengganti Agregat Halus	0	2,5787
			10	2,5749
			20	2,2914
			30	2,1254
3	(Asih, 2018)	Serbuk Kaca Pengganti Agregat Halus	0	3,861
			5	5,613
			10	5,343
			15	5,163
			20	3,446
4	(Gabriella Agnes Luvena Suwignyo, 2015)	Serbuk Kaca Pengganti Agregat Halus	0	2,18
			10	2,57
			20	2,37
			30	2,32
			40	2,34
5	(Indrawan & Hastuty, 2016)	Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah	Kuat Tarik	
			Persen (%)	Kekuatan Rata-Rata (Mpa)
			0	16,268
			10	16,068
			15	16,871
			20	17,398
			25	17,75
			30	16,763

2.3. Semen *Portland Pozolan*

suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004).

2.3.1. Pozolan

bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

2.3.2. Jenis Dan Penggunaan

- Jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- Jenis P-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis P-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Tabel 2.4: Syarat kimia (jenis IP-U dan IP-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP - U	IP - K
1	MgO	%	Maks. 6,00	Maks. 6,00
2	SO ₃	%	Maks. 4,00	Maks. 4,00
3	Hilang Pijar	%	Maks. 5,00	Maks. 5,00

Tabel 2.5: Syarat kimia (jenis P-U dan P-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			P - U	P - K
1	MgO	%	Maks. 6,00	Maks. 6,00
2	SO ₃	%	Maks. 4,00	Maks. 4,00
3	Hilang Pijar	%	Maks. 5,00	Maks. 5,00

2.4. Penggunaan Bahan Tambah Kimia Dalam Campuran Beton

Bahan tambah kimia (*chemical admixtures*) adalah suatu bahan selain air, agregat, dan ditambahkan ke campuran (*batch*) segera, sebelum atau selama pencampuran, untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton dalam keadaan plastis atau setelah mengeras. (22/SE/M/2015, n.d.)

2.4.1. Bahan tambah kimia untuk mempercepat pengikatan (*akselerator*)

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

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

2.4.2. Keuntungan

- Memperpendek waktu pengikatan dan karenanya mempercepat pencapaian kekuatan.
- Memungkinkan beton dilepas dari cetakan lebih cepat, sehingga pada industri pracetak produksi dapat berjalan dengan cepat.
- Mengurangi segregasi dan meningkatkan kerapatan dan kuat tekan
- Pada daerah dengan iklim sub tropis, perawatan (*curing*) beton yang setara di musim dingin dan musim panas dapat dicapai
- Mengurangi kebutuhan air, *bleeding*, susut dan waktu yang dibutuhkan untuk pengikatan awal
- Memungkinkan beton dilaksanakan tanpa menggunakan acuan/cetakan, seperti pada pekerjaan *shotcrete*

2.5. *Bondcrete*

Bondcrete adalah perekat yang sangat kuat yang digunakan sebagai lem beton dan sealer (penutup pori-pori). *Bondcrete* begitu kuatnya sehingga jarang diperlukan pengasaran pada bidang permukaan yang akan dilakukan perekatan atau penyambungan. *Bondcrete* dapat meningkatkan kekuatan beton s/d 20%, sehingga meningkatkan pencegahan keretakan beton dan pelapukan dini.

2.6. Kuat Tarik Belah Beton

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

Kuat tarik belah beton adalah 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 ditekan.

kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder. (Pratama, 2016)

Pada saat beban P mencapai maksimum, silinder atau kubus beton yang diuji akan terbelah. Pada umumnya nilai kuat tarik belah beton berkisar $1/8 - 1/12$ nilai kuat tekan beton. Kuat tarik belah dihitung kedalam Pers.2.1

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi.L.D} \quad (2.1)$$

Keterangan :

f_{ct} = kuat tarik belah (Mpa)

P = beban uji maksimum (kg)

L = panjang benda uji (cm)

D = diameter atau lebar benda uji (cm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

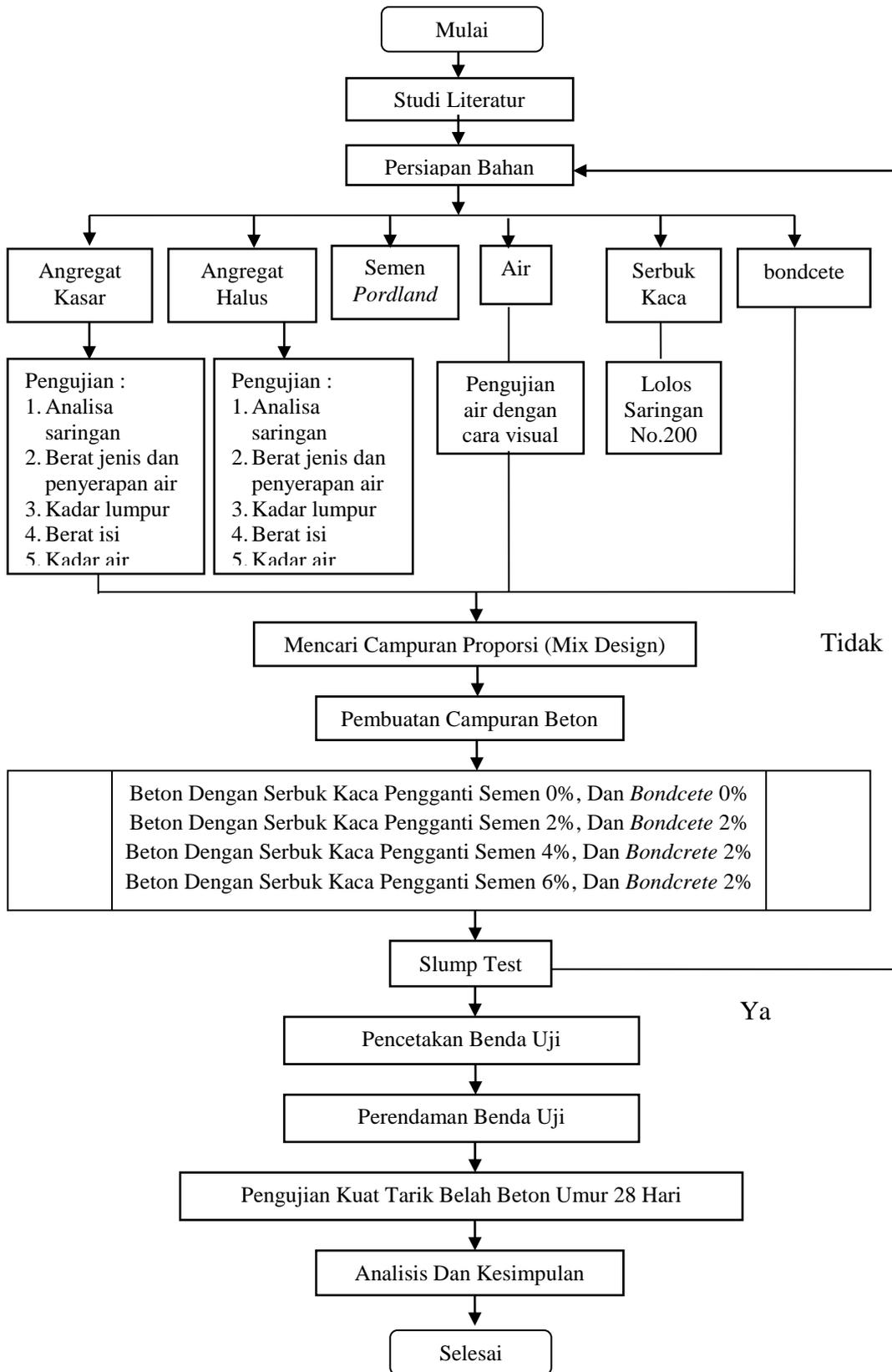
Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

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 serbuk kaca parsial semen (*filler*). Pada penelitian ini digunakan serbuk kaca yang lolos dari saringan no.200. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal terhadap volume campuran, beton menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen 2% terhadap volume campuran, beton menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen 4% terhadap volume campuran, dan beton menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen 6% terhadap volume campuran. Setiap beton yang menggunakan *filler* serbuk kaca parsial semen dilakukan penambahan *bondcrete* 2%.

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 didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah ± 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama dan 28 hari.

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



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

3.1.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

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

3.1.2. 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 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 Serbuk Kaca sebagai pengganti semen dan bahan kimia *Bondcrete* pada campuran beton. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih 3 bulan.

3.3. Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji:
 - Slinder ukuran 15 cm x 30 cm.

2. Variasi persentase kadar serbuk kaca terhadap semen: 2%, 4%, 6%.
3. Serbuk kaca yang digunakan lolos dari saringan no.200.
4. Persentase bahan kimia *bondcrete*: 2%.

Kebutuhan benda uji yang akan di buat ditunjukkan dalam tabel 3.1

Tabel 3.1: Komposisi Campuran Benda Uji dan Kode Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Persentase Kadar Serbuk Kaca Terhadap Semen		<i>Bondcrete</i>	Umur Pengujian Hari	Jumlah Sampel Silinder
		Semen	Serbuk Kaca			
1	BN	100%	0%	0%	28	3
2	BK-2	98%	2%	2%	28	3
3	BK-4	96%	4%	2%	28	3
4	BK-6	94%	6%	2%	28	3
Jumlah						12

3.4. Persiapan Bahan dan Alat Pembuatan Beton

3.4.1. Bahan Pembuatan Beton

Bahan-bahan pembentuk beton yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049- 2004). Dikutip dari jurnal (Pratiwi, Prayuda, & Prayuda, 2016)



Gambar 3.2: Semen Andalas

b. Agregat Kasar (Kerikil).

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm (SNI 03-2834-2000). Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.



Gambar 3.3: Agregat Kasar (Kerikil)

c. Agregat Halus (Pasir).

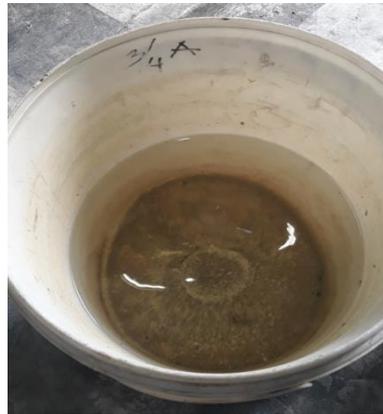
Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk beton bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat (SNI 03-2834-2000).



Gambar 3.4: Agregat Halus (Pasir)

d. Air

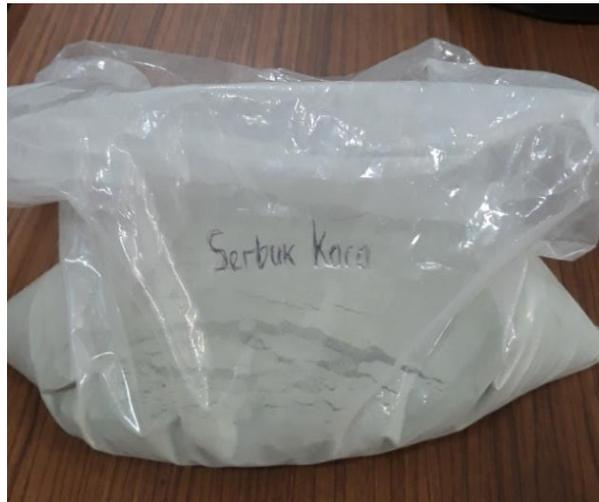
Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir-butir agregat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



Gambar 3.5: Air

e. Serbuk Kaca

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



Gambar 3.6: Serbuk Kaca

f. *Bondcrete*.

Bondcrete adalah perekat yang sangat kuat yang digunakan sebagai lem beton dan sealer (penutup pori-pori). *Bondcrete* dapat meningkatkan kekuatan beton s/d 20%, sehingga meningkatkan pencegahan keretakan beton dan pelapukan dini.

Bondcrete yang digunakan adalah *bondcrete* yang dapat berfungsi sebagai perekat beton dan pelindung beton.



Gambar 3.7: Bondcrete

3.4.2. Alat Pembuatan Beton

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

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

Satu set saringan agregat kasar berfungsi untuk memisahkan agregat kasar sesuai ukuran.



Gambar 3.8: Satu set saringan agregat kasar

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

Satu set saringan agregat kasar berfungsi untuk memisahkan agregat halus sesuai ukuran.



Gambar 3.9: Satu set saringan agregat halus

3. Saringan No.200.

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



Gambar 3.10: Saringan No.200

4. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan dan benda uji.



Gambar 3.11: Timbangan digital

5. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.



Gambar 3.12: Oven

6. Mesin Aduk Beton (Molen)

Molen berfungsi untuk membuat campuran atau adonan beton



Gambar 3.13: Mesin aduk beton

7. Kerucut Abrams

Kerucut abrams berfungsi untuk menguji slump



Gambar 3.14: Kerucut abrams

8. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji



Gambar 3.15: Tongkat penumbuk

9. Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur tinggi slump



Gambar 3.16: Penggaris

10. Cetakan Silinder

Cetakan silinder berfungsi untuk mencetak benda uji



Gambar 3.17: Cetakan silinder

11. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur takaran air.



Gambar 3.18: Gelas ukur

12. Plastik

Plastik berfungsi untuk wadah agregat



Gambar 3.19: Plastik

13. Sekop Tangan

Sekop tangan berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan.



Gambar 3.20: Sekop tangan

14. Sendok Semen

Sendok semen berfungsi untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.21: Sendok semen

15. Ember

Ember berfungsi untuk wadah air



Gambar 3.22: Ember

16. Pan

Pan berfungsi untuk wadah campuran pembuatan beton



Gambar 3.23: Pan

17. Bak Perendaman

Bak perendaman berfungsi untuk merendam atau perawatan benda uji selama 28 hari



Gambar 3.24: Bak Perendaman

18. Spritus

Spritus berfungsi untuk sebagai bahan bakar



Gambar 3.25 Spritus

19. Kawat Kasa dan Kaki tiga

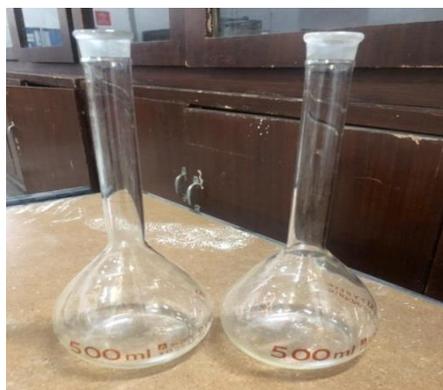
Kawat kasa dan kaki tiga berfungsi untuk sebagai tempat dudukan piknometer



Gambar 3.26 Kawat kasa dan kaki tiga

20. Piknometer

Piknometer berfungsi untuk mengukur nilai massa jenis atau densitas dari fluida



Gambar 3.27 Piknometer

21. Mesin *Los Angeles*

Mesin *los angeles* berfungsi untuk menghaluskan kaca



Gambar 3.28: Mesin *los angeles*

22. Mesin Uji Kuat Tarik Belah Beton

Mesin ini berfungsi untuk menguji kuat tarik belah beton



Gambar 3.29: Mesin uji kuat tarik belah beton

3.5. Metode Pembuatan Serbuk Kaca

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

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

3.6. Perencanaan Pembuatan Campuran (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan betonsesuai 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.

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

Dengan :

s adalah deviasi standar

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

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

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

Dengan:

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

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

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}).

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

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

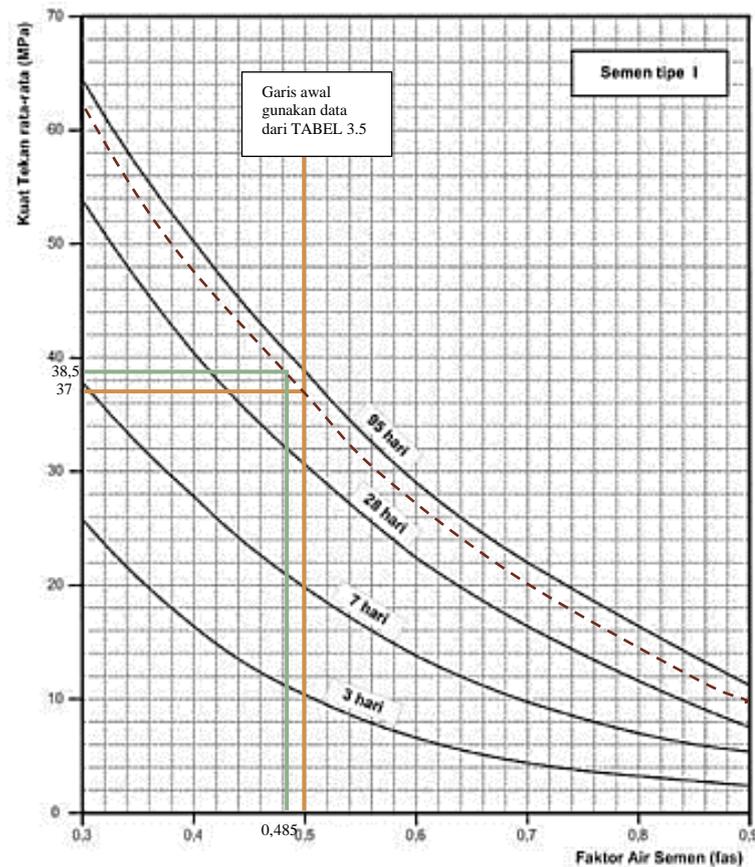
5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

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 3.2. Bila dipergunakan gambar 3.30 ikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Mentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.3, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 3.30 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

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

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)					Bentuk
		Pada Umur (hari)				Bentuk uji	
		3	7	28	29		
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 3.30: 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 kondisipelaksanaan 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) Sepertiga jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - 2) Sepertiga dari tebal pelat.
 - 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

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

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

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

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

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

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

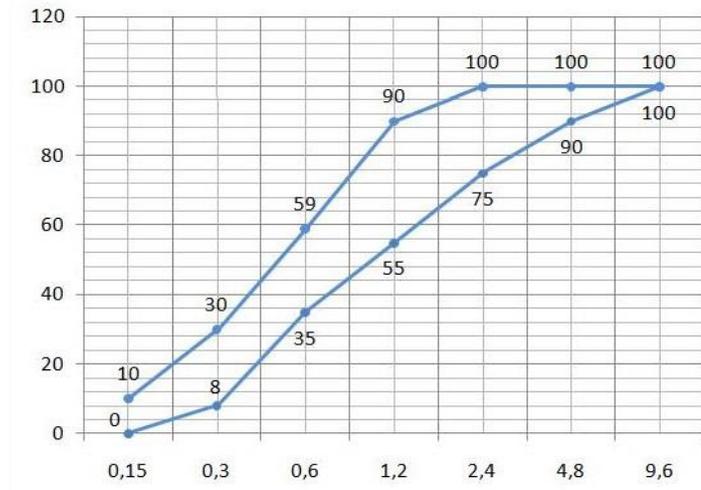
Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

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

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

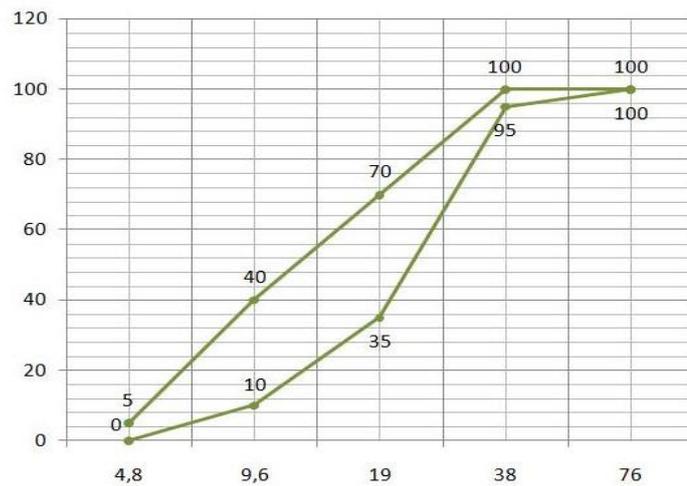
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan; a. Tidak terlindung dari hujan dan terik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

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka 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 3.31 (ukuran mata ayakan (mm))



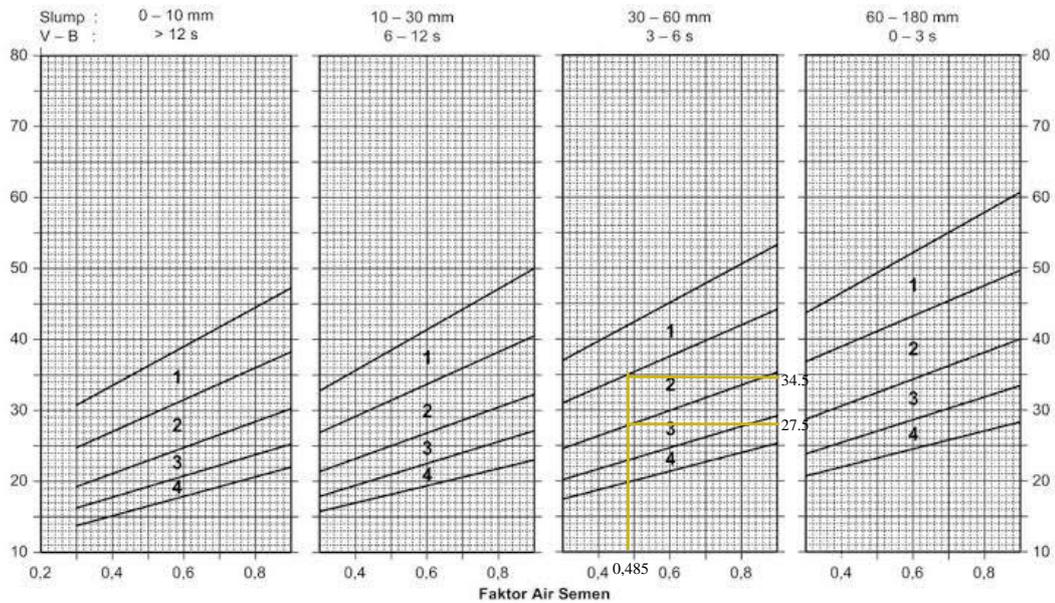
Gambar 3.31: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

17. Menentukan susunan agregat kasar



Gambar 3.32: 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 3.33: 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:

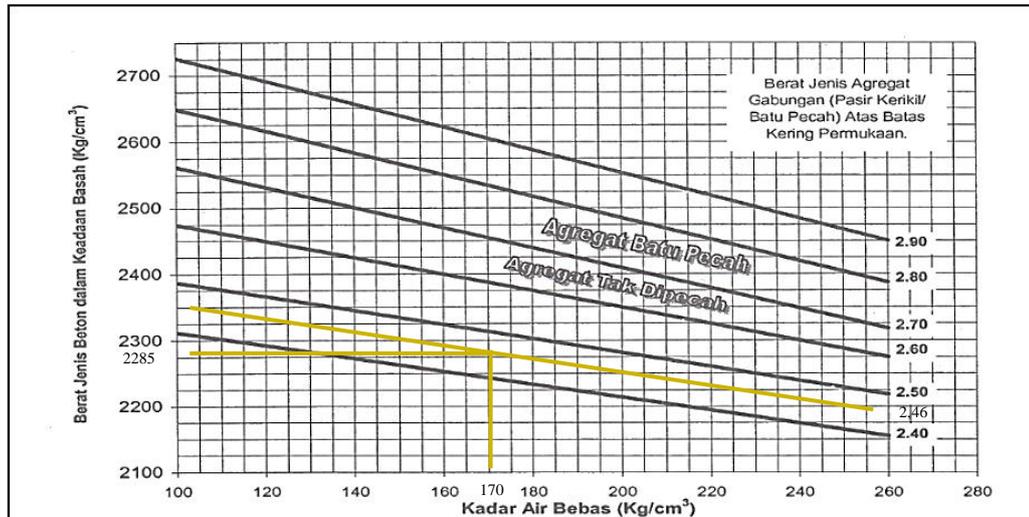
- 1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- 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 3.34 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.34 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

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

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

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

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. Metode Pengecoran

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

3.7.1. Beton Normal

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

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

3.7.2. Beton Serbuk Kaca Pengganti Semen dan Bahan Kimia *Bondcrete*.

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton Serbuk Kaca pengganti semen dan *Boncrete* adalah sebagai berikut:

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

3.8. Metode Perawatan Benda Uji

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

Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Pembongkaran benda uji dilakukan \pm 24 jam setelah pembuatan.
- 2) Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Untuk pengujian kuat lentur, benda uji direndam selama 28 hari.
- 3) Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.9. Pengujian Sampel

3.9.1 Pengujian *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 1972:2008)

Langkah-langkah pengujian Slump Test :

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

secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

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



Gambar 3.35: Pengujian *slump* (kerucut Abram)

3.9.2 Uji Kuat Tarik Belah Silinder

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

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

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

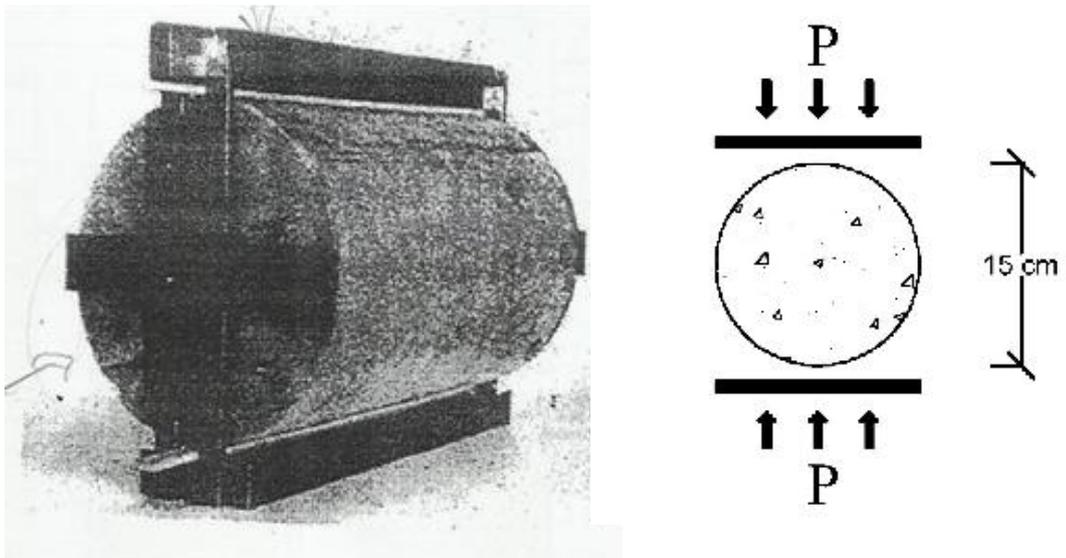
Dimana :

F_{ct} = kuat tarik belah (Mpa)

P = beban pada waktu belah (Kg)

D = diameter benda uji silinder (Cm)

L = panjang benda uji silinder (Cm)



Gambar 3.36: Pengujian kuat tarik belah 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

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

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

Agregat halus Lolos ayakan No.4	Satuan	Sampel	Sampel	Rata-rata
		1	2	
Berat SSD(B)	gr	500	500	500
Berat SSD keringoven (E)	gr	483	491	487
Berat Pic+ air (D)	gr	692	690	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

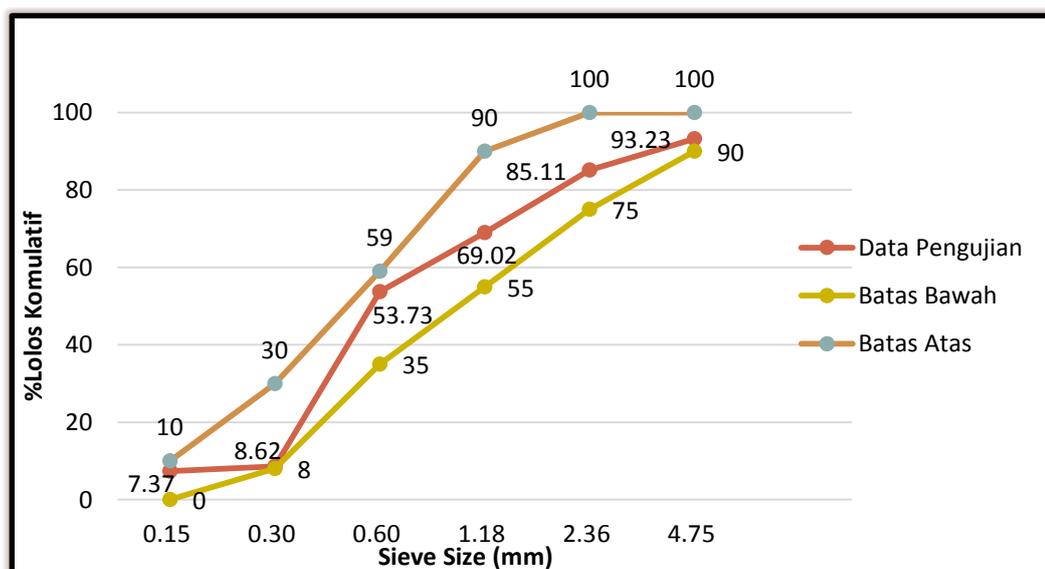
yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,68%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,68% dari berat kering agregat sendiri.

4.1.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

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

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

$$= \frac{92,63 + 91,38 + 46,27 + 30,98 + 14,89 + 6,77}{100} = \frac{282,91}{100} = 2,83$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 2,83%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 - 3,8% .Jadi agregat tersebut berada di Zona 2.

4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SK SNI S – 04 – 1989 – F serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian	Satuan	sampel 1	sampel 2	Rata-rata
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

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

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

Pengujian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
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, Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.1.1.5 Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 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 2,78% 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

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969-2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

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

Agregat kasar	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD(A)	gr	2800	2700	2750
Berat SSD keringoven (C)	gr	2795	2687	2741
Berat SSDdi 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

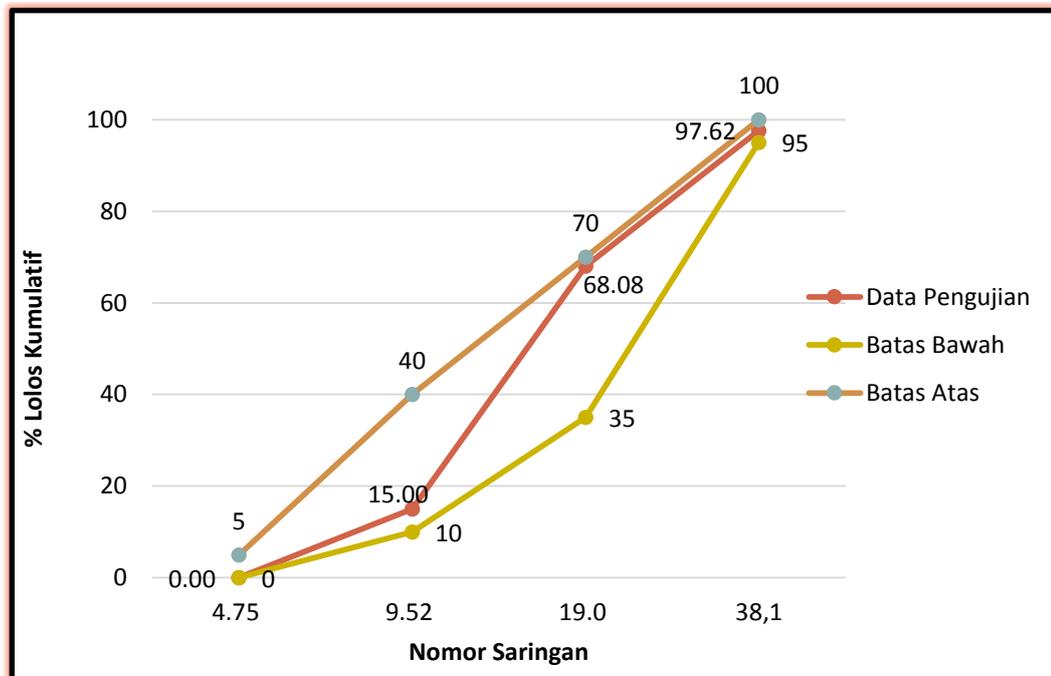
Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,41 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,33%. Angka tersebut menunjukkan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

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1969-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

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
Total	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, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.1.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SK SNI S – 04 – 1989 – F serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian	Satuan	sample 1	sample 2	Rata-rata
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

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4. 9 berikut ini.

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

Pengujian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
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, Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.1.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat halus

Pengujian	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

Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca

Lolos saringan No.200	Satuan	Sampel 1	Sampe 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	200	200	200
Berat SSD kering oven (E)	gr	181	184	182,5
Berat Pic + air (D)	gr	690	691	690,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	808	810	809
BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$		2,20	2,27	2,235
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,43	2,46	2,445
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,87	2,83	2,85
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	10,49	8,69	9,59

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

4.2 Rancang Campur Dan Kebutuhan Bahan

4.2.1 *Mix Design* Beton Normal Mutu Sedang

Pada peneilitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proposi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana. Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tekan 26,5 MPa yang perhitungannya sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 26,5 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Standar deviasi ditiadakan.
3. Nilai tambah margin (M) karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$) berdasarkan Persamaan 3.4 diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 26,5 + 12 \\ &= 38,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I tetapi karena keterbatasan untuk memperoleh diganti semen tipe PCC merek Tiga Roda yang memiliki kekuatan setara dengan semen Portland tipe I.
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada table 3.3 dan Gambar 3.30 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kuat tekan beton rata-rata 38,5 MPa, semen yang digunakan

semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,485.

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan tabel 3.5 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi yang non-korosif maka faktor air maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 30 - 60 mm.
10. Ukuran agregat maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 30 - 60 mm sehingga dari Tabel 3.4 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan berdasarkan Persamaan 3.5 diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\ &= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\ &= \frac{170}{0,485} \\ &= 350,52 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 350,52 kg/m³
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.5 mempunyai kadar semen minimum per-m³sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 3.30 yaitu sebesar 0,485.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 3.31 yaitu batas gradasi pasir no.2.

17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 3.32 yaitu batar gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.
18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 30 - 60 mm, faktor air semen 0,485 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 3.33. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar 27,5% dan batas atas sebesar 34,5%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata sehingga digunakan sebesar 31%
19. Menghitung berat jenis relatif dengan nilai yang diperoleh dari pemeriksaan bahan susun beton nilai berat jenis agregat halus (BJAH) sebesar 2,56 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) sebesar 2,41. Maka diperoleh perhitungan berat jenis gabungan sebagai berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Relatif} &= (\%AH \cdot \text{BJAH}) + ((100\% - \%AH) \cdot \text{BJAK}) \\ &= (31\% \cdot 2,56) + ((100\% - 31\%) \cdot 2,41) \\ &= 2,46 \end{aligned}$$
20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 3.34 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,46, makadi peroleh nilai berat isi beton sebesar 2285 Kg/m³
21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2285 - 350,52 - 170 \\ &= 1764,48 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$
22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \cdot \%AH \\ &= 1764,48 \cdot 31\% \\ &= 546,99 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$
23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\ &= 1764,48 - 546,99 \\ &= 1217,49 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

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

Semen	= 350,52 kg
Air	= 170 kg
Agregat Halus	= 546,99 kg
Agregat Kasar	= 1217,49 kg

25. Koreksi Proporsi Campuran

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 3.6 s/d 3.8 sebagai berikut :

Diketahui:

- Jumlah air (B) = 170 kg/m³
- Jumlah agregat halus (C) = 546,99 kg/m³
- Jumlah agregat kasar (D) = 1217,49 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

$$\begin{aligned}\text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,78 - 2,68) \times \frac{546,99}{100} - (0,96 - 0,33) \times \frac{1217,49}{100} \\ &= 161,82 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}\text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 546,99 + (2,78 - 2,68) \times \frac{546,99}{100} \\ &= 547,53 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1217,49 + (0,96 - 0,33) \times \frac{1217,49}{100} \\ &= 1225,14 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.12: Rekapitulasi perencanaan campuran beton normal mutu sedang

No	Uraian	Tabel/Gambar/Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (silinder)	Ditetapkan		26,5 Mpa	
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.4		12 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3		38,5 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Semen Portland I	
6	Jenis agregat: -kasar -halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu Pecah PasirAlami	
7	FAS	Tabel 3.3 dan Gambar 3.30		0,485	
8	FAS maksimum	Tabel 3.5		0,6	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 3.4		170 Kg/m ³	
12	Kadar semen	11:8		350,52 Kg/m ³	
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan		350,52 Kg/m ³	
14	Kadar semen minimum	Tabel 3.5		275 Kg/m ³	
15	FAS yang disesuaikan	Gambar 3.30		0,485	
16	Susunan butir agregat halus	Gambar 3.31		no.2	
17	Susunan butir agregat kasar	Gambar 3.32		no.40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 3.33		31 %	
19	Berat jenis relatif	Dihitung		2,46	
20	Berat isi	Gambar 3.34		2285 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1764,48 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21x18		546,99 kg/m ³	
23	Kadar agreg at kasar	21-22		1217,49 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat (kg/m ³)	
				Halus	Kasar
		350,52 1	170,00 0,485	546,99 1,56	1217,49 3,47
25	Koreksi proporsi campuran	350,52 1,00	161,82 0,46	547,53 1,56	1225,14 3,50

4.2.2. Kebutuhan Bahan

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

- PC = 350,52 kg/m³
- Agregat halus = 547,53 kg/m³
- Agregat kasar = 1225,14 kg/m³
- Air = 161,82 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%) = 0,0175m³. 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					
		PCC (kg)	Serbuk Kaca pengganti semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	Bondcrete (Kg)
BN	0,0175	100% 6,134	0%	9,581	21,439	2,831	2% 0,122
BK-2	0,0175	98% 6,012	2% 0,122	9,581	21,439	2,831	2% 0,122
BK-4	0,0175	96% 5,889	4% 0,245	9,581	21,439	2,831	2% 0,122
BK-6	0,0175	94% 5,766	6% 0,368	9,581	21,439	2,831	2% 0,122
Total	0,07	23,80 1	0,735	38,324	85,756	11,324	0,488

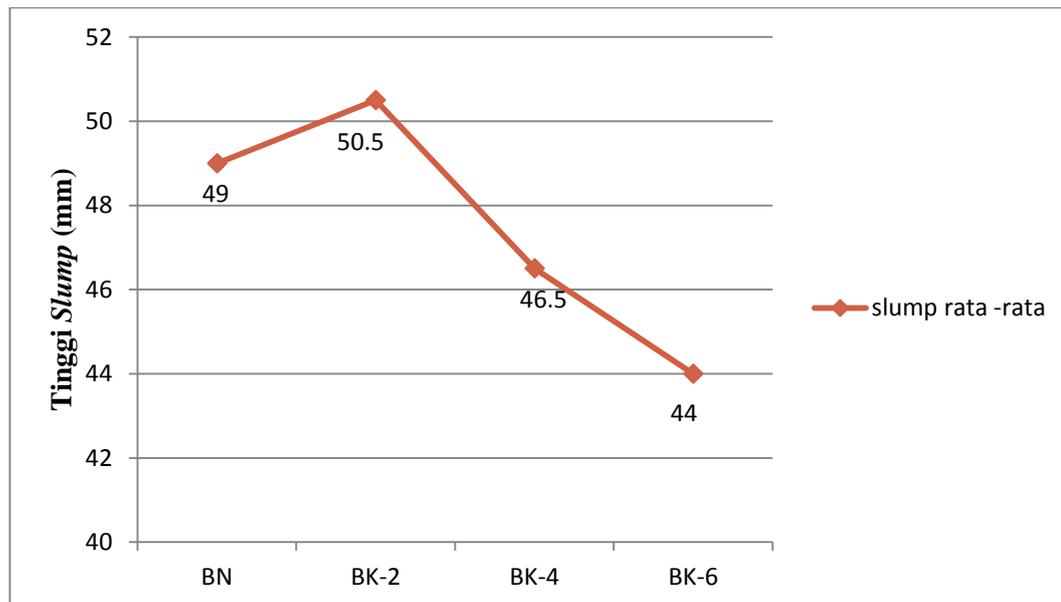
4.3. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Segar

4.3.1. Pengujian *Slump* (*Slump* Rencana 30 – 60 Mm)

Pengujian *slump* dilakukan menggunakan metode (SNI 1972:2008), sehingga didapat hasil pengujian *slump* sebagai berikut.

Tabel 4.14: Hasil pengujian *slump*

Variasi Campuran	Tinggi <i>Slump</i> (mm)		<i>Slump</i> Rata-rata (mm)	Penambahan Air (Liter)	Air 1 x Adukan (Liter)
	1	2			
BN	48	50	49	0	2,831
BK-2	52	49	50,5	0,370	3,201
BK-4	47	46	46,5	0,250	3,081
BK-6	45	43	44	0,200	3,031



Gambar 4.3: Grafik *slump* rata-rata

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut, nilai rata-rata *slump* campuran beton normal, BK-2, BK-4, dan BK-6 yaitu; 49 mm; 50,5 mm; 46,5 mm; dan 44 mm. Didapat bahwa nilai *slump* seluruh campuran masuk kedalam *slump* rencana yaitu 30 – 60 mm.

4.3.2. Berat Isi Beton

Berat isi rencana = 2285 kg/m³

Volume pekerjaan = 0,07 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 Sampel	5,3	12,586	2374	2392	2285	1,04	0,04			
			12,902	2434							
			12,555	2368							
2	BK-2 3 Sampel	5,3	12,622	2381	2397		2285	1,05	0,05		
			12,672	2390							
			12,839	2422							
3	BK-4 3 Sampel	5,3	12,414	2342	2376			2285	1,04	0,04	
			12,672	2390							
			12,703	2396							
4	BK-6 3 Sampel	5,3	12,576	2372	2391				2285	1,05	0,05
			12,701	2396							
			12,758	2407							

Berdasarkan data pengujian berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar 2403 kg/m³ (BN), 2392 kg/m³ (BK-2), 2376 kg/m³ (BK-4), dan 2391 kg/m³ (BK-6). Dapat disimpulkan berat isi beton yang dibuat tidak sesuai dengan berat isi beton rencana yaitu 2285 kg/m³. Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, sehingga jumlah bahan dlebihihkan 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 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03-2491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah beton.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah (BN)

Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 28 Hari					
1	12,586	1413	24,000	3,39	3,60
2	12,902	1413	25,500	3,60	
3	12,555	1413	27,000	3,82	

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-2)

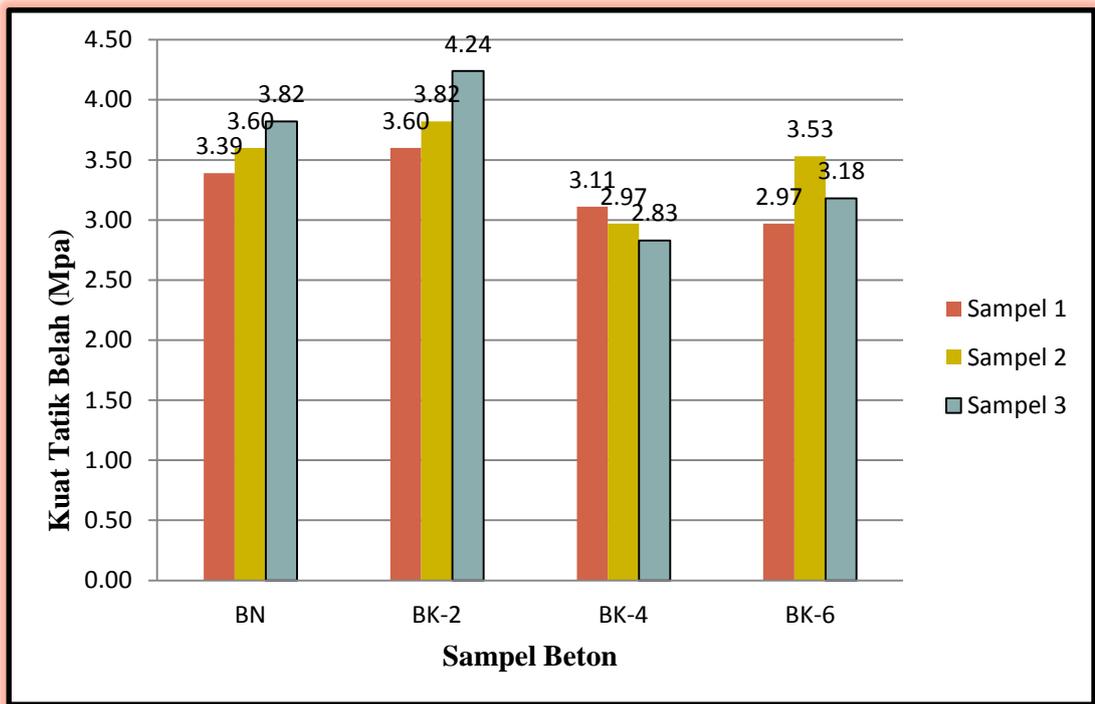
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 28 Hari					
1	12,622	1413	25,500	3,60	3,89
2	12,672	1413	27,000	3,82	
3	12,839	1413	30,000	4,24	

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-4)

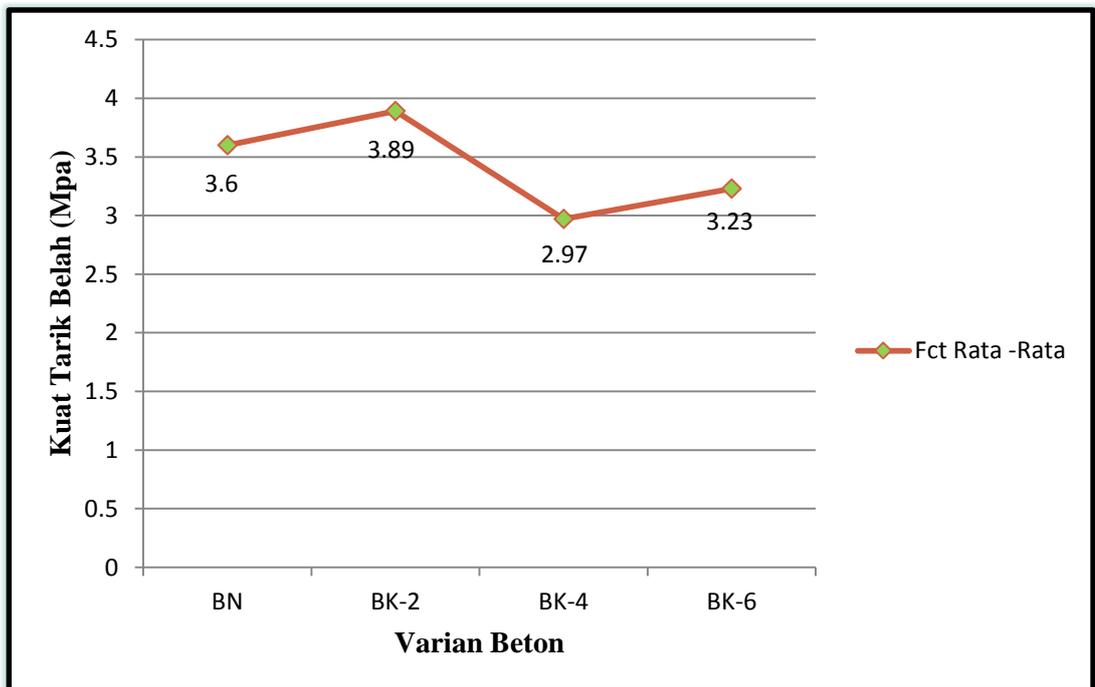
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 28 Hari					
1	12,414	1413	22,000	3,11	2,97
2	12,672	1413	21,000	2,97	
3	12,703	1413	20,000	2,83	

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tarik belah (BK-6)

Sampel	Berat Benda Uji Sebelum Direndam (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 28 Hari					
1	12,576	1413	21,000	2,97	3,23
2	12,701	1413	25,000	3,53	
3	12,758	1413	22,500	3,18	



Gambar 4.4: Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari



Gambar 4.5: Grafik persentase nilai Fct Rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BK-2 mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 3,89 Mpa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,60 Mpa, maka beton BK-2 memperoleh kenaikan sebesar 7,45% dengan selisih 0,29 Mpa. Tetapi pada BK-4 memperoleh penurunan sebesar 17,5% dengan selisih 0,63 Mpa, ini dikarenakan pada saat akan pengujian beton tidak diangin-anginkan hingga kering permukaan selama satu hari dari sebelum pengujian.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan serta diskusi, makadapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini. Sarandikemukakan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan dandilanjutkan oleh peneliti lainnya.

5.1. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan data yang diperoleh pengaruh serbuk kaca substitusi parsial semen dan *bondcrete* terhadap campuran beton menunjukkan bahwa semakin banyak persentase serbuk kaca yang dimasukkan, maka semakin rendah nilai kuat tarik belah yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari nilai kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 4% dan *bondcrete* 2% (BK-4) yaitu 2,97 Mpa, nilai kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 6% dan *bondcrete* 2% (BK-6) yaitu 3,23 Mpa, mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal (BN) yaitu 3,6 Mpa.
2. Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk beton variasi serbuk kaca 2% dan *bondcrete* 2% (BK-2) mengalami peningkatan terhadap beton normal (BN), tetapi nilai kuat tarik belah beton pada variasi berikutnya yaitu serbuk kaca 4% dan *bondcrete* 2% (BK-4) dan serbuk kaca 6% dan *bondcrete* 2% (BK-6) mengalami penurunan. Nilai kuat tarik belah optimum didapat pada variasi serbuk kaca 2% dan *bondcrete* 2% (BK-2) yaitu 3,89 Mpa atau mengalami kenaikan sebesar 7,45% dengan selisih 0,29 Mpa terhadap beton 0%.
3. Dari pengujian yang telah dilakukan nilai *slump* tertinggi didapat pada serbuk kaca 2% dan *bondcrete* 2% (BK-2) yaitu 50,5 mm sedangkan nilai *slump* terendah pada serbuk kaca 6% dan *bondcrete* 2% (BK-6) yaitu sebesar 44 mm. Jadi semakin banyak persentase serbuk kaca dan *bondcrete* pada

campuran beton maka semakin menurun nilai slump yang didapat, tetapi masih dalam perencanaan *slump* 30 – 60 mm.

5.2. Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- 22/SE/M/2015.(n.d.).150509324422_SE_M_2015,_Pedoman_Penggunaan_Bahan_Tambah_Kimia_(Chemical_Admixture)_dalam_Beton.
- Asih, A. welas. (2018). *Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Beton Tinggi The Effect of Glass Waste as Partial Replacement of Fine Aggregate on the High Strenght Concrete.*
- Gabriella Agnes Luvena Suwignyo, J. J. S. A. E. A. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103. <https://doi.org/10.24002/jts.v13i2.971>
- 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.*
- Pratama, E. (2016). 55825-ID-kajian-kuat-tekan-dan-kuat-tarik-belah-b. 4, 28–38.
- Pratiwi, S., Prayuda, H., & Prayuda, F. (2016). Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca (Compressive Strength of Fibre Concrete Using Fibre Optic Variation and Glass Fracture). *Semesta Teknika*, 19(1), 55–67.
- 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>
- Sem Kennedy Simanungkalit1, dan T. S. (2017). *ANALISIS PENGARUH UKURAN MAKSIMUM AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK LENTUR BETON.*
- SNI 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03-1968-1990. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–17.

- SNI 03-2834-2000, T. C. P. R. C. B. N. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000*. 1–34.
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. *Balitbang PU*, 1–6.
- SNI 15-0302-2004. (2004). Semen portland pozolan. *Badan Standardisasi Nasional*, 9.
- SNI 1969-2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. *Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 1970. (2008). Standar Nasional Indonesia Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1971-2011. (2011). Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. *Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1972:2008. (2008). Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 5.
- SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. (2014). *SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. 12.
- Srie Gunarti, A. S. (2014). Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi 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.
- Sutrisno, W. (2003). *Pengaruh BahanTambah Serbuk Kaca Pada Mortar*. 17–25.

LAMPIRAN



Gambar L-1 Mengaduk semua campuran beton



Gambar L-2 Pengujian slump test



Gambar L-3 Perojokan adukan beton dicetakan



Gambar L-4 Perendaman benda uji



Gambar L-5 Beton normal (BN)



Gambar L-6 Beton serbuk kaca 2% dan bondcrete 2% (BK-2)



Gambar L-7 Beton serbuk kaca 4% dan bondcrete 2% (BK-4)



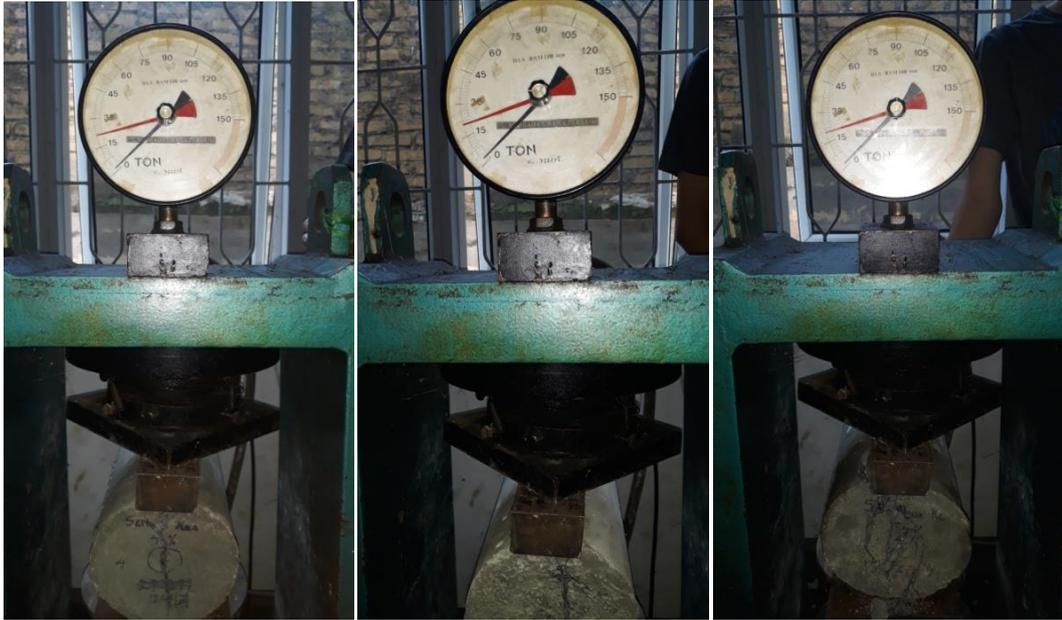
Gambar L-8 Beton serbuk kaca 6% dan bondcrete 2% (BK-6)



Gambar L-9 Pengujian kuat tarik belah (BN)



Gambar L-10 Pengujian kuat tarik belah (BK-2)



Gambar L-11 Pengujian kuat tarik belah (BK-4)



Gambar L-12 Pengujian kuat tarik belah (BK-6)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Fajar Riski
Panggilan : Fajar
Tempat, Tanggal Lahir : Sigli, 27 Maret 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Namorambe Perumnas Putri Deli No 123
HP/Tlpon Seluler : 0821-6297-5321

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210142
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	SDN Gogo	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP Swasta Cerdas Bangsa	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK Negeri 2 Medan	2013 - 2016
