

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KACA TERHADAP
MUTU FC 14,5 DAN KUAT TEKAN BETON**

*Disusun sebagai salah satu syarat akademik
Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)*



Oleh:
ASRAFI ABRAR
17.10.002.22201.100

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2021

LEMBAR PENGESAH

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KACA TERHADAP
MUTU FC 14,5 DAN KUAT TEKAN BETON

Oleh :

ASRAFI ABRAR
171000222201100

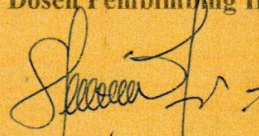
Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



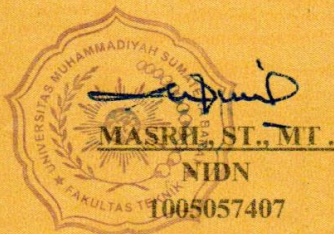

MASRIL, ST., MT.
NIDN.
1005057407

Dosen Pembimbing II



SELPA DEWL, ST., MT.
NIDN
1011097602

Dekan Fakultas Teknik UMSB



MASRIL, ST., MT.
NIDN
1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil UMSB



IR. SURYA EKA PRIANA, MT., IPP.
NIDN
1022018303

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

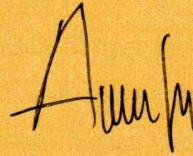
2021

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 31 Juli 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 7 September 2021

Mahasiswa,


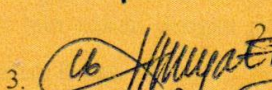
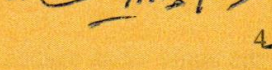



Asrafi Abrar

NIM 17.10.002.22201.100

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 11 September 2021 :

1. Masril, ST., MT .
2. Selpa Dewi, ST., MT .
3. Ir. Surya Eka Priana, MT., IPP .
4. Ishak, ST., MT .

1. 
2. 
3. 
4. 

Mengetahui,

Dekan Fakultras Teknik UMSB



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asrafi Abrar
NIM : 17.10.002.22201.100
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Terhadap Mutu Fc
14,5 dan Kuat Tekan Beton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan penaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 7 September 2021

Yang membuat pernyataan,



Asrafi Abrar

NIM 17.10.002.22201.100

ABSTRAK

Seiring dengan bertambahnya tumpukan limbah kaca di lingkungan kita, perlu dilakukan langkah nyata untuk dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu langkah yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan daur ulang. Limbah kaca dapat dimanfaatkan sebagai salah satu material campuran beton, untuk dapat meningkatkan kualitas beton dengan naiknya kekuatan tekan beton. Hal ini dapat berdampak baik tidak hanya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, tapi juga dalam bidang konstruksi. Untuk itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan limbah kaca tersebut. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Bukittinggi, yang berlokasi di Guguk Bulek, Kota Bukittinggi. Penelitian ini berpedoman kepada Standar Nasional Indonesia tentang pembuatan beton normal dan pengujian kuat tekan beton, dan Pedoman Praktikum Beton Prodi Sipil Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. sedangkan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil penelitian dan pengujian, penambahan tumbukan limbah kaca sebesar 0% (beton normal) tekan umur 28 hari $f'c$ 14,53 Mpa, untuk 4% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,83 Mpa, untuk 6% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,46 Mpa, untuk dan 8% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,08 Mpa. Dengan banyaknya limbah kaca agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dari agregat halus.

Kata kunci: Tumbukan limbah kaca, Beton, Agregat halus, Kuat tekan beton $f'c$ 14,53 MPa



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan berkat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas penulisan skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan tepat waktu. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis tuju kepada :

1. Orang tua, kakak dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, do'a dan kasih sayang.
2. Bapak **Masril, ST. M.T** selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
3. Bapak **Hariyadi, S.Kom., M.Kom** selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
4. Bapak **Ir. Surya Eka Priana, M.T, IPP** selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
5. Ibu **Elfania Bastian, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing akademik.
6. Bapak **Masril, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
7. Ibu **Selpa Dewi, S.T , M.T** selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
9. Teman - teman seperjuangan terkhusus angkatan 17.
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat

bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 31 Juli 2021



Asrafi Abrar



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumus Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Landasan Teori Analisis Saringan	5
2.3 Karakteristik Beton	7
2.3.1 Pengertian Beton	7

2.3.2 Umur Beton	12
2.3.3 Kuat Tekan Beton	13
2.3.4 Faktor Air Semen	17
2.4 Material Penyusun Beton	18
2.4.1 Pengertian Kaca	18
2.4.2 Pengertian Semen <i>Portland</i>	19
2.4.3 Pengertian Agregat	21
2.4.4 Pengertian Air	23
2.5 Prosedur Penelitian	24
2.5.1 Pemeriksaan Material	24
2.5.2 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Diagram Alir Penelitian	40
3.2 Lokasi Penelitian	41
3.3 Metodologi Penelitian	41
3.4 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	42
3.4.1 Alat Penelitian	42
3.4.2 Bahan Penelitian	53
3.5 Data Penelitian	53
3.5.1 Data Primer	53
3.5.2 Data Sekunder	53
3.6 Waktu Penelitian	54
3.7 Desain dan Jumlah Uji	54
3.8 <i>Slump Test</i>	54
3.9 Pembuatan Sampel Silinder	55
3.10 Perawatan Beton Benda Uji Silinder	57

3.11 Pengujian Kuat Tekan Beton	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton	60
4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	69
4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton	73
BAB V PENUTUP	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83



DAFTAR GAMBAR

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2.1 Saringan No. 200	6
Gambar 2.2 Beton	11
Gambar 2.3 Benda Uji Silinder	12
Gambar 2.4 Kuat Tekan	13
Gambar 2.5 <i>Slump Test</i>	17
Gambar 2.6 Limbah Kaca	19
Gambar 2.7 Serbuk Kaca	19
Gambar 2.8 Semen <i>Portland</i> merek Semen Padang	21
Gambar 2.9 Agregat Halus	22
Gambar 2.10 Agregat Kasar	23
Gambar 2.11 Air Untuk Adukan	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	41
Gambar 3.3 Kercut <i>Abrams</i>	42
Gambar 3.4 Tongkat Penumbuk	43
Gambar 3.5 Papan Kerucut <i>Abrams</i>	43
Gambar 3.6 Meteran	44
Gambar 3.7 Sendok Rata Semen	44
Gambar 3.8 Sendok Semen	45
Gambar 3.9 Oli Yamaha dan Kuas	45
Gambar 3.10 Palu Tabung	46
Gambar 3.11 Palu Karet	47

Gambar 3.12 Wadah	47
Gambar 3.13 Wadah Persegi	48
Gambar 3.14 Ember Besi	48
Gambar 3.15 Ember	49
Gambar 3.16 Cetakan Beton Silinder	49
Gambar 3.17 Timbangan Digital	50
Gambar 3.18 Timbangan Duduk	50
Gambar 3.19 Saringan	51
Gambar 3.20 Alat Penguji Kuat Tekan	51
Gambar 3.21 Plastik untuk Menyimpan Beton	52
Gambar 3.22 Mesin Aduk Beton (Melon)	52
Gambar 3.23 Penguji (<i>Slump Test</i>) pada Beton	55
Gambar 3.24 Pembuatan Sampel Silinder.....	57
Gambar 3.25 Perawatan/Perendam Beton Silinder	57
Gambar 3.26 Alat uji kuat tekan beton (<i>Compression Testing Machine</i>)	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
Gambar 4.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar ..	67
Gambar 4.2 Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus	69
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	73
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 4%.....	74
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 6%	75
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 8%	76
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Uji Kuat Tekan Beton	77



DAFTAR TABEL

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton	9
Tabel 2.2 Perkembangan Kuat Tekan Beton untuk Semen <i>Portland</i>	14
Tabel 2.3 Kuat Tekan Silinder, A.M Neville	14
Tabel 2.4 Kuat Tekan Silinder, ISO Standar	14
Tabel 2.5 Korelasi Kuat Benda Uji	14
Tabel 2.6 Koreksi Perbandingan Tinggi Terhadap Diameter Untuk Benda Uji Silinder	15
Tabel 2.7 Pemeriksaan Berat Volume Agregat	26
Tabel 2.8 Perangkat Saringan Agregat Kasar	27
Tabel 2.9 Perangkat Saringan Agregat Halus	28
Tabel 2.10 Rencana Pengujian	36
Tabel 2.11 Prosedur <i>Mix Design</i>	37

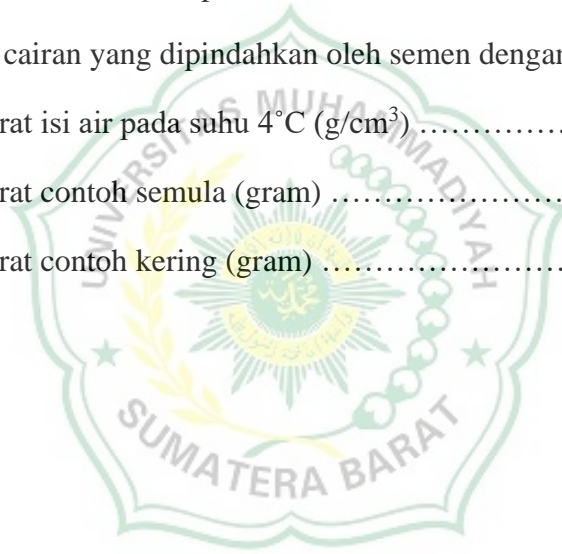
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1 Pemeriksaan Berat Jenis Semen	60
Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Agregat Halus	61
Tabel 4.3 Pemeriksaan Berat Agregat Kasar	61
Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Serbuk Kaca	62
Tabel 4.5 Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	62
Tabel 4.6 Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar	63
Tabel 4.7 Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Serbuk Kaca	63
Tabel 4.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	64
Tabel 4.9 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	64
Tabel 4.10 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Serbuk Kaca	65

Tabel 4.11 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200	65
Tabel 4.12 Pemeriksaan Kadar Lumpur.	65
Tabel 4.13 Analisis Saringan Agregat Halus	66
Tabel 4.14 Analisis Saringan Agregat Kasar	67
Tabel 4.15 Analisis Saringan Agregat Serbuk Kaca	68
Tabel 4.16 Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	69
Tabel 4.17 Komposisi Unsur Campuran Beton + Serbuk Kaca Terhadap Agregat Halus	72
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	73
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 4%	74
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 6%	75
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 8%	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan Campuran Serbuk kaca	79

DAFTAR NOTASI

f'_c	= Kuat tekan beton (Mpa atau Kg/cm ²)	13
P	= Kuat tekan maksimum pada contoh beton (kN) tertentu	13
A	= Luas penampang (permukaan pada contoh beton) (cm ²)	13
A & B	= Nilai konstanta	18
X	= Faktor air semen (semula dalam proporsi volume)	18
V1	= Pembacaan pertama pada skala botol	25
V2	= Pembacaan kedua pada skala botol	25
V2-V1	= Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan suhu berat ..	25
D	= Berat isi air pada suhu 4°C (g/cm ³)	25
W3	= Berat contoh semula (gram)	32
W5	= Berat contoh kering (gram)	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah kaca adalah limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat sehari-sehari. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), kumpulan sampah di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 64,5 juta ton dan 2,3% diantaranya adalah limbah kaca.

Salah satu jenis limbah kaca yang banyak dihasilkan di masyarakat yaitu berupa kaca botol bekas, kaca jendela bekas, kaca aquarium bekas, peralatan makan, dan masih banyak lagi. Material kaca pun dianggap sangat berguna untuk berbagai hal dan sulit tergantikan oleh material lainnya. Tingkat pemakaian kaca sangatlah tinggi di lingkungan masyarakat. Dengan demikian, limbah yang dihasilkan pun juga tinggi.

Kaca merupakan bahan anorganik yang tidak dapat terurai secara alami. Limbah kaca biasanya langsung dibuang ke tempat pembuangan sampah atau bahkan berserakan di lahan terbuka yang dapat lingkungan. Limbah kaca yang tidak terurai akan menumpuk, mencemari lingkungan, dan membahayakan manusia. Oleh karena itu, limbah kaca butuh didaur ulang sebagai salah satu upaya mengurangi sampah di bumi kita.

Untuk mengurangi pencemaran tersebut bisa dilakukan daur ulang kaca itu dengan cara mencampurkan limbah kaca pada material pembuatan beton. Kaca yang sudah dihaluskan (Serbuk kaca) tersebut dicampurkan dengan agregat halus yang diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton dan merupakan upaya alternatif untuk mengurangi limbah kaca yang merusak lingkungan.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, kaca dipilih sebagai substitusi agregat halus dengan kesimpulan kuat tekan beton dapat ditingkatkan, salah satu nya dengan penambahan limbah kaca dalam jumlah tertentu.

Serbuk kaca adalah pecahan kaca yang dihancurkan menjadi butiran halus dengan ukuran 0,075 mm – 0,15 mm.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian serupa diantaranya Suhartini, dkk (2014) yang menyimpulkan bahwa penambahan campuran

beton sebesar 2,5% dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,57%, sementara penambahan campuran beton sebesar 5%, 7,5%, dan 10% menghasilkan penurunan kualitas beton sebesar masing-masing 3,22 %, 11,10%, dan 20,02%.

Beton adalah material yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *Portland*, air dan agregat pada perbandingan tertentu. Kemudian dimasukkan kedalam cetakan dengan perbandingan tertentu pula sehingga ia menguras seperti batuan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dibahas yaitu:

1. Menguji kuat tekan beton dengan penambahan limbah kaca yang dihaluskan.
2. Bagaimana *workability*/kemudahan dengan penambahan serbuk limbah kaca dalam pengolahan beton.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dibuat benda uji dengan:

1. Kuat tekan beton yang direncanakan.
2. Karakteristik yang diteliti, yaitu kuat tekan beton.
3. Agregat halus lain adalah Pasir Palembayan.
4. Semen yang dipakai semen *portland* merk Semen Padang.
5. Agregat kasar yang dipakai adalah kerikil jenis batu pecah (*split*).
6. Limbah kaca yang digunakan dari kaca bekas jendela yang sudah pecah yang berasal dari limbah Laboratorium dan TPA (Tempat Pembuangan Akhir).
7. Air yang dipakai diambil di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, kota Bukittinggi.
8. Penggunaan limbah divariasikan dalam beberapa macam-macam, yaitu 0%, 4%, 6% dan 8% masing-masing dibuat 3 buah benda uji
9. Pembuatan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
10. Untuk pengujian kuat tekan beton akan dibuat benda uji sebanyak 36 benda uji.

11. Beton diuji kuat tekannya pada umur 1, 2, dan 4 minggu.
12. Pelaksanaan pengujian.
13. kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, kota Bukittinggi.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi serbuk limbah kaca dengan agregat halus terhadap mutu $f'c$ 14,53 MPa dan kuat tekan beton.
2. Untuk mengkaji karakteristik kuat tekan beton yang dihasilkan dari eksperimen.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak- pihak berikut :

1. Untuk peneliti konstruksi.
Sebagai referensi dalam menemukan material alternatif dalam pembangunan beton, khususnya dari bahan yang bisa didaur ulang seperti limbah kaca .
2. Untuk akademisi.
Untuk memberikan gambaran mengenai pengaruh penggunaan material limbah kaca terhadap kuat tekan beton, dimana dapat memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Untuk penulis.
Untuk meningkatkan pengetahuan mengenai konstruksi bangunan, khususnya material yang bisa digunakan untuk memperkuat beton.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari:

1. Hasil percobaan, pengamatan di Laboratorium
2. Dari studi pustaka dan skripsi mahasiswa universitas lain sebagai referensi.

1.6 Sistematika Penulisan

Cara penulisan dibagi menjadi bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Metode Pengumpulan Data dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab Tinjauan Pustaka menguraikan landasan teori yang berasal dari pustaka dan literatur tentang material yang digunakan dalam pembuatan beton, faktor yang mempengaruhi bahan tambahan, pengujian serta berisi tentang penelitian yang menjadi acuan yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab Metodologi Penelitian menguraikan mengenai metode serta langkah-langkah dalam persiapan material, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab Hasil dan Pembahasan menguraikan tentang hasil penelitian, analisis data, dan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan keseluruhan kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan analisis penulis. Selain itu, juga menguraikan segala batasan yang penulis alami selama penelitian beserta saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Mulai tahap perencanaan hingga tahap analisis, penelitian ini dilaksanakan berdasarkan sumber yang berkaitan dengan topik yang dipilih, yaitu pemanfaatan limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton.

Materi yang dibahas berdasarkan referensi maupun peraturan mengenai teknologi beton yaitu:

1. Landasan Teori Analisis Saringan
2. Karakteristik beton
3. Material penyusun beton

2.2 Landasan Teori Analisis Saringan

Analisis saringan agregat ialah penentuan *presentase* berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka *presentase* digambarkan grafik pembagian butir.

Gradasi adalah distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan kualitas perkerasan.

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar di atas dan yang paling halus diletakkan paling bawah, yang dimulai dari PAN dan diakhiri dengan tutup.

Macam-macam gradasi agregat dapat dibedakan menjadi :

a. Gradasi semacam (*Uniform Graded*)

Gradasi semacam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama atau sejenis atau mengandung butir halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.



Gambar 2.1 Saringan No. 200

Sifat-sifatnya :

- Kontak antar butir baik. Kecepatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi.
- Stabilisasi dalam keadaan terbatas (*Confined*)

b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang.

Sifat-sifatnya :

- Kontak antar butir baik.
- Seragam dan kepadatan tinggi.
- Stabilitas tinggi.

c. Gradasi timpang (*Poorly Graded*)

Merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas.

Sifat-sifatnya :

- Kontak antar butir jelek.
- Seragam dan kepadatan jelek.
- Stabilitas sedang.

Analisis saringan dapat dilakukan dengan :

1. Analisis basah (AASHTO T 11 – 82), jika agregat yang akan ditapis mengandung butir-butir halus dapat terdeteksi dengan baik.
2. Analisis kering (AASHTO T 27 – 82), jika agregat itu bersih, sedikit sekali mengandung butiran halus.

Pratikum ini menggunakan dengan cara yang ke dua.

2.3 Karakteristik Beton

2.3.1 Pengertian Beton

Beton merupakan campuran antara semen, air, pasir dan kerikil dengan perbandingan tertentu yang mengeras menyerupai batu. Air dan semen membentuk pasta yang akan mengisi rongga-rongga di antara butir-butir pasir dan kerikil. Dalam melakukan campuran beton, dapat dilakukan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga akan didapatkan beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi. Bahan tambah lain juga sering digunakan dalam campuran beton untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu.

Untuk dapat memahami perilaku beton maka diperlukan pengetahuan tentang karakteristik dari masing-masing komponen penyusun beton tersebut. Dengan memahami perilaku dari beton maka kita akan dapat membuat beton dengan karakteristik yang kita inginkan sesuai dengan perencanaan.

Beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*adminxture* atau *additive*). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi

masalah penyediaan lapangan kerja. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Sifat beton yang meliputi: mudah diaduk, disalurkan, dicor, dipadatkan dan diselesaikan, tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan adukan dan mutu beton yang disyaratkan oleh konstruksi tetap dipenuhi (Tri Mulyono, 2003).

Sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencanaan tidak mengikuti karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang dibuat. Beton dari yang dihasilkan tersebut harus memenuhi kekuatan sesuai yang ditentukan dalam perencanaan.

Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan atau *durabilitas*.

Secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu:

- a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton:

Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas ,yaitu:

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non *structural*. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B_0 .
2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan *structural* secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K-125, K-175, dan K-225. Pada mutu B, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan

terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.

3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan *structural* yang lebih tinggi dari K-225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan Terhadap Mutu Kekuatan Agregat Tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B_0	-	-	Non <i>Structural</i>	Ringan	Tanpa
II	B_1	-	-	<i>Structural</i>	Sedang	Tanpa
	K-125	125	200	<i>Structural</i>	Ketat	Kontinu
	K-175	175	250	<i>Structural</i>	Ketat	Kontinu
	K-225	225	200	<i>Structural</i>	Ketat	Kontinu
III	K > 225	>225	>300	<i>Structural</i>	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono. T.2003)

- b. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

1. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya

berkisar antara 1440–1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton Massa

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro-Cement* (Semen Besi)

Ferro-Cement (Semen Besi) adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton Serat

Beton Serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Adapun parameter-parameter yang paling berpengaruh dalam kekuatan beton adalah:

- a. Proporsi semen terhadap campuran
- b. Kekuatan dan kebersihan agregat.
- c. Interaksi antara pasta semen dengan agregat.
- d. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.

- e. Penempatan, penyelesaian dan pemadatan beton yang benar.
- f. Kualitas semen yang digunakan.
- g. Perawatan beton.
- h. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan *bleeding*. Ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan memenuhi kekuatan yang hendak dicapai serta ekonomis dari segi biaya.



Gambar 2.2 Beton

2.3.2 Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (*linier*) sampai umur 7, 14 dan 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awalnya tinggi, maka campuran akan dikombinasikan dengan semen khusus ataupun pengantian agregat serta menambahkan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya terutama pada penggunaan bahan semen

karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja pada tekanannya.

2.3.3 Kuat Tekan Beton

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Dimana nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk, ukuran, kecepatan pembebanan dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian.

Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan tekan karakteristik beton f'_c , yang didefinisikan sebagai kekuatan tekan beton yang dilampaui oleh paling sedikit 95% dari benda uji. Nilai f'_c merupakan kekuatan tekan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan panjangnya 30 cm sebagaimana ditetapkan dalam SNI T-15-1991. Pengujian standarnya didasarkan atas kekuatan beton umur 7, 14 dan 28 hari.



Benda Uji Silinder



Gambar 2.3 Benda Uji Silinder

(Sumber: Autocad)

1. Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Berdasarkan SNI, kuat tekan didefinisikan sebagai besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan benda uji beton dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 2.4 Kuat Tekan

$$f'_c = P/A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

f'_c = Kuat tekan beton (Mpa atau Kg/cm²).

P = Kuat tekan maksimum pada contoh beton (kN)

A = Luas penampang (permukaan pada contoh beton) (cm²)

Data kuat tekan sebagai dasar perancangan, dapat menggunakan hasil uji kurang dari 7, 14 dan 28 hari berdasarkan data rekaman yang lalu untuk kondisi pekerjaan yang sama dengan karakteristik lingkungan dan kondisi yang sama. Jika menggunakan hal ini maka dalam perancangan dan hasilnya dikonversikan untuk umur 7, 14 dan 28 hari yang dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Perkembangan Kuat Tekan Beton Untuk Semen *Portland*

Umur Beton	7	14	28
Semen <i>Portland</i> Type I	0.7	0.88	1.00

(Sumber: PB,1989)

Dalam perancangan komponen struktur beton diasumsikan hanya menerima beban tekan. Dengan demikian mutu beton selalu dikaitkan dengan kuat tekan beton itu sendiri. Penentuan kuat tekan beton dapat diperoleh melalui pengujian kuat tekan di laboratorium. Dan benda uji yang sering dipakai berupa benda uji berbentuk silinder. Kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji silinder pada tabel 2.3 dan 2.4 berikut:

Tabel 2.3 Kuat Tekan Silinder, A.M Neville

Kuat tekan silinder	7,0	15,5	20,0	24,5	27,0	34,5	37,0	41,5	45,0	51,5
---------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

(Sumber: *Properties of Concrete*, 1981)

Tabel 2.4 Kuat tekan Silinder, ISO Standar

Kuat tekan Silinder (MPa)	2,0	4,0	6,0	8,0	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
---------------------------	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

(Sumber: *ISO Standar*, 1977)

Benda uji silinder yang memiliki ukuran yang berbeda dengan standar, namun perbandingan antara diameter dan tingginya tetap diusahakan 1:2. Benda uji dengan diameter lebih kecil biasanya digunakan untuk pengujian beton dengan kuat tekan yang sangat tinggi, supaya kapasitas alat uji yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Korelasi kuat untuk masing-masing dimensi benda uji dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Korelasi Kuat Tekan Benda Uji

Ukuran Silinder (mm)	50 x 100	75 x 150	150 x 300	200 x 400	300 x 600	450 x 900	600 x 1200	900 x 1800
Kuat Tekan Relatif	1,09	1,06	1,00	0,96	0,91	0,86	0,84	0,82

(Sumber: *Concrete Manual*, 1963)

Perbandingan tinggi terhadap diameter dengan benda uji Silinder (L/D) yang berbeda harus dikoreksi sesuai tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Koreksi Perbandingan Tinggi Terhadap Diameter Untuk Benda Uji Silinder

Rasio (L/D)	2,0	1,75	1,5	1,25	1,1	1	0,75	0,5
Faktor Koreksi Kekuatan	1,0	0,98	0,96	0,94	0,90	0,85	0,70	0,50
Kuat tekan relative terhadap silinder standar	1,0	1,02	1,04	1,06	1,11	1,18	1,43	2,00

(Sumber: ASTM C-42)

2. *Slump Test*

Slump test adalah pengujian kekentalan beton segar agar beton yang diproduksi dapat mencapai kekuatan mutu beton dan mendapatkan nilai *slump* beton yang baik. Ternyata perlu dilakukan pengujian dari kadar kekentalan beton itu sendiri agar mencapai kuat tekan beton rencana. Fungsi lain dari uji *slump* beton adalah agar beton yang diproduksi di *batching plant* akan sesuai dengan rencana kerja dari sebuah bangunan yang dibangun.

Dilakukan *slump test* beton terlebih dahulu untuk mengetahui kekentalan dari adukan beton tersebut apakah terjadi kemerosotan (*slump*) atau sudah mencapai nilai *slump* beton normal.

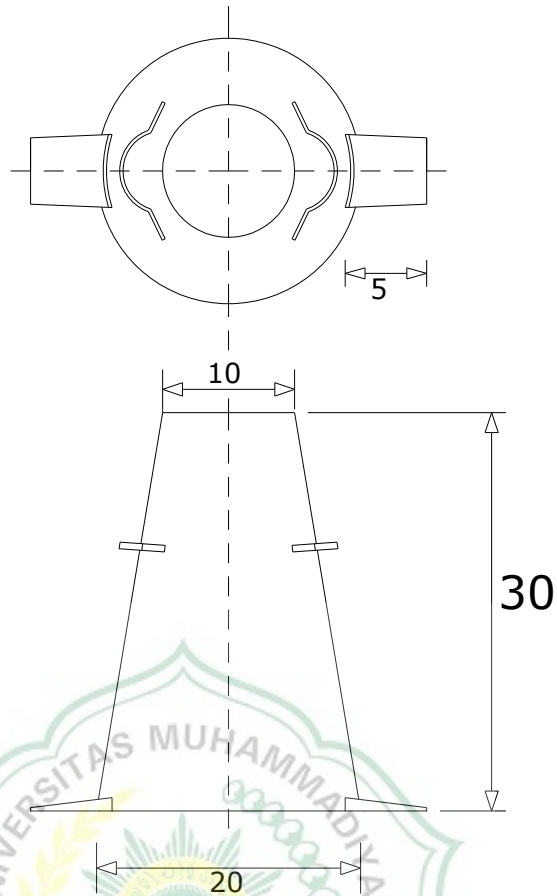
Kemerosotan pada beton dapat terjadi pada proses pengadukan beton, hal tersebut bisa terjadi karena jumlah air yang digunakan dalam proses pengadukan beton kemungkinan kurang atau terlalu berlebih. Jika jumlah air yang digunakan pada komposisi campuran beton terlalu sedikit maka berdampak pada tingkat kekentalan beton yang kurang.

Uji *slump test* adalah pengujian yang tepat untuk mengetahui kekentalan beton agar sesuai dengan kebutuhan kontraktor di lapangan. Misalnya pembangunan pondasi *bore pile* akan membutuhkan beton

yang tidak berongga karena akan mempermudah pengeroposan pada bangunan. Maka pengujian tekstur beton tidak boleh terlalu kental karena akan mengakibatkan beton berpori/rongga.

Berikut peralatan yang biasa digunakan:

- a. Alat pertama untuk *slump test* beton adalah cetakan kerucut *abrams* yang terbuat dari logam. Diameter dasar sekitar 200 mm, diameter atas sekitar 100 mm dan memiliki tinggi 300 mm.
- b. Tongkat penusuk harus berdiameter sekitar 26 mm dan panjang 60 cm. Fungsi tongkat penusuk ini agar beton segar yang dimasukkan ke kerucut *abrams* bisa rata.
- c. Biasanya alas penguji *slump test* beton adalah terbuat dari besi. Selain itu kriteria dari alas harus kedap air berbentuk rata.
- d. Mistar pengukur yang terbuat dari baja atau meteran berperan penting untuk mengukur seberapa besar kemerosotan yang terjadi pada *mix design* beton.
- e. Siapkan sendok yang akan digunakan untuk mengisi beton segar pada lubang kerucut *abrams* dan juga berfungsi untuk mengaduk beton di dalam kerucut tersebut.
- f. Siapkan silinder ukur yang berguna sebagai alat pengukuran banyaknya volume air dan cairan *additive* pengeras beton.
- g. Siapkan wadah untuk tempat material beton yang akan dilakukan pengujian.



Gambar 2.5 *Slump Test*
(Sumber: Autocad)

2.3.4 Faktor Air Semen

Secara umum diketahui semakin tinggi nilai faktor air semen, semakin rendah pula mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti mempunyai kekuatan beton yang tinggi. Terdapat batasan-batasan dalam menentukan nilai faktor air semen, nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam hal pengerjaan dilapangan dan akhirnya menyebabkan mutu beton menjadi rendah. Umumnya nilai faktor air semen minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat tergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton.

$$f'_c = \frac{A}{B^{1.5X}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

A dan B = Nilai konstanta

X = Faktor air semen (semula dalam proporsi volume)

2.4 Material Penyusun Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan unuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Komposisi beton yang akan dibuat pada penelitian ini terdiri tiga jenis perlakuan dimana pertama dibuat perancangan beton normal, yang kedua perancangan beton normal yang mendapat penambahan zat aditif *superplasticizer* dan ketiga dibuat perancangan dengan penggabungan semen dengan dan abu ampas tebu yang menggunakan campuran beton dari pecahan genteng sebagai substitusi agregat kasar .

Komposisi beton normal sendir terdiri dari semen *portland*, batu pecah (*split*), pasir dan air, sedangkan komposisi penggantinya terdiri dari semen *portland*, abu ampas tebu, pasir, pecahan genteng, batu pecah (*split*) dan air sebagai campuran yang akan direncanakan pada perancangan pembuatan beton.

2.4.1 Pengertian Kaca

Kaca merupakan suatu bahan anorganik hasil peleburan beberapa bahan dasar yang kemudian didinginkan sampai fasa padat tanpa kristalisasi, di mana salah satu bahan utamanya adalah pasir silika. Kaca merupakan *amorf (non-kristalin)* material padat yang bening dan tembus pandang, serta biasanya rapuh atau mudah pecah.

Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain:

- a. Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air.
- b. Kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami

lainnya, adapun penggunaan *additive* untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama harganya mahal.

Kandungan kimia dalam kaca:

Kaca di dapatkan dengan menggabungkan beberapa senyawa kimia yaitu SiO_2 (Silika), Na_2O (Soda), dan CaO (kapur). Mineral-mineral yang kaya unsur tersebut berupa pasir silika, soda Ash (Na_2CO_3) dan batu kapur ($CaCO_3$).



2.6 Limbah Kaca



Gambar 2.7 Serbuk Kaca

2.4.2 Pengertian Semen *Portland*

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi Semen *Portland* adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat

hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Perbandingan bahan-bahan utama penyusun Semen *Portland* adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silika (SiO_2) sekitar 20% - 25%, dan oksida besi serta alumina (Fe_2O_3 dan Al_2O_3) sekitar 7% - 12%.

Semen *Portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-1981 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Menurut SNI 15 2049 2014 dan ASTM C 150, Semen *Portland* menjadi lima jenis yaitu:

- a. Tipe I, Semen *Portland*, untuk keperluan umum, yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b. Tipe II, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidras dengan tingkat sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat).
- c. Tipe III, Semen *Portland* yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d. Tipe IV, Semen *Portland* yang penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan seperti bendungan gravitasi yang besar.
- e. Tipe V, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang

berhubungan dengan air laut serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam *presentase* yang tinggi.



Gambar 2.8 Semen *Portland* merek Semen Padang

2.4.3 Pengertian Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran *mortar* atau beton. Agregat menempati 70 – 75% volume total dari beton, maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama dan ekonomis. Atas dasar inilah gradasi dari ukuran-ukuran partikel dalam agregat, mempunyai peranan yang sangat penting, untuk menghasilkan susunan beton yang padat.

Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, *split*, batu pecah, kricak dan lainnya.

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran butiran agregat mempunyai ukuran sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar, sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi (Tjokrodimulyo, 2007).

Agregat pada umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

- a. Batu, umumnya besar butiran lebih dari 40 mm.

- b. Kerikil, untuk butiran antara 5 sampai 40 mm.
- c. Pasir, untuk butiran antara 0,15 sampai 5 mm.

Persyaratan pasir (agregat halus) yang baik menurut SNI (SKSNI-S-04-1989- F:28) antara lain sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh Natrium Sulfat bagian hancurnya maksimal 12%, dan jika diuji dengan larutan Magnesium Sulfat bagian hancurnya maksimal 10%.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder dengan larutan jenuh $NaOH$ 3%.
5. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
7. Pasir Laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton.
8. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi syarat pasir pasangan.
9. Masih berada dalam syarat batas gradasi pasir yang baik menurut SNI.



Gambar 2.9 Agregat Halus



Gambar 2.10 Agregat Kasar

2.4.4 Pengertian Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan.

Air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen.

Air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapis permukaan (akibat *bleeding*) dengan beton lapisan di bawahnya. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.

- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.



Gambar 2.11 Air Untuk Adukan

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Pemeriksaan Material

1. Pemeriksaan berat jenis semen

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu ruangan dengan berat volume air suling pada $4^{\circ}C$, yang volumenya sama dengan volume semen.

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk memeriksa berat jenis semen, yaitu:

- a. Botol *Le Chatelier*
- b. *Kerosin* bebas air dengan berat jenis 62 API (*American Petroleum Institute*)
- c. Semen ditimbang seberat 64 gram

Prosedur pemeriksaan berat jenis semen:

- a. Botol *Le Chatelier* diisi dengan *kerosin* sampai dengan skala antara 0 dengan 1. Keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.

- b. Masukkan botol ke dalam bak air sebagai usaha menjaga suhu yang konsisten untuk menghindarkan variasi suhu atau yang lebih besar dari 0,2°C.
- c. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V1).
- d. Masukkan contoh semen sedikit demi sedikit ke dalam botol. Jangan sampai terjadi ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan.
- e. Setelah benda uji dimasukkan, putar botol dengan posisi miring secara perlahan – lahan sampai gelembung udara yang timbul lagi pada permukaan cairan.
- f. Ulangi pekerjaan 1. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V2).

Dengan pengujian di atas dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(V2-V1)} \times D \dots\dots\dots(2.3)$$

V1 = pembacaan pertama pada skala botol

V2 = pembacaan kedua pada skala botol

(V2-V1) = isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan suhu berat tertentu

D = berat isi air pada suhu 4°C (g/cm³)

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan berat volume agregat digunakan untuk menentukan proporsi agregat yang digunakan dalam campuran (berat volume agregat halus, kasar, atau campuran). Berat volume agregat diartikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

Alat yang dibutuhkan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji.
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh *Agregate*
3. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
4. Mistar perata

5. Sekop

6. Wadah baja berbentuk kubus dengan alat pemegang berkapasitas.

Tabel 2.7. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal wadah minimum (mm)		Ukuran butir maksimum agregat (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4 ± 2.5	154.9 ± 2.5	5.08	2.54	12.70
9.435	203.2 ± 2.5	292.1 ± 2.5	5.08	2.54	25.40
14.158	254.0 ± 2.5	279.4 ± 2.5	5.08	3.00	38.10
28.316	355.6 ± 2.5	284.4 ± 2.5	5.08	3.00	101.60

(Sumber : Panduan Praktikum UM Sumatera Barat)

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat volume agregat :

a. Berat isi lepas

1. Timbang dan catat berat wadah (W1)
2. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian dari 5cm diatas wadah dengan sendok atau sekop sampai penuh.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catat berat wadah benda uji (W2)
5. Hitunglah berat benda uji (W3-W1)

b. Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,10mm (1,5")

1. Timbang dan catat berat wadah (W1)
2. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis didapatkan dengan tongkat pemadat ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan perata.

4. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
5. Hitung berat benda uji (W3= W2-W1)

Dari hasil pengujian diatas kita dapat menghitung berat isi agregat dengan rumus :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W3}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

V = Isi wadah (m³)

W3 = Berat contoh semula (gram)

3. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Analisis saringan agregat adalah pembagian butiran (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi dilakuakn pada agregat halus dan kasa.alat yang digunakan adalah :

- a. Seperangkat saringan dengan ukuran jaring-jaring tertentu

Tabel 2.8. Perangkat Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Ukuran Lobang		Keterangan
	Mm	Inch	
-	76,200	3	Perangkat saringan untuk agregat kasar ukuran # 2 (diameter Agregat antara ukuran (100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh : 35 kg.
-	63,500	2,5	
-	50,800	2	
-	37,500	1,5	
-	25,000	1	
-	19,100	¾	
-	50,000	2	Perangkat saringan untuk Agregat kasar ukuran # 467 (diameter Agregat antara ukuran 50 mm – 4, 76 mm) Berat minimum contoh : 20kg
-	37,500	1,5	
-	25,000	1	
-	19,000	¾	
-	12,500	½	
-	9,500	¾	
No. 4	4,760	-	
-	25,000	1	Perangkat saringan untuk Agregat kasar ukuran #67 (diameter Agregat antara ukuran 25 mm – 2,38 mm)
-	19,000	¾	
-	12,500	½	

-	9,500	½	Berat minimum = 10 kg.
No. 4	4,760	-	
No. 8	2,380	-	
-	12,500	1/2	Perangkat saringan untuk agregat kasar ukuran # 8 (diameter Agregat antara ukuran 12,5 mm – 1,19 mm) Berat minimum = 2,5 kg
-	9,500	3/8	
No. 4	4,760	-	
No. 8	2,380	-	
No. 16	1,190	-	

(Sumber : Panduan Praktikum Beton Prodi Sipil UM Sumatera Barat)

Tabel 2.9. Perangkat Saringan Agregat Halus

Nomor Saringan	Ukuran Lobang		Keterangan
	Mm	Inch	
-	9,500	3/8	Perangkat saringan untuk Agregat halus (Pasir) Berat Minimum Contoh : 500 gram
No. 4	4,760	-	
No. 8	2,380	-	
No. 16	1,190	-	
No. 30	0,595	-	
No. 50	0,279	-	
No. 100	0,149	-	
No. 200	0,074	-	

(Sumber : Panduan Praktikum Beton Prodi Sipil UMSB)

- b. Timbangan digital
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- d. Alat pemisah contoh (sampel splitter)
- e. Mesin penggetar saringan
- f. Talam
- g. Kuas, sendok, dan yang lainnya

4. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Tujuan dari pemeriksaan bahan lolos saringan No. 200 ini adalah menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan No. 200 dengan cara pencucian.

Peralatan yang digunakan :

- a. Saringan No. 16 dan No. 200.

- b. Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar.
- c. Oven.
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh.
- e. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
- f. Sekop.

Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

Ukuran maksimum :

2.36 mm (No. 8)	=	100 gram
1.18 mm (No.4)	=	500 gram
9.50 mm (3/8")	=	2000 gram
19.10 mm (3/4")	=	2500 gram
38.10 mm (1.5")	=	5000 gram

Langkah-langkah dalam pengujian ini antara lain :

- a. Masukkan contoh agregat dengan berat 1,25 x berat minimum benda uji kedalam talam. Keringkan dengan suhu panas $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- b. Masukkan benda uji agregat kedalam wadah dan beri air.
- c. Kunci wadah dan tuangkan air cucian kedalam susunan saringan No. 16 dan No. 200.
- d. Masukkan air pencuci baru, ulang kembali hingga jernih.
- e. Kembalikan bahan saringan kedalam wadah, masukan seluruh bahan tersebut kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2). Keringkan.
- f. Setelah kering timbang dan catat beratnya. (W3).
- g. Hitung berat bahan kering tersebut. ($W4 - W3 - W2$)

Setelah berat kering didapatkan, hitung jumlah bahan yang lewat saringan no. 200 dengan persamaan :

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No. 200} = \frac{W1-W4}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

5. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebihan pada beton dapat mempengaruhi kualitas beton.

Alat yang digunakan :

- a) Botol gelas tembus pandang.
- b) Gelas = 350 ml.
- c) Standar warna (*organic plate*).
- d) Larutan NaOH (3%).

Bahan yang digunakan adalah agregat halus berupa pasir dengan volume 115 ml (1/3 volume botol).

Langkah-langkah dalam pemeriksaan ini :

- a) Cotoh benda uji dimasukan kedalam botol.
- b) Tabahkan senyawa *NaOH* 3%, setelah dikosongkan total volume menjadi kira-kira $\frac{3}{4}$ volume botol.
- c) Tutup botol dengan erat, kocok kembali dan diamkan 24 jam.
- d) Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar (lebih tua atau muda).

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar *presentase* pada lumpur dalam Agregat halus. Kandungan lumpur < 5% ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

Alat yang digunakan yaitu gelas ukur dan alat pengaduk. Bahan yang diperlukan adalah contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan serta bahan pelarut air biasa.

Prosedur pelaksanaan :

1. Masukkan contoh benda uji kedalam gelas ukur.
2. Tambahkan air untuk melarutkan lumpur kedalam gelas ukur.
3. Kocok gelas untuk mencuci pasir dari lumpur.
4. Simpan gelas ditempat yang datar dan endapkan lumpur selama 24 jam.
5. Ukur tinggi pasir (V1) dan tinggi lumpur (V2).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

7. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Pemeriksaan kadar air agregat bertujuan untuk menentukan kadar air

Agregat dengan cara penyaringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan.

Alat yang digunakan yaitu :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
2. Oven dengan suhu dapat diatur sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
3. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk tempat pengeringan contoh benda uji.

Bahan yang digunakan yaitu :

Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

Ukuran maksimum	:	
6.30 mm (1/4")	=	0.50 kg
9.50 mm (3/8)	=	1.50 kg
12.70 mm (0,5")	=	2.00 kg
19.10 mm (3/4")	=	3.00 kg
25.40 mm (1.0")	=	4.00 kg
38.10 mm (1,5")	=	6.00 kg
50.80 mm (2.0")	=	8.00 kg
63.50 mm (2.5")	=	10.00 kg
76.20 mm (3.0")	=	13.00 kg
89.00 mm (3.5")	=	16.00 kg
101.60 mm (4.0")	=	25.00 kg
152.40 mm (6.00")	=	50.00 kg

Prosedur pelaksanaan :

1. Timbang dan catat berat talam (W_1).
2. Masukkan benda uji kedalam talam, dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang, catat beratnya (W_2)
3. Hitung berat benda uji : $W_3 = W_2 - W_1$.

4. Keringkan contoh benda uji bersama talam pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ sampai mencapai bobot tetap.
5. Setelah kering, contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W_4).
6. Hitunglah berat benda uji kering : $W_5 = W_4 - W_1$.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.7)$$

W_3 = berat contoh semula (gram)

W_5 = berat contoh kering (gram)

8. Analisis *Spesific – Gravity* dan Penyerapan Agregat Kasar

Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan *bulk* dan *apparent spesific gravity* dan penyerapan *absorption* dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam ukuran adukan beton.

Alat yang dibutuhkan yaitu :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas 5 kg.
- b. Keranjang besi diameter 203, 2 mm (8”) dan tinggi 63,5 mm (2,5”).
- c. Alat penggantung keranjang.
- d. Oven.
- e. Handuk.

Bahan yang di butuhkan yaitu :

Berat contoh agregat sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka ($SSD = \text{Surface Saturated Dry}$). Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan. Butiran agregat lolos saringan no. 4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.

Prosedur :

- a. Benda uji direndam selama 24 jam
- b. Benda uji dikeringkan sampai kondisi SSD dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat
- c. Timbang berat benda uji dalam kondisi $SSD = A$

- d. Masukkan contoh benda uji ke keranjang dan direndam kembali didalam air. Kemudian ditimbang, setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh = B
- e. Contoh dikeringkan pada temperatur (212–130)° F. Setelah didinginkan kemudian ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering = C.

Hitungan :

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{C}{(C-D)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity Kondisi Kering} = \frac{C}{(A-B)} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity Kondisi SSD} = \frac{A}{(A-B)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Persentase (\%) penyerapan (absorption)} = \frac{(A-C)}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

9. Analisis *Spesific – Gravity* dan Penyerapan Agregat Halus

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan “*bulk dan apparent*” *spesific gravity* dan penyerapan (absorption) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C128. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

Alat yang dibutuhkan yaitu :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas minimum 1 kg.
- b. *Piknometer* dengan kapasitas 500 gram.
- c. Cetakan kerucut pasir.
- d. Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir.

Bahan yang diperlukan yaitu contoh agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.

Prosedur pelaksanaan :

- a. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
- b. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (temper). Jumlah tumbukan adalah 25x.

- c. Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan kedalam *piknometer*. Isi *piknometer* dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung yang ada dengan cara menggoyangkan *piknometer*. Rendam *piknometer* dengan suhu air $(73,4 \pm 3)^\circ\text{F}$.
- d. Timbang *piknometer* yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73,4 \pm 3)^\circ\text{F}$ dengan ketelitian 0,1 gram.

Hitungan :

$$\text{Apparent spesific gravity} = \frac{E}{E+D-C} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Bulk spec.Grav kondisi kering} = \frac{E}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Bulk Spec.Grav. kondisi SSD} = \frac{B}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Presentase absorpsi air} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

10. Waktu Ikat Semen

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung mulai dan bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen sehingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekan.

Semen sebagai bahan dasar bila kena air akan membentuk suatu bahan yang lengket seperti lem yang akhirnya mengeras. Selain kadar air waktu semen juga diperlukan dan tidak dapat diabaikan. Untuk mengetahui waktu ikat semen dilakukan suatu percobaan dengan menggunakan jarum *vicat apparatus*.

Pengikatan semen adalah pengeras semen segera setelah bereaksi dengan air dan terdiri dari 2 keadaan yaitu :

1. Waktu ikat awal adalah waktu ikat yang diperlukan pasta semen untuk mulai pengikatan ditandai dengan penetrasi sedalam 35 mm dimana T awal > 45 menit
2. Waktu ikat akhir adalah waktu ikat yang diperlukan semen untuk mengikat sempurna yang ditandai dengan penetrasi jarum *vicat apparatus* sedalam 0 mm.

Prosedur pelaksanaan :

1. Timbang semen sebanyak 350 gram dan air sebanyak *presentase* air yang tepat pada percobaan konsisten semen. Semen yang diambil terlebih dahulu diayak dengan ayakan no. 100 untuk membuang semen yang lebih menggumpal.
2. Mangkuk *mixer* dibasahi dengan air secukupnya sehingga permukaan basah, tetapi tidak ada air yang menggenang.
3. Masukkan semen tambah air kedalam mangkuk *mixer* dan diamkan selama 15 detik.
4. Hidupkan *mixer* dengan kecepatan lambat selama 30 detik dan kemudian matikan selama 15 detik.
5. Hidupkan kembali *mixer* dengan putaran cepat selama 60 detik.
6. Hentikan pengadukan lalu gumpalkan pasta semen hingga berbentuk bola dan kemudian lemparkan dari tangan kiri ke tangan kanan sebanyak 6 kali dengan jarak kurang lebih 15 cm.
7. Masukkan kedalam *mould* yang telah dialasi dengan plat kaca dengan menekan gumpalan semen.
8. Dengan *mould* pada bagian lubang yang terbesar plat kaca dan *mould* terlebih dahulu diolesi dengan vaselin agar tidak lengket.
9. Bagian pasta semen yang keluar melalui lubang yang kecil diratakan dengan scrap tanpa mengganggu pasta semen tersebut dan diamkan selama 30 menit.
10. Selama masa 30 menit atur jarum *vicat* tepat berada diatas permukaan pasta semen dan atur jarum penunjuk angka penetrasi tepat berada pada angka nol.
11. Penetrasi jarum dilakukan setara berulang-ulang dengan selang waktu yang sama.

2.5.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan.

Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum.

Tabel 2.10 Rencana Pengujian

No.	Perbandingan Campuran	Umur Beton		
		7 hari	14 hari	28 hari
1	0%	3	3	3
2	4%	3	3	3
3	6%	3	3	3
4	8%	3	3	3

(Sumber: Panduan Praktikum Beton Prodi Sipil UM Sumatera Barat)

Mix design ialah rasio campuran semen agregat yang telah ditetapkan sebelumnya yang sesuai dengan spesifikasi beton. Cara ini menawarkan kemudahan campuran karena perbandingannya sudah ditetapkan sebelumnya sehingga tidak memerlukan analisis campuran dan hanya berlaku pada kondisi normal saja.

Persyaratan dasar dalam memilih dan menentukan jumlah bahan campuran adalah :

- a) Kuat tekan minimum yang didapat dari pertimbangan *structural*.
- b) Kemudahan pengerjaan yang dibutuhkan untuk pemadatan sesuai dengan peralatan pemadatan yang tersedia.
- c) Faktor air-semen (fas) maksimum atau kandungan semen maksimum untuk memberikan ketahanan yang cukup sesuai dengan kondisi-kondisi lokasi pengerjaan
- d) Kandungan semen maksimum untuk menghindari penyusutan, keretakan akibat siklus *temperature* dalam massa beton

Pada umumnya, *mix design* berpedoman pada masalah-masalah :

1. Rencana kandungan air dalam beton
2. Keadaan gradasi agregat yang digunakan

Metode-metode *mix design* antara lain :

1. Metode SKSNI T-15-1990-03
2. Metode Inggris
3. Metode ACI

1. Alat yang digunakan :

1) Timbangan :

Timbangan Digital

Timbangan Duduk

2) Peralatan membuat adukan :

Wadah

Sendok semen

Peralatan pengukur *Slump Test*

Peralatan pengukur berat volume

3) Unsur beton :

Air

Semen *Portland*

Agregat halus

Agregat kasar

Limbah Kaca

2. Prosedur :

Tabel 2.11 Prosedur *Mix Design*

PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN			
1	Kategori Jenis Struktur	Kolom	Balok
2	Rencana <i>slump</i> berdasarkan Tabel III	10	Cm
3	Kekuatan Tekan Rencana Beton	20	Mpa
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus	3,238	
5	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (Tabel IV)	25	Mm
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)	2,21	
7	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)	2,97	
8	Berat Isi Agregat Kasar	1.542.280	Kg/m

PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
9	Rencana air adukan/m ³ beton (TABEL A)	193	Kg/ m ³
10	<i>Presentase</i> udara yang terperangkap (TABEL A)	1,5	%
11	W/C RATIO berdasarkan Grafik 1 atau Tabel A	0,48	
	W/C RATIO maksimum berdasarkan Tabel I	0,53	
	Berat Semen = nilai W/C RATIO terkecil/ (9)	0,00249	
12	Berat Semen = (9) / (11)	402,08	Kg
13	Volume Agregat kasar perlu/m ³ beton (tabel B)	0,68	
14	Berat Agregat kasar perlu = (13) x (8)	1.048,75	Kg
15	Volume semen = 0,001 x (12)/ 3,15	0,128	m ³
16	Volume air = 0,001 x (9)	0,193	m ³
17	Volume Agregat kasar = 0,001 x (14)/ (7)	0,353	m ³
18	Volume Udara (10)	0,015	m ³
19	Volume perlu Agregat halus/m ³ beton : $1\text{m}^3 - [(15) + (16) + (17) + (18)] \text{m}^3$	0,311	m ³
20	Semen (12)	402,08	Kg
21	Air (9)	193	Kg
22	Agregat halus kondisi SSD = (19)x(6)x1000	687,8401449	Kg
23	Agregat kasar kondisi SSD (14)	1.048,75	Kg
24	Faktor semen = (20)/50 (1 zak = 50 Kg)	8.042	Zak

**KOREKSI UKURAN DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN
LAPANGAN**

25	<i>Presentase</i> kadar lembab agregat kasar : mk	-
26	Absorpsi agregat kasar : ak	-
27	Kadar air agregat halus : mh	-
28	Absorpsi agregat halus : mh	-
29	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar $(23) \times [(ak - mk) / (1 - mk)]$	-

30	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan (23) $x [(ah - mh) / (1 - mh)]$	-
31	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus $(22) x [(mh - ah) / (1 - mh)]$	-
32	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan $(22) x [(mh - ah) / (1 - mh)]$	-

KOMPOSISI UNSUR BETON UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON

33	Semen (12)	-
34	Air (21) + (29) + (31)	-
35	Agregat halus kondisi lapangan (22) + (32)	-
36	Agregat kasar kondisi lapangan (23) + (30)	-

(Sumber: Panduan Praktikum Beton Prodi Sipil UM Sumatera Barat)

KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON/ KAPASITAS MESIN MOLEN

0,03 M³

37	Semen	-
38	Air	-
39	Agregat halus kondisi lapangan	-
40	Agregat kasar kondisi lapangan	-

DATA SETELAH PELAKSANAAN

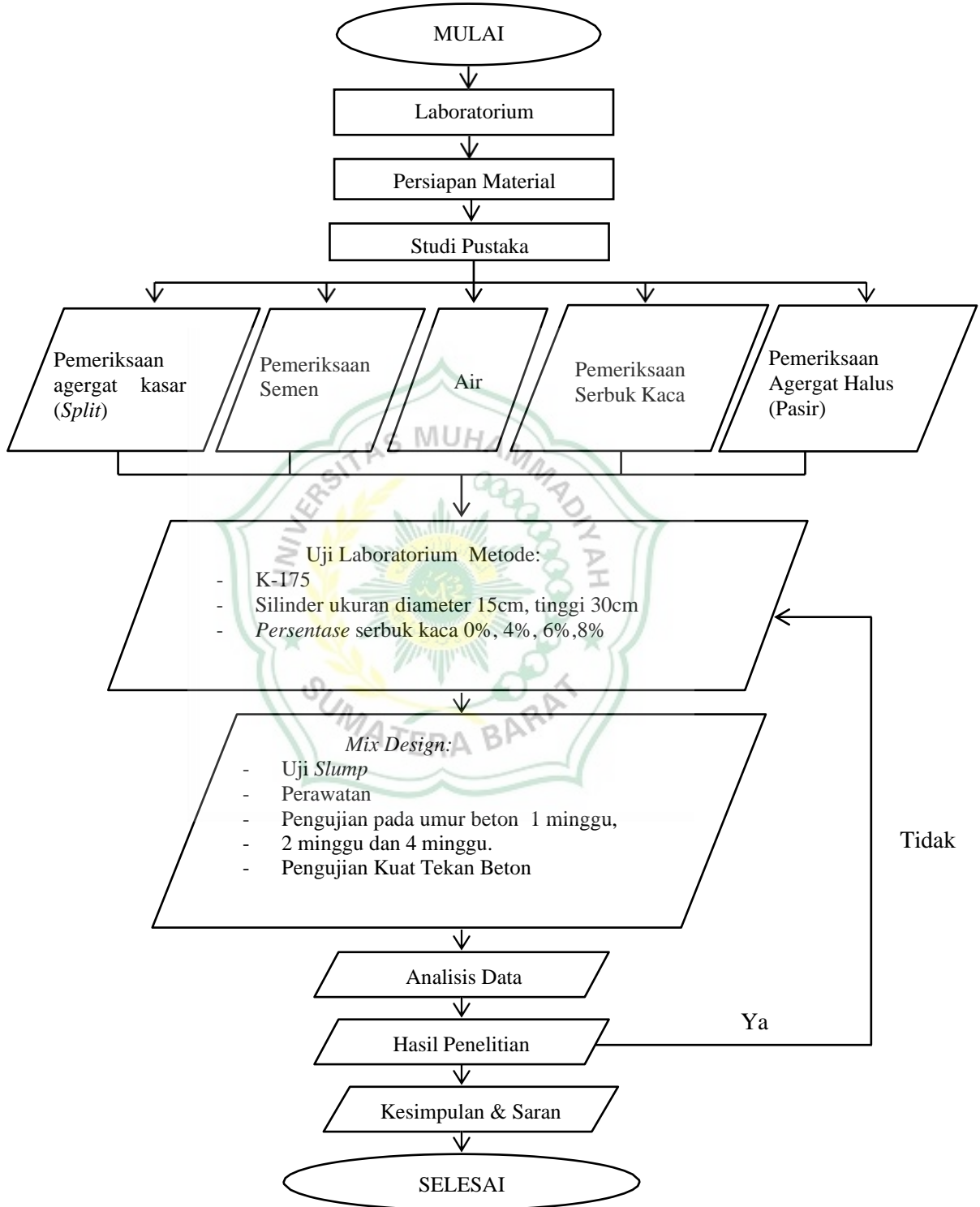
41	Sisa air campuran	-
42	Penambahan air selama pelaksanaan	-
43	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	-
44	Nilai <i>slump</i> yang diukur	-

(Sumber : UM Sumatera Barat, 1996)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

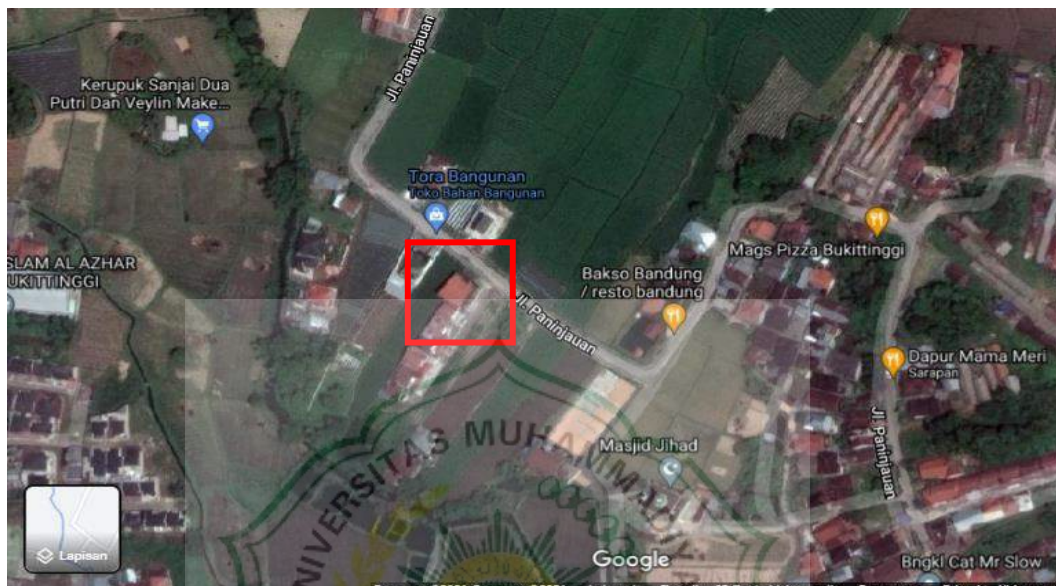


Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Teknik Sipil UM Sumatera Barat, Jl. Paninjauan, Kel.Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat.

Gambar 3.2 Lokasi Penelitian



(Sumber : google maps)

3.3 Metodologi Penelitian

Setelah keluar surat keputusan dari Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik UM Sumatera Barat baru bisa dilaksanakan penelitian. Selanjutnya penulis melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, menguji kandungan yang terdapat dalam bahan tambahan yang digunakan, dan menentukan metode yang akan digunakan dalam melakukan penelitian. Penulis juga melakukan pengujian terhadap material dasar penyusun beton, termasuk agregat kasar dan halus dan pengaruhnya terhadap mutu $f'c$ 14,53 MPa berdasarkan dengan standar yang telah ditetapkan.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya penulis melakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisis saringan, kadar air, berat jenis dan berat isi dari material-material yang digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan data-data pendukung. Pemeriksaan ini dilakukan di laboratorium.

Setelah diketahui karakteristik dari agregat kasar dan halus, maka proses dilanjutkan dengan membuat rancang campuran beton normal menurut standar ACI. Untuk pengujian kuat tekan dibutuhkan sebanyak 36 buah benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 36 buah untuk pengujian kuat tekan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

a. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* adalah alat berupa tongkat besi plat baja yang digunakan menguji nilai *slump* pada beton segar. Kerucut *abrams* memiliki diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 3.3 Kerucut *Abrams*

b. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji yaitu kerucut *abrm*s maupun benda silinder.



Gambar 3.4 Tongkat Penumbuk

c. Papan Kerucut *Abrams*

Papan diletakkan kerucut *abrams* dipegang 2 kaki supaya tidak mengeluarkan bahan-bahan campuran beton.



Gambar 3.5 Papan Kerucut *Abrams*

d. Meteran

Meteran berfungsi untuk mengukur tinggi *slump test*.



Gambar 3.6 Meteran

e. Sendok Rata Semen

Sendok semen berfungsi untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.7 Sendok Rata Semen

f. Sendok Semen

Sendok semen berfungsi mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan silinder.



Gambar 3.8 Sendok Semen

g. Oli Yamaha dan Kuas

Bagian dalam silinder dibersihkan dengan menggunakan kuas dan Oli Yamaha *Matic* untuk menghilangkan debu.



Gambar 3.9 Oli Yamaha *Matic* dan Kuas

h. Palu tabung

Kaca dihancurkan menggunakan palu tabung untuk menjadi serbuk kaca.



Gambar 3.10 Palu Tabung

i. Palu Karet

Palu karet digunakan untuk memadatkan beton yang setengah jadi sehingga ukurannya menjadi rata berbentuk silinder.



Gambar 3.11 Palu Karet

j. Wadah

Wadah digunakan sebagai wadah serbaguna untuk air, semen, dan bahan-bahan lainnya.



Gambar 3.12 Wadah

k. Wadah persegi

Digunakan sebagai wadah penyimpanan sementara serbuk kaca.



Gambar 3.13 Wadah persegi

l. Ember Besi

Ember besi digunakan sebagai wadah dalam penumbukan / penghalusan limbah kaca menjadi serbuk kaca



Gambar 3.14 Ember besi

m. Ember

Ember berfungsi untuk wadah untuk menyimpan bahan-bahan penelitian, seperti agregat halus dan kasar, sebelum dimasukkan ke mesin pengaduk beton.



Gambar 3.15 Ember

n. Cetakan Beton Silinder

Alat cetakan beton terbuat dari plat baja yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Alat ini digunakan untuk mencetak beton dengan bentuk silinder dan sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 3.16 Cetakan Beton Silinder

o. Timbangan Digital

Timbangan digital berguna untuk menimbang material-material yang diperlukan.



Gambar 3.17 Timbangan Digital

p. Timbangan Duduk

Timbangan duduk berguna untuk menimbang material-material yang diperlukan.



Gambar 3.18 Timbangan Duduk

q. Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring serbuk kaca menjadi agregat halus dengan ukuran dan gradasi yang diinginkan.



Gambar 3.19 Saringan

r. Alat Penguji Kuat Tekan (*Compression Testing Machine/CTM*)

CTM digunakan untuk mengukur kuat tekan beton dengan satuan kN atau Mpa.



Gambar 3.20 Alat Penguji Kuat Tekan

s. Plastik Tebal

Digunakan untuk menyimpan beton yang berada dalam proses perendaman dalam air.



Gambar 3.21 Plastik untuk menyimpan beton

t. Mesin Aduk Beton (Molen)

Molen berfungsi untuk membuat campuran atau adukan beton.



Gambar 3.22 Mesin Aduk Beton (Molen)

3.4.2 Bahan Penelitian

- a. Semen *Portland* merk Semen Padang
- b. Agregat Kasar (*Split*)
- c. Agregat Halus (Pasir)
- d. Air
- e. Serbuk Kaca

3.5 Data Penelitian

3.5.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium Teknik Sipil UM Sumatera Barat. Penelitian yang dilakukan beserta pedomannya adalah sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4808-1998)
- b. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011)
- c. Analisis saringan agregat (SNI 03-1968-1990)
- d. Pemeriksaan kadar lumpur (SK SNI S-04-1989-F)
- e. Perbandingan campuran beton dan pengujian *slump* (SNI 03-2834-2000)
- f. Kekentalan adukan beton (SNI 1972-2008)
- g. Uji kekuatan tekan beton (SNI 2491-2014)
- h. Berat jenis bahan dan penyerapan air:
 - Agregat kasar (kerikil)
 - Agregat halus (pasir)

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku atau literatur yang berhubungan dengan teknik beton ataupun konstruksi, selain itu juga berasal dari konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Kampus UM Sumatera Barat. Data teknis yang dipergunakan yaitu:

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang cara pembuatan beton normal.
2. Peraturan SNI 2491-2014 tentang metode pengujian kuat tekan beton.

3.6 Waktu Penelitian

Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 16 minggu yakni mulai bulan Maret sampai dengan Juli 2021.

3.7 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji
Silinder berdiameter 15 cm x tinggi 30 cm
2. Persentase kadar serbuk kaca pada 4%, 6% dan 8%
3. Serbuk kaca yang digunakan yaitu serbuk kaca yang lolos dari saringan no. 200
4. Total 36 beton yaitu 27 beton campuran serbuk kaca dan 9 beton normal.

3.8 Slump Test

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C-143 yaitu metode standar untuk pengujian *slump* dari beton semen *portland*. *Slump Test* bertujuan untuk mengetahui kelecakan atau kekentalan adukan beton. Kecetakan adukan beton dapat dikukur dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton. Tingkat kelecakan atau kekentalan beton dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Slump test pada dilakukan sebanyak 3 kali. Hasilnya nanti akan mempengaruhi kemudahan pengerjaan (*workability*) dari beton.

Adukan beton yang akan diuji diambil langsung dari mesin aduk beton (molen). Langkah-langkah pengujian *slump* yaitu:

1. Alat-alat yang akan digunakan dibasahi dahulu permukaannya sebelum digunakan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari penyerapan air dari campuran beton.

2. Kerucut *abrams* diletakkan di atas bidang alas yang rata, kemudian ditekan ke bawah pada penyokongnya.
3. Adukan beton dimasukkan kedalam kerucut dalam 3 lapis yang sama dan setiap lapis ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat penumbuk.
4. Lalu, permukaan atasnya diratakan dan didiamkan selama 30 detik.
5. Kemudian kerucut ditarik secara vertikal ke atas secara perlahan.
6. Kemudian, ukur hasil penurunan kerucut *abrams* dan bandingkan dengan tinggi semula. Nilai *slump* dapat diukur dari hasil pengukuran tersebut.



Gambar 3.23 Pengujian (*Slump Test*) pada Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

3.9 Pembuatan Sampel Silinder

Pembuatan sampel yang direncanakan pada penelitian adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sampel yang dibuat memiliki 4 variasi *presentase* 0%, 4% 6% dan 8% , dengan jumlah masing-masing 9 benda uji silinder pada variasi, dengan jumlah 36 benda uji beton silinder yang di campur Serbuk Kaca dan 9 beton normal. Berikut langkah-langkah pembuatan sampel beton:

1. Takar pasir, semen, kerikil dan air sesuai dengan berat yang sudah direncanakan agar mendapatkan campuran yang sesuai.

2. Aduk campuran tersebut hingga diperoleh campuran beton yang diinginkan.
3. Pada setiap campuran adukan dilakukan *slump test*.
4. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai *slump* beton segar, sehingga dapat meningkatkan kemudahan pengerjaannya.

Langkah-langkah pengujian *slump* pada beton yaitu:

1. Siapkan adukan beton.
2. Bersihkan kerucut *abrams* yang akan dipakai.
3. Masukkan campuran beton ke dalam kerucut.
4. Bagian atas kerucut diratakan, angkat perlahan-lahan secara vertikal.
5. Ukur penurunan puncak kerucut, hasil penurunan tersebut merupakan nilai *slump test*.
6. Setelah dilakukan pengujian *slump* yang sesuai, masukan campuran beton kedalam cetakan silinder yang telah dikuas oleh oli, hal ini bertujuan untuk beton tidak lengket pada cetakan.
7. Diratakan pakai sendok rata.

Langkah-langkah pencetakan bahan uji adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan dan bersihkan cetakan bentuk uji silinder.
2. Kuas bagian dalam cetakan dengan oli agar mudah di lepas pada cetakan.
3. Tuangkan beton pada cetakan.
4. Di pukul palu karet agar udara yang terkurung naik keatas
5. Ratakan permukaan beton pada cetakan.



Gambar 3.24 Pembuat Sampel Silinder

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

3.10 Perawatan Beton Benda Uji Silinder

- a. Buka cetakan silinder beton setelah 24 jam.
- b. Bersihkan beton dari sisa-sisa bahan yang menempel.
- c. Rendam beton di dalam plastik tebal memakai air selama 1 minggu, 2 minggu, dan 4 minggu.
- d. Sesudah itu, angkat beton dan diamkan dalam suhu ruangan
- e. Siap untuk pengujian kuat tekan beton



Gambar 3.25 Perawatan/perendaman Beton Silinder

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

3.11 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang memiliki campuran serbuk kaca sebanyak 4%, 6% dan 8%. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM).

Nilai kuat tekan beton dapat secara langsung diketahui dari pembacaan skala pembebanan yang diperoleh pada waktu pengujian. Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan tercapai pada indikator CTM.



Gambar 3.26 Alat pengujian kuat tekan beton CTM (*Compression Testing Machine*)

(*Sumber: Hasil Penelitian Beton*)

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan CTM adalah sebagai berikut:

1. Siapkan beton silinder sebagai benda uji.
2. Letakkan benda uji beton silinder pada alat CTM.
3. Atur jarum CTM tepat pada posisi nol.
4. Nyalakan CTM, kemudian perhatikan jarum penunjuk beban sampai silinderbeton mulai hancur
5. Catat nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Bahan Penyusun Beton

Pengujian bahan penyusun beton yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil, UM Sumatera Barat adalah pemeriksaan kadar air, berat jenis, kadar lumpur, gradasi pada agregat halus dan kasar. Setelah itu, dilakukan pengujian *slump* dan pengujian kuat tekan beton. Berikut adalah hasil penelitian bahan penyusun beton:

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Piknometer 1:

- a. Berat semen : 64 gram
- b. Volume I zat cair : 22,10 ml
- c. Volume II zat cair : 21,00 ml
- d. Berat jenis air pada suhu 4° C : 1 gr/cm³
- e. Berat jenis semen : 58,182 gr/cm³

Piknometer 2:

- a. Berat semen : 64 gram
- b. Volume I zat cair : 23,00 ml
- c. Volume II zat cair : 21,00 ml
- d. Berat jenis air pada suhu 4°C : 1 gr/cm³
- e. Berat jenis semen : 64,182 gr/cm³

Tabel 4.1 Pemeriksaan Berat Jenis Semen

No.	Uraian Pengujian	<i>Piknometer 1</i>	<i>Piknometer 2</i>	Satuan
1	Berat semen	64,00	64,00	gr
2	Volume I zat cair	22,10	23,00	ml
3	Volume II zat cair	21,00	22,00	ml
4	Berat jenis air pada suhu 4° C	1,00	1,00	gr/cm ³
5	Berat jenis semen = $(1) / [(3) - (2)] \times (4)$	(58,182)	(64,000)	gr/cm ³
6	Berat jenis semen rata-rata	(61,091)		gr/cm ³

(Sumber: Hasil penelitian berat jenis semen)

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
1	Volume wadah	9,947	9,947	9,947	9,947	Liter	
2	Berat wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg	
3	Berat wadah + Benda uji	15,388	14,131	15,597	14,266	kg	
4	Berat benda uji = (3) - (2)	13,174	11,917	13,383	12,052	kg	
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,324	1,198	1,345	1,212	kg/lit	
6	Berat volume rata-rata kondisi padat					1,335	kg/lit
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1,205	kg/lit

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

b. Agregat Kasar

Tabel 4.3 Pemeriksaan Berat Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
1	Volume wadah	9,947	9,947	9,947	9,947	Liter	
2	Berat wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg	
3	Berat wadah + Benda uji	15,754	16,025	15,748	15,087	kg	
4	Berat benda uji = (3) - (2)	13,540	13,811	13,534	12,873	kg	
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,361	1,388	1,361	1,294	kg/lit	
6	Berat volume rata-rata kondisi padat					1,361	kg/lit
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1,341	kg/lit

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil analisis agregat kasar, berdasarkan tabel 4.3 berat volume rata-rata:

$$\text{Kondisi padat} = \frac{D}{A} = 1,361 \text{ Kg/Lt}$$

$$\text{Kondisi Gembur} = \frac{D}{A} = 1,341 \text{ Kg/Lt}$$

c. Serbuk Kaca

Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Serbuk Kaca

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
1	Volume wadah	3,000	3,000	3,000	3,000	Liter
2	Berat wadah	7,386	7,386	8,386	9,386	kg
3	Berat wadah + Benda uji	8,321	8,086	9,631	10,386	kg
4	Berat benda uji = (3) - (2)	0,935	0,700	1,245	1,000	kg
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	0,312	0,233	0,415	0,333	kg/lt
6	Berat volume rata-rata kondisi padat				0,363	kg/lt
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur				0,283	kg/lt

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

3. Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.5 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat <i>piknometer</i>	190,0	192,0	gr
2	Berat contoh dalam kondisi SSD	500,0	500,0	gr
3	Berat <i>piknometer</i> + contoh SSD + air	961,0	916,0	gr
4	Berat <i>piknometer</i> + air	688,0	689,0	gr
5	Berat contoh kering	416,0	412,0	gr
6	<i>Apparent specific gravity</i> = (5) / [(5) + (4) - (3)]	2,909	2,227	gr
7	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]	1,833	1,509	gr
8	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]	2,203	1,832	gr
9	<i>Presentase penyerapan (absorption)</i> = { [(2) - (5)] / (2) } x 100	16,80	17,60	%
10	<i>Apparent specific gravity</i> rata-rata	2,568		gr
11	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering rata-rata	1,671		gr
12	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD rata-rata	2,018		gr
13	<i>Presentase penyerapan (absorption)</i> rata-rata	17,20		%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

b. Agregat Kasar

Tabel 4.6 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat contoh dalam kondisi SSD	9.018,0	9.146,0	gr
2	Berat contoh SSD dalam air	4.787,0	5.061,0	gr
3	Berat contoh kering di udara	8.745,0	8.920,0	gr
4	$Apparent\ specific\ gravity = (3) / [(3) - (2)]$	2,209	2,311	gr
5	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (3) / [(1) - (2)]$	2,067	2,184	gr
6	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (1) / [(1) - (2)]$	2,131	2,239	gr
7	$Presentase\ penyerapan\ (absorption) = \{ [(1) - (3)] / (1) \} \times 100$	3,03	2,47	%
8	$Apparent\ specific\ gravity\ rata-rata$		2,260	gr
9	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering\ rata-rata$		2,126	gr
10	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD\ rata-rata$		2,185	gr
11	$Presentase\ penyerapan\ (absorption)\ rata-rata$		2,75	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

c. Serbuk Kaca

Tabel 4.7 Pemeriksaan *Specific Gravity* Serbuk Kaca

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat <i>piknometer</i>	190,0	192,0	gr
2	Berat contoh dalam kondisi SSD	500,0	500,0	gr
3	Berat <i>piknometer</i> + contoh SSD + air	854,0	897,0	gr
4	Berat <i>piknometer</i> + air	576,0	673,0	gr
5	Berat contoh kering	453,0	479,0	gr
6	$Apparent\ specific\ gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]$	2,589	1,878	gr
7	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]$	2,041	1,736	gr
8	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]$	2,252	1,812	gr

9	$Presentase\ penyerapan\ (absorption) = \frac{\{(2) - (5)\}}{(2)} \times 100$	9,40	4,20	%
10	<i>Apparent specific gravity</i> rata-rata		2,234	gr
11	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering rata-rata		1,889	gr
12	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD rata-rata		2,032	gr
13	<i>Presentase penyerapan (absorption)</i> rata-rata		6,80	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

4. Pemeriksaan Kadar Air

a. Agregat Halus

Tabel 4.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat wadah	742,0	567,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	1.288,0	1.298,0	gr
3	Berat benda uji = (2) - (1)	546,0	731,0	gr
4	Berat benda uji kering	478,0	643,0	gr
5	Kadar air = $\frac{\{(3) - (4)\}}{(4)} \times 100$	14,23	13,69	%
6	Kadar air rata-rata		13,96	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

b. Agregat Kasar

Tabel 4.9 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat wadah	1.441,0	414,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	7.893,0	6.358,0	gr
3	Berat benda uji = (2) - (1)	6.452,0	5.530,0	gr
4	Berat benda uji kering	6.318,0	5.424,0	gr
5	Kadar air = $\frac{\{(3) - (4)\}}{(4)} \times 100$	2,12	1,95	%
6	Kadar air rata-rata		2,04	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

c. Serbuk Kaca

Tabel 4.10 Pemeriksaan Kadar Air Serbuk Kaca

No.	Uraian Pengujian	Pengujian
1	Berat wadah	742,0
2	Berat wadah + benda uji	1.288,0
3	Berat benda uji = (2) - (1)	500,0
4	Berat benda uji kering	495,0
5	Kadar air = $\{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	1,01

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

5. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Tabel 4.11 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1)	Berat wadah	135,0	135,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	635,0	635,0	gr
3	Berat benda uji = (2) - (1)	500,0	500,0	gr
4	Berat benda uji tertahan dalam saringan	495,0	490,0	gr
5	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1,000	2,00	%
6	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1,50	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Kesimpulan dari percobaan di atas adalah agregat memiliki kadar lumpur yang rendah yaitu $1,50\% < 5\%$.

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tabel 4.12 Pemeriksaan Kadar Lumpur

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Tinggi pasir	410,0	456,0	gr
2	Tinggi lumpur	10,0	7,0	gr
3	Kadar lumpur = $(2) / [(1) + (2)]$	2,38	1,51	%
4	Kadar lumpur rata-rata		1,95	%

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus sebesar 1,95%. Karena kurang dari 5%, maka agregat halus untuk beton layak digunakan.

Tinggi Pasir (V1) = 125 ml

Tinggi Lumpur (V2) = 2 ml

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} &= \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \\ &= \frac{2}{1250+2} \times 100\% \end{aligned}$$

7. Analisis Saringan Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.13 Analisis Saringan Agregat Halus

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-
No.4	4,76	-	-	-	-	-	-	-
No.8	2,38	-	10,0	14,0	2,00	2,80	2,00	2,80
No.16	1,19	-	27,0	38,0	5,40	7,60	7,40	10,40
No.30	0,59	-	153,0	220,0	30,60	44,00	38,00	54,40
No.50	0,27	-	185,0	138,0	37,00	27,60	75,00	82,00
No.100	0,14	-	104,0	69,0	20,80	13,80	95,80	95,80
No.200	0,07	-	17,0	13,0	3,40	2,60	99,20	98,40
Wadah			4,0	8,0	Total (saringan no.4 - no.200)		317,40	343,80
Total			500,0	500,0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							330,6	
Modulus kehalusan							3,31	

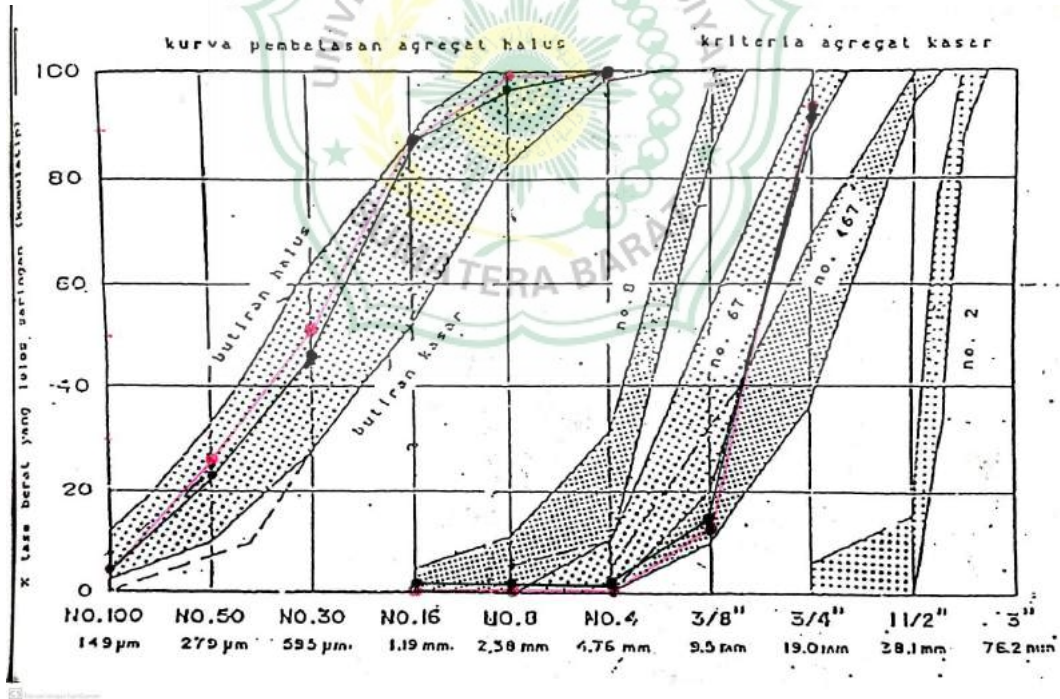
(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

b. Agregat Kasar

Tabel 4.14 Analisis Saringan Agregat Kasar

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat yang lolos	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	19,10	3/4	19,10	147,0	5,52	5,88	5,52	5,88
-	9,50	3/8	2.012,0	1.980,0	80,48	79,20	86,00	85,08
No.4	4,76	-	350,0	350,0	14,00	14,00	100,00	99,08
No.8	2,38	-	-	-	-	-	100,00	99,08
No.16	1,19	-	-	-	-	-	100,00	99,08
Wadah			-	23,0	Total		391,52	388,20
Total			2.500,0	2.500,0				
Total rata-rata							389,86	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)



Gambar 4.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

c. Serbuk Kaca

Tabel 4.15 Analisis Saringan Serbuk Kaca

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat komulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-
No.4	4,76	-	-	-	-	-	-	-
No.8	2,38	-	10,0	14,0	2,00	2,80	2,00	2,80
No.16	1,19	-	17,0	38,0	3,40	7,60	5,40	10,40
No.30	0,59	-	103,0	187,0	20,60	37,40	26,00	47,80
No.50	0,27	-	186,0	128,0	37,20	25,60	63,20	73,40
No.100	0,14	-	144,0	96,0	28,80	19,20	92,00	92,60
No.200	0,07	-	30,0	20,0	6,00	4,00	98,00	96,60
Wadah			10,0	17,0	Total (saringan no.4 - no.200)		286,60	323,60
Total			500,0	500,0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							305,1	
Modulus kehalusan							3,05	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

8. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan terhadap benda uji yang direndam menggunakan NaoH yang dibiarkan selama 24 jam maka terjadi perubahan warna pada air. Penelitian ini menunjukkan bahwa pasir tersebut banyak mengandung lumpur. Saya menarik kesimpulan sebelum pasir digunakan langkah baiknya dicuci terlebih dahulu agar mengurangi kadar lumpur yang terkandung dalam pasir.



Gambar 4.2 Pemeriksaan Zat *organic* Agregat halus

Sumber: Data peneliti

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Tabel 4.16 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

A. PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN			
1	Kategori jenis struktur		
2	Rencana <i>slump</i> (Tabel III)	10,00	cm
3	Kekuatan tekan rencana beton	14,53	Mpa
	Kuat tekan beton yang disyaratkan umur 4 minggu $f'_c =$	14,53	Mpa
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji silinder Ø15 x 30 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	148,162	kg/cm ²
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	178,508	kg/cm ²
4	Modulus kehalusan agregat halus	3,31	
5	Ukuran maksimum agregat kasar (Tabel IV)	25,00	mm

6	<i>Specific gravity</i> agregat halus (SSD)	2,018	gr
7	<i>Specific gravity</i> agregat kasar (SSD)	2,185	gr
8	Berat isi agregat kasar	1.361,0	kg/m ³
B. PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
9	Rencana air adukan/m ³ beton (Tabel A)	193,00	kg/m ³
10	<i>Presentase</i> udara yang terperangkap (Tabel A)	1,50	%
11	W/C Ratio (Grafik II atau Tabel I)	0,53	
	W/C Ratio maksimum (Tabel II)	0,80	
	Berat semen = (11) / (9)	0,003	
	Berat jenis semen (a)	(61,091)	gr/cm ³
12	Berat semen = (9) / (11)	364,151	kg
13	Volume agregat kasar perlu /m ³ beton (Tabel B)	0,630	
14	Berat agregat kasar perlu = (13) x (8)	857,430	kg
15	Volume semen = 0,001 x (12) / (a)	(0,006)	m ³
16	Volume air = 0,001 x (9)	0,193	m ³
17	Volume agregat kasar = 0,001 x (14) / (7)	0,392	m ³
18	Volume udara (10)	0,015	m ³
19	Volume agregat halus = 1 - { (15) + (16) + (17) + (18) }	0,406	m ³

C. KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M3 BETON			
20	Semen (12)	364,151	kg
21	Air (9)	193,000	kg
22	Agregat halus kondisi SSD = (19) x (6) x 1000	819,308	kg
23	Agregat kasar kondisi SSD (14)	857,430	kg
24	Faktor semen = (20) / 50 { 1 zak = 50 kg }	7,283	Zak
D. KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN			
25	<i>Presentase</i> kadar lembab agregat kasar : mk	0,0204	
26	Absorsi agregat kasar : ak	0,0275	
27	Kadar air agregat halus : mh	0,1396	
28	<i>Absorpsi</i> agregat halus : ah	0,1720	
29	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar = (23) x { [ak - mk] / [1 - mk] }	6,215	kg
30	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan = (23) x { [mk - ak] / [1 - mk] }	-6,215	kg
31	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus = (22) x { [ah - mh] / [1 - mh] }	30,853	kg
32	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan = (22) x { [mh - ah] / [1 - mh] }	-30,853	kg
E. KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON			
33	Semen (12)	364,151	kg
34	Air = (21) + (29) + (31)	230,068	kg

35	Agregat halus kondisi lapangan = (22) + (32)	788,46	kg
36	Agregat kasar kondisi lapangan = (23) + (30)	851,22	kg
F. KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON UNTUK VOLUME			
37	Semen	13,507	kg
38	Air	8,534	kg
39	Agregat halus kondisi lapangan	29,245	kg
40	Agregat kasar kondisi lapangan	31,573	kg
G. DATA SETELAH PELAKSANAAN			
41	Sisa air campuran (jika ada)	-	kg
42	Penambahan air selama pelaksanaan (jika ada)	2,500	kg
43	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	11,034	kg
44	Nilai <i>slump</i> yang diukur	8,5	cm

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Tabel 4.17 Komposisi Unsur Campuran Beton + Serbuk Kaca terhadap Agregat Halus

KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON + SERBUK KACA TERHADAP AGREGAT HALUS				
Komposisi	Campuran 4%	Campuran 6%	Campuran 8%	Satuan
Semen	16,3	16,3	16,3	Kg
Air	10,4	10,4	10,4	L
Agregat Halus	35,1	35,1	35,1	Kg
Agregat Kasar	53,5	53,5	53,5	Kg
Serbuk Kaca	1,5	2,2	2,9	Kg

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

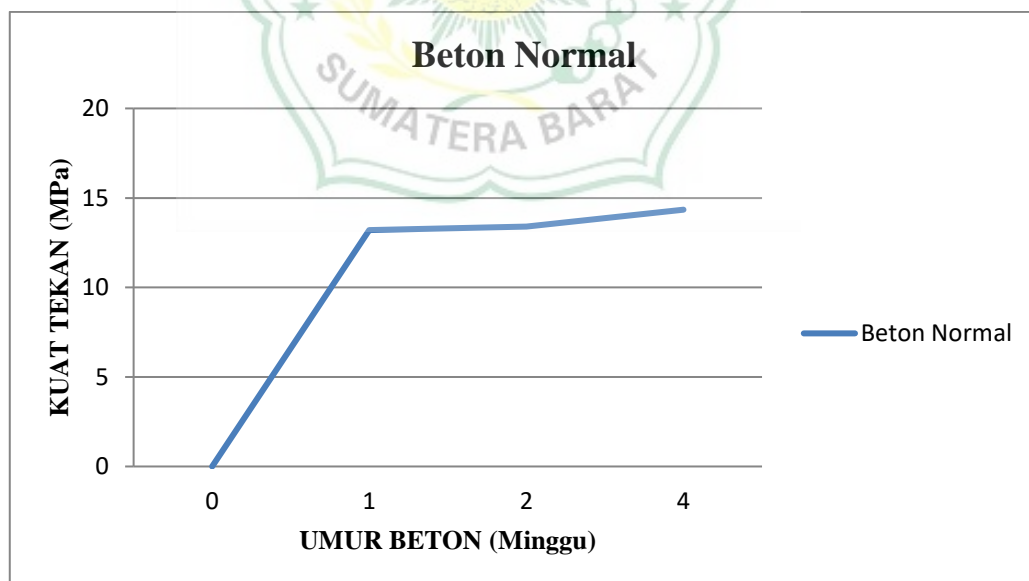
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 1, 2 dan 4 minggu. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan masing-masing sebanyak 3 benda uji. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
	Minggu	Kg	mm ²	Ton	MPa	Mpa
NORMAL	1	11100	17662,5	24	13,59	13,21
		11780	17662,5	20	11,32	
		11899	17662,5	26	14,72	
	2	11878	17662,5	24	13,59	13,40
		11588	17662,5	24	13,59	
		11976	17662,5	23	13,02	
	4	11100	17662,5	30	16,99	14,53
		11157	17662,5	21	11,89	
		11097	17662,5	25	14,15	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan menggunakan grafik dari umur 1 hingga 4 minggu terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

(Sumber: Hasil Penelitian)

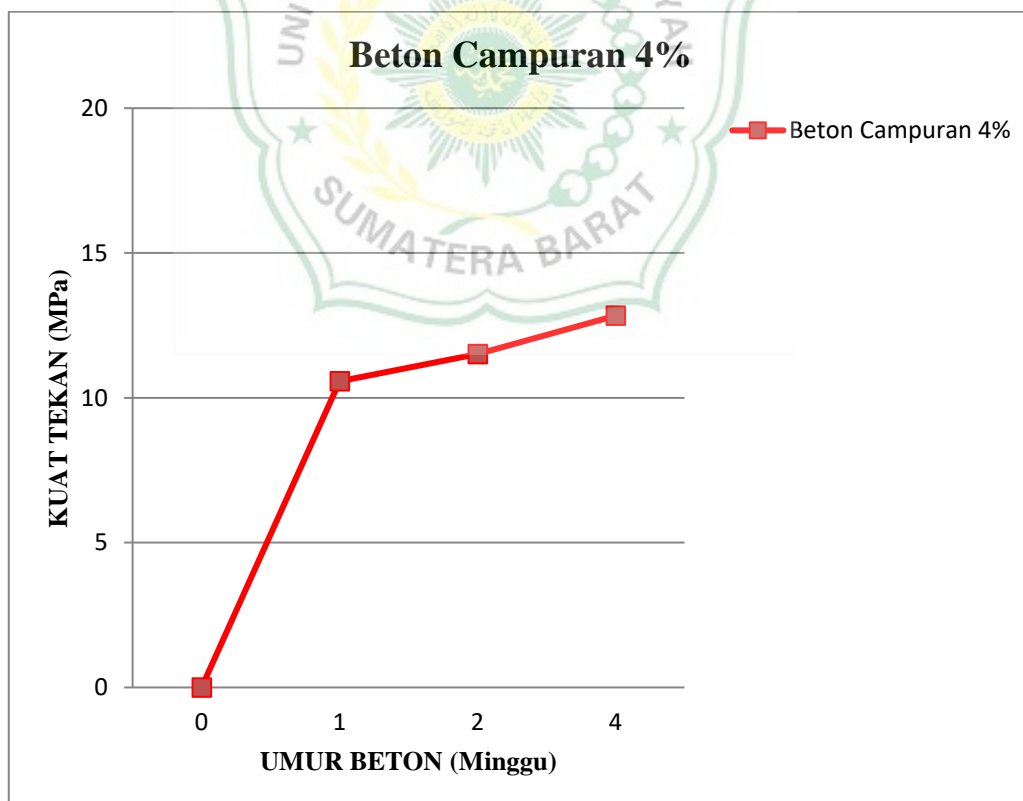
Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran Serbuk Kaca dengan *presentase* besar 4%, 6% dan 8% dari umur 1 sampai dengan 4 minggu.

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 4%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
	Minggu	kg	mm ²	Ton	MPa	MPa
KACA 4%	1	11372	17662.5	20	11.32	10.57
		11329	17662.5	17	9.62	
		11534	17662.5	19	10.76	
	2	11444	17662.5	23	13.02	11.51
		11939	17662.5	18	10.19	
		11764	17662.5	20	11.32	
	4	11574	17662.5	20	11.32	12.83
		10069	17662.5	25	14.15	
		11493	17662.5	23	13.02	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran 4% Serbuk Kaca dari umur 1 sampai 4 minggu terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 4%

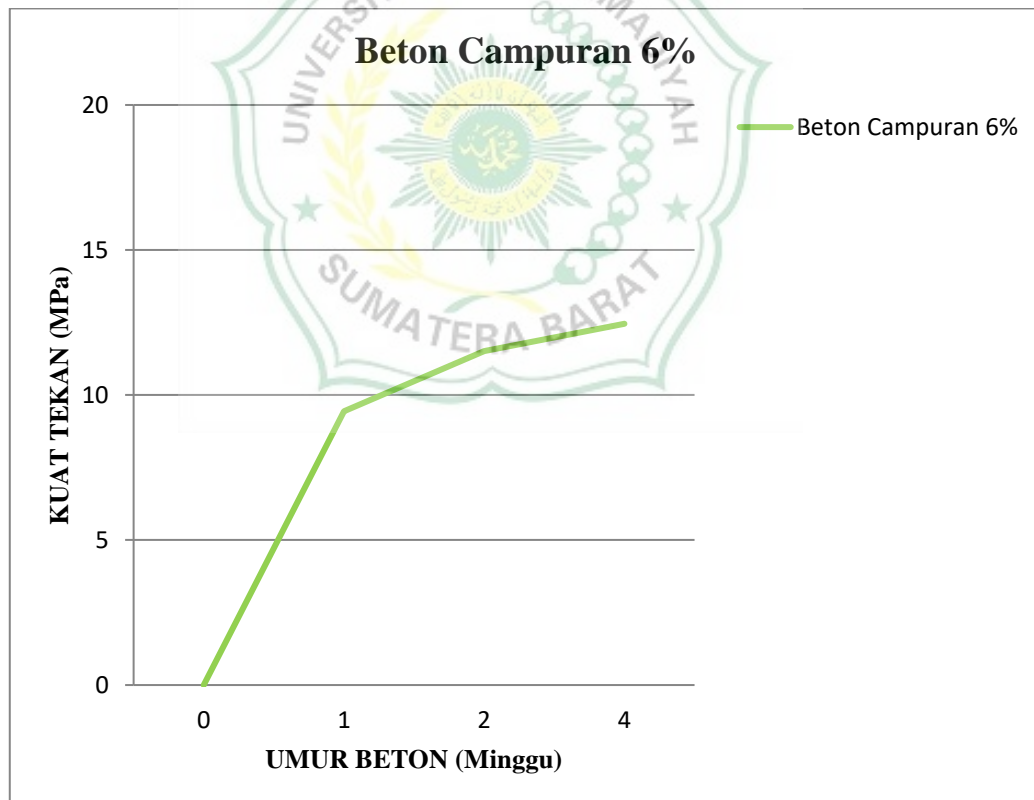
(Sumber: Hasil Penelitian)

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 6%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
	Minggu	kg	mm ²	Ton	MPa	MPa
KACA 6%	1	11946	17662.5	16	9.06	9.44
		11489	17662.5	16	9.06	
		11789	17662.5	18	10.19	
	2	11670	17662.5	18	10.19	11.51
		11768	17662.5	23	13.02	
		11532	17662.5	20	11.32	
	4	11619	17662.5	24	13.59	12.46
		11729	17662.5	20	11.32	
		11564	17662.5	22	12.46	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran 6% Serbuk Kaca dari umur 1 sampai 4 minggu terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Serbuk Kaca 6%

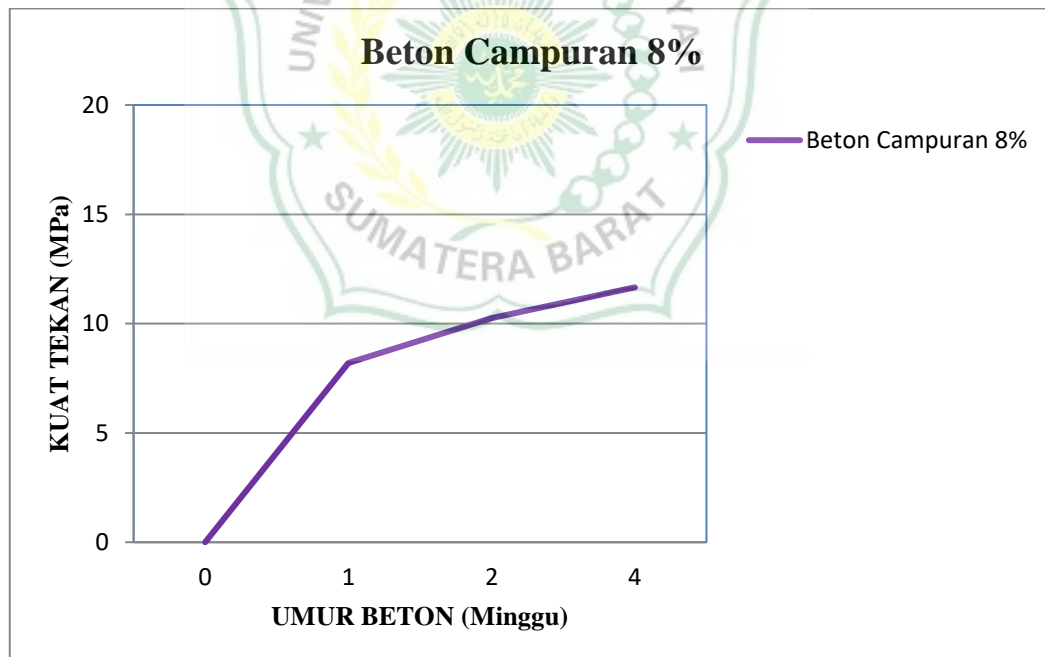
(Sumber: Hasil Penelitian)

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 8%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
	Minggu	kg	mm ²	Ton	MPa	MPa
KACA 8%	1	11239	17662.5	15	8.10	8.20
		10868	17662.5	17	8.20	
		11353	17662.5	18	8.30	
	2	11566	17662.5	20	10.00	10.25
		11578	17662.5	21	10.00	
		11647	17662.5	19	10.76	
	4	11666	17662.5	21	11.89	11.66
		11919	17662.5	21	11.89	
		11736	17662.5	22	11.20	

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran Serbuk Kaca 8% dari umur 1 sampai 4 minggu terlihat pada Gambar 4.6.

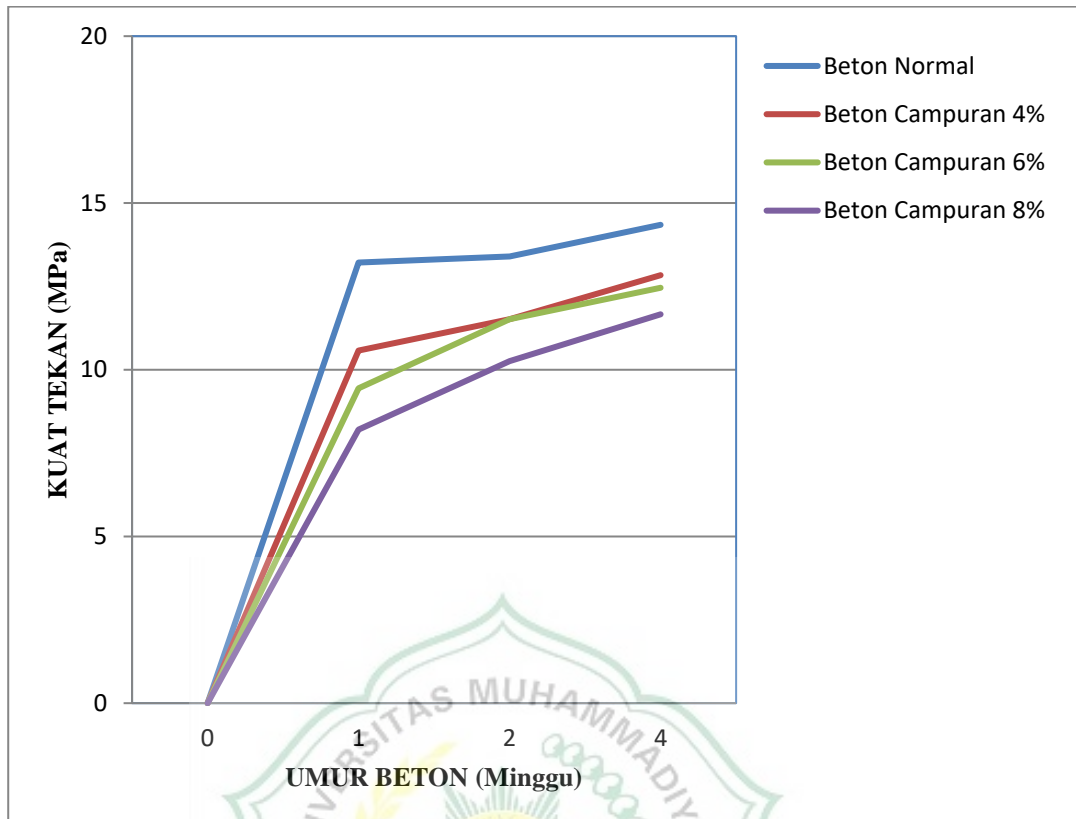


Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Serbuk Kaca 8%

(Sumber: Hasil Penelitian)

Hasil penelitian yang dilakukan penulis dengan serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus yang dicampur kedalam adukan beton dengan 0%,

4%, 6% dan 8%, bisa dilihat pada grafik di bawah:



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Uji Kuat Tekan Beton
(Sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan gambar di atas, penambahan Serbuk Kaca sebagai pengganti agregat halus dalam adukan beton, diperoleh data sebagai berikut:

Variasi 4% di umur 1 minggu mengalami penurunan terhadap kuat tekan terhadap beton normal dari 13,21 MPa menjadi 10,57 MPa, di umur 2 minggu juga mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton normal dari 13,40 Mpa menjadi 11,51 MPa dan pada umur 4 minggu juga mengalami penurunan kuat tekan dari 14,53 MPa menjadi 12,83 MPa tetapi tidak melewati dari f'_c 14,53 Mpa.

Variasi 6% hasil pencampuran Serbuk Kaca sebagai bahan pengganti agregat halus dalam adukan terjadi penurunan kuat tekan yang sangat signifikan dari kuat tekan beton normal, yaitu pada umur 1 minggu dari 13,21 MPa menjadi 9,44 Mpa, pada 2 minggu dari 13,40 MPa menjadi 11,51 MPa, pada umur 4 minggu dari 14,53 Mpa menjadi 12,46 MPa, di umur 28

hari 7% juga tidak melewati $f'c$ 24,9 MPa.

Variasi 8% hasil pencampuran Serbuk Kaca sebagai bahan pengganti agregat halus dalam adukan terjadi penurunan kuat tekan yang sangat signifikan dari kuat tekan normal yaitu pada umur 1 minggu dari 13,21 MPa menjadi 8,20 MPa, pada umur 2 minggu dari 13,40 MPa menjadi 10,25 MPa, pada umur 4 minggu dari 14,53 MPa menjadi 11,66 MPa.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

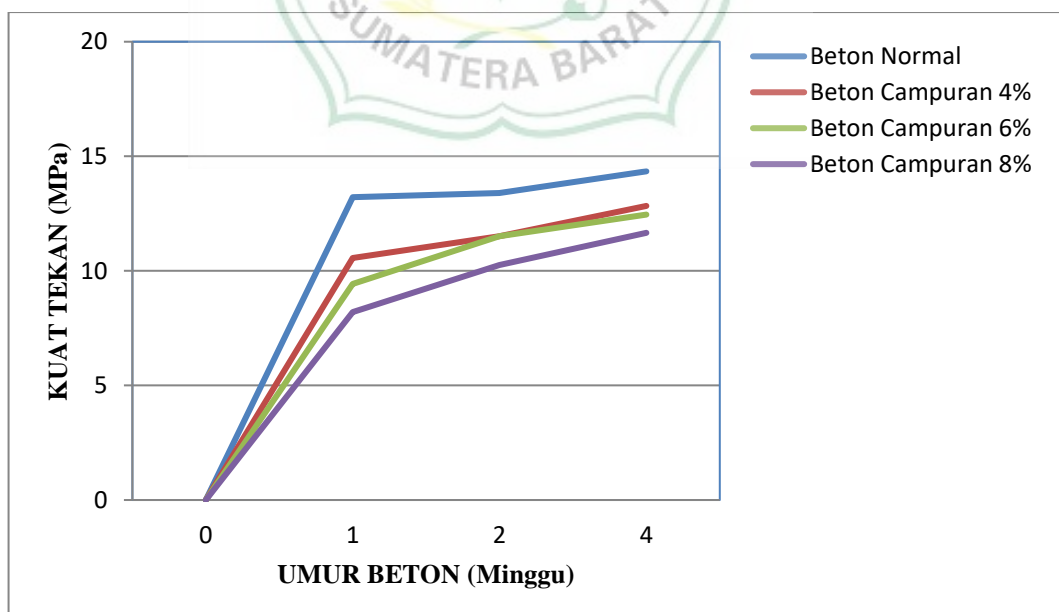
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian beton normal dan beton campuran pada benda uji beton silinder yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh kesimpulan pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan campuran serbuk kaca

No	Kode Benda Uji Silinder	Umur	Hasil Kuat Tekan Rata-rata
		Minggu	MPa
1	Beton Normal	1	13,21
		2	13,40
		4	14,53
2	Beton Campuran Kaca 4%	1	10,57
		2	11,51
		4	12,83
3	Beton Campuran Kaca 6%	1	9,44
		2	11,51
		4	12,46
4	Beton Campuran Kaca 8%	1	8,20
		2	10,25
		4	11,66

(Sumber: Hasil Penelitian Beton)



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang bisa dipertimbangkan sebagai pedoman untuk penelitian selanjutnya agar mendapat hasil yang lebih baik:

1. Sebaiknya *presentase* agregat halus dalam penelitian ini tidak dikurangi dan diganti dengan menambahkan serbuk kaca sebagai *filler*, karena hal ini akan dapat menyebabkan penurunan mutu beton.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan jumlah benda uji berbentuk silinder lebih diperbanyak lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Bandung.
- Daniel Abimanyu (2019). *Teori Analisis saringan Agregat halus dan Kasar*. Universitas Bosowa Lap. Aspal & Bahan Jalan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI T-15-1991-03. Bandung: Yayasan LPMB.
- Fajar Riski. (2020). *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Bondcrete Ditinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- Hanafiah. (2011). *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Variasi 2%, 4%, 6% Dan 8% Terhadap Kuat Tekan Dan Nilai Slump*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2017) *Modul Rancangan Campuran Beton* Bandung.
- Murdock L.J, Brook K.M, 1986
- Panji Kamajaya Asrul, 2021. *Pemanfaatan Limbah Botol Kaca dan Limbah Keramik Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Kuat Tekan Beton*. Tugas Akhir Universitas Bosowa, Makassar.
- Pusat Penelitian & Pengembangan Jalan & Jembatan. (2013). *Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi SNI 15 2049 2004*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Riyan Rahma Indika (2016). *Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Serbuk Kaca Dan Penambahan Serat Kawat Galvanis Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2021). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. <http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn>. 25 Maret 2021, 22:06.

Suhartini, Ayu; Gunarti, Anita Setyowati Srie; dan Hasan, Azharie. (2014). *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*. Jurnal BENTANG Vol.2 No. 1 Januari 2014, Universitas Islam "45" Bekasi.

Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Nafari.


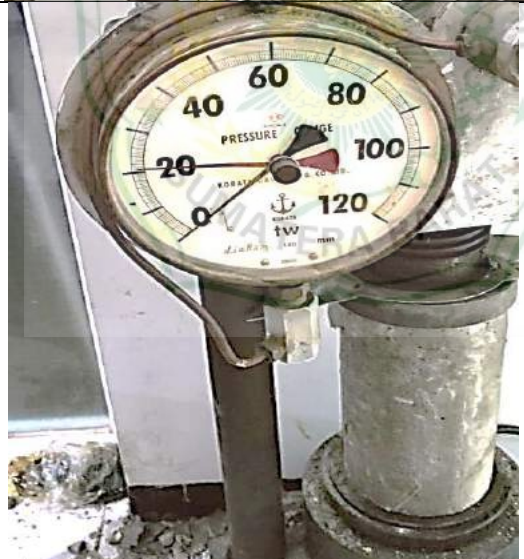
Tri Mulyono, (2003). *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.












LAMPIRAN

1. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder - Beton Normal


No	Umur 1 Minggu – Beton Normal	Kuat Tekan Beton (MPa)
1		24
2		20



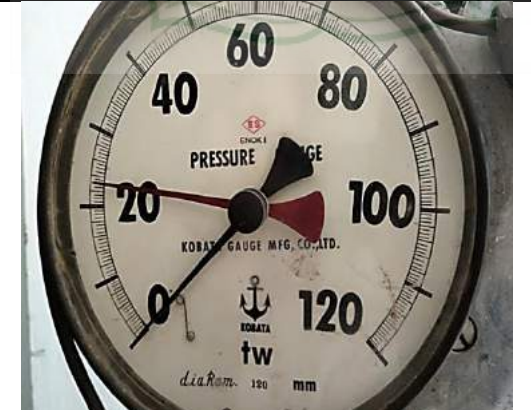
3		26
No	Umur 2 Minggu – Beton Normal	Kuat Tekan Beton (MPa)
4		24
5		24

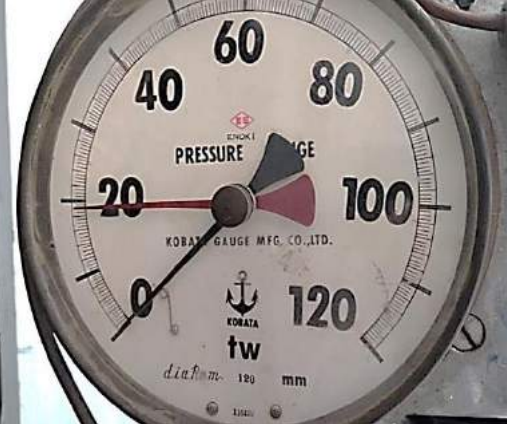

6		23
No	Umur 4 Minggu – Beton Normal	Kuat Tekan Beton (MPa)
7		30
8		21

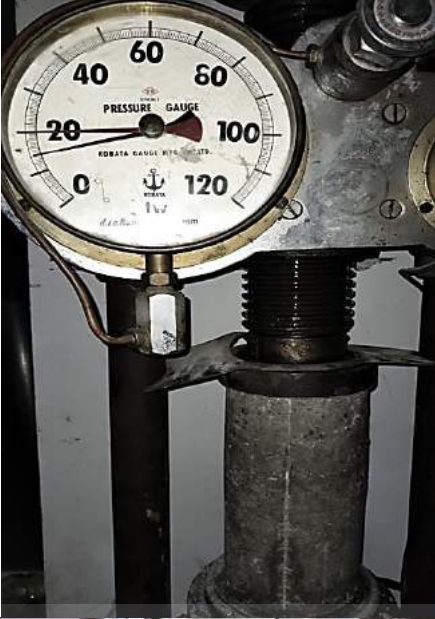

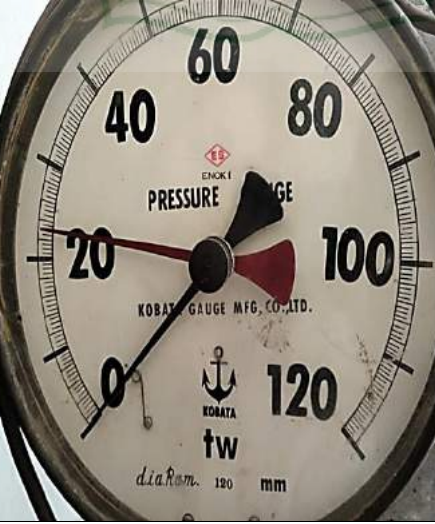
9		26
---	--	----

2. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder - Beton Campuran Kaca 4%

No	Umur 1 Minggu – Beton Campuran Kaca 4 %	Kuat Tekan Beton (MPa)
10		20



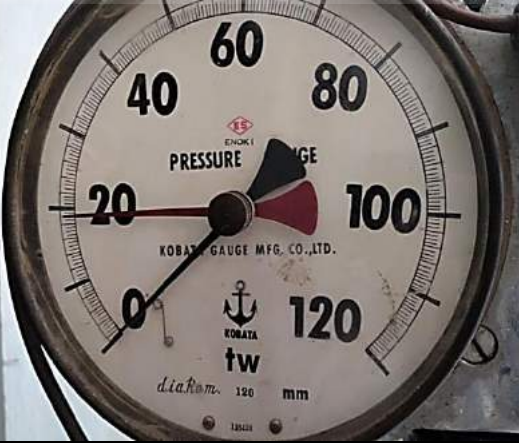
11		17
12		19
No	Umur 2 Minggu – Beton Campuran Kaca 4 %	Kuat Tekan Beton (MPa)
13		23




14		18
15		20
No	Umur 4 Minggu – Beton Campuran Kaca 4 %	Kuat Tekan Beton (MPa)




16		20
17		25
18		23

3. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder - Beton Campuran Kaca 6%

No	Umur 1 Minggu – Beton Campuran Kaca 6 %	Kuat Tekan Beton (MPa)
----	---	------------------------

19	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete cylinder. The gauge needle points to the 16 mark on the scale.</p>	16
20	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete cylinder. The gauge needle points to the 16 mark on the scale. A watermark for Universitas Sumatera Barat is visible in the background.</p>	16
21	 <p>A close-up photograph of the pressure gauge. The needle points to the 18 mark on the scale. The gauge face includes the text: 'EINOKI PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO., LTD.', 'KOBATA tw', and 'dia. nom. 120 mm'.</p>	18
No	Umur 2 Minggu – Beton Campuran Kaca 6 %	Kuat Tekan Beton (MPa)



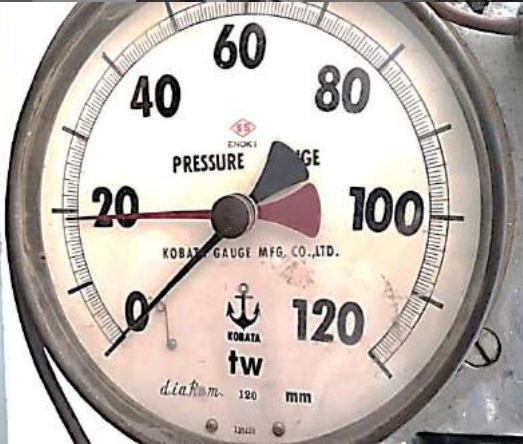
22	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 MPa, with major ticks every 20 units and minor ticks every 2 units. The needle points to the 18 MPa mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'KOBATA GAUGE MFG. CO. LTD. YOKOHAMA JAPAN'. The gauge is connected to a vertical metal cylinder.</p>	18
23	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 MPa, with major ticks every 20 units and minor ticks every 2 units. The needle points to the 23 MPa mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'KOBATA GAUGE MFG. CO. LTD. YOKOHAMA JAPAN'. The gauge is connected to a vertical metal cylinder.</p>	23
24	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 MPa, with major ticks every 20 units and minor ticks every 2 units. The needle points to the 20 MPa mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'KOBATA GAUGE MFG. CO. LTD. YOKOHAMA JAPAN'. The gauge is connected to a vertical metal cylinder.</p>	20
No	Umur 4 Minggu – Beton Campuran Kaca 6 %	Kuat Tekan Beton (MPa)

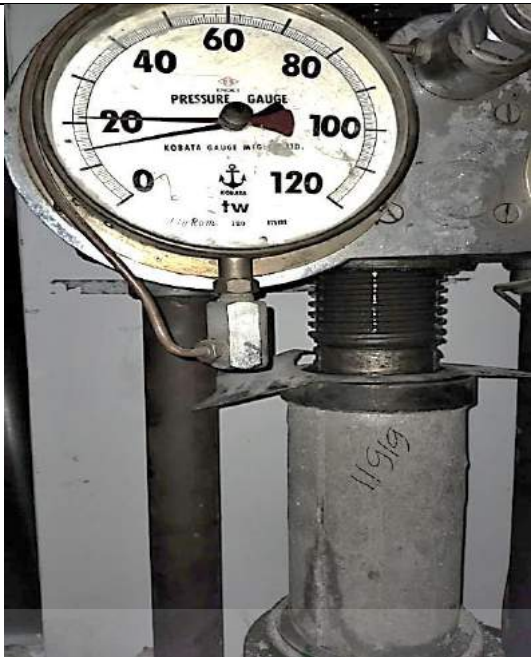


25		24
26		20
27		22

4. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder - Beton Campuran Kaca 8%

No	Umur 1 Minggu – Beton Campuran Kaca 8 %	Kuat Tekan Beton
----	---	------------------

		(MPa)
28	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete test cylinder. The gauge needle points to the 15 MPa mark on the scale.</p>	15
29	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete test cylinder. The gauge needle points to the 17 MPa mark on the scale.</p>	17
30	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete test cylinder. The gauge needle points to the 18 MPa mark on the scale.</p>	18
No	Umur 2 Minggu – Beton Campuran Kaca 8 %	Kuat Tekan Beton (MPa)

31	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete test cylinder. The gauge needle points to the 20 mark on the scale. The scale has major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO., LTD.', and 'tw'.</p>	20
32	 <p>A photograph of a pressure gauge mounted on a concrete test cylinder. The gauge needle points to the 21 mark on the scale. The scale has major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO., LTD.', and 'tw'. A faint watermark 'SUMATERA-BARAI' is visible in the background.</p>	21
33	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle points to the 19 mark on the scale. The scale has major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'ENOKI', 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO., LTD.', 'KOBATA', 'tw', and 'diam. 120 mm'.</p>	19
No	Umur 4 Minggu – Beton Campuran Kaca 8 %	Kuat Tekan Beton (MPa)

34		21
35		21
36		22

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KACA TERHADAP MUTU FC 14,5 DAN KUAT TEKAN BETON

Asrafi Abrar¹, Masril², Selpa Dewi³

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat¹
email: asrafiabrar456@gmail.com¹

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat²
email: mril6030@gmail.com²

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat³
email: selvadewi1109@gmail.com³

Abstrak: Seiring dengan bertambahnya tumpukan limbah kaca di lingkungan kita, perlu dilakukan langkah nyata untuk dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu langkah yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan daur ulang. Limbah kaca dapat dimanfaatkan sebagai salah satu material campuran beton, untuk dapat meningkatkan kualitas beton dengan naiknya kekuatan tekan beton. Hal ini dapat berdampak baik tidak hanya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, tapi juga dalam bidang konstruksi. Untuk itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan limbah kaca tersebut. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Bukittinggi, yang berlokasi di Guguk Bulek, Kota Bukittinggi. Penelitian ini berpedoman kepada Standar Nasional Indonesia tentang pembuatan beton normal dan pengujian kuat tekan beton, dan Pedoman Praktikum Beton Prodi Sipil Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. sedangkan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil penelitian dan pengujian, penambahan tumbukan limbah kaca sebesar 0% (beton normal) tekan umur 28 hari $f'c$ 14,53 Mpa, untuk 4% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,83 Mpa, untuk 6% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,46 Mpa, untuk dan 8% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,08 Mpa. Dengan banyaknya limbah kaca agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dari agregat halus.

Kata kunci: Tumbukan limbah kaca, Beton, Agregat halus, Kuat tekan beton $f'c$ 14,53 MPa.

Abstract: Along with the increasing pile of glass waste in our environment, it is necessary to take real steps to reduce the negative impact on the environment. One of the steps that can be taken is to recycle. Glass waste can be used as a concrete mix material, to be able to improve the quality of concrete by increasing the compressive strength of concrete. This can have a good impact not only in reducing environmental pollution, but also in the construction sector. For this reason, the authors are interested in conducting research using the glass waste. This research was conducted at the Civil Engineering Laboratory, Muhammadiyah University, West Sumatra, Bukittinggi City, which is located in Guguk Bulek, Bukittinggi City. This research is guided by the Indonesian National Standard on the manufacture of normal concrete and testing of the compressive strength of concrete, and the Practical Guidelines for Concrete Civil Engineering Study Program Civil Engineering University of Muhammadiyah West Sumatra. while the compressive strength test of concrete was carried out on concrete aged 7 days, 14 days, and 28 days. From the results of research and testing, the addition of the impact of glass waste by 0% (normal concrete) compresses the age of 28 days $f'c$ 14.53 Mpa, for 4% compressive strength at 28 days $f'c$ 12.83 Mpa, for 6% compressive strength age 28 days $f'c$ 12.46 MPa, and 8% compressive strength at age 28 days $f'c$ 12.08 MPa. With a lot of glass waste so that it can be used as an added material from fine aggregate.

Keywords: Impact of glass waste, concrete, fine aggregate, compressive strength of concrete $f'c$ 14.53 MPa.

PENDAHULUAN

Limbah kaca adalah limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat sehari-sehari. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), kumpulan sampah di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 64,5 juta ton dan 2,3% diantaranya adalah limbah kaca.

Salah satu jenis limbah kaca yang banyak dihasilkan di masyarakat yaitu berupa kaca botol bekas, kaca jendela bekas, kaca aquarium bekas, peralatan makan, dan masih banyak lagi. Material kaca pun dianggap sangat berguna untuk berbagai hal dan sulit tergantikan oleh material lainnya. Tingkat pemakaian kaca sangatlah tinggi di lingkungan masyarakat. Dengan demikian, limbah yang dihasilkan pun juga tinggi.

Kaca merupakan bahan anorganik yang tidak dapat terurai secara alami. Limbah kaca biasanya langsung dibuang ke tempat pembuangan sampah atau bahkan berserakan di lahan terbuka yang dapat lingkungan. Limbah kaca yang tidak terurai akan menumpuk, mencemari lingkungan, dan membahayakan manusia. Oleh karena itu, limbah kaca butuh didaur ulang sebagai salah satu upaya mengurangi sampah di bumi kita.

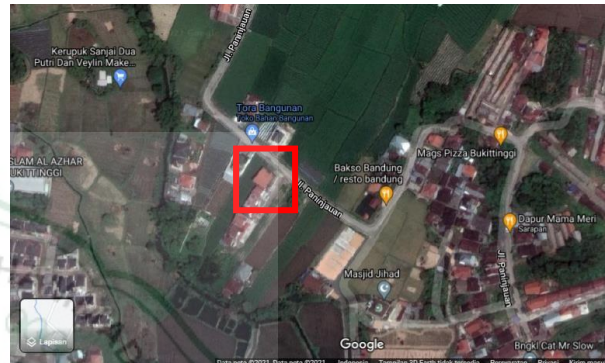
Untuk mengurangi pencemaran tersebut bisa dilakukan daur ulang kaca itu dengan cara mencampurkan limbah kaca pada material pembuatan beton. Kaca yang sudah dihaluskan (Serbuk kaca) tersebut dicampurkan dengan agregat halus yang diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton dan merupakan upaya alternatif untuk mengurangi limbah kaca yang merusak lingkungan. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, kaca dipilih sebagai substitusi agregat halus dengan kesimpulan kuat tekan beton dapat ditingkatkan, salah satunya dengan penambahan limbah kaca dalam jumlah tertentu. Serbuk kaca adalah pecahan kaca yang dihancurkan menjadi butiran halus dengan ukuran 0,075 mm – 0,15 mm.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian serupa diantaranya Suhartini, dkk (2014) yang menyimpulkan bahwa penambahan campuran beton sebesar 2,5% dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,57%, sementara penambahan campuran beton sebesar 5%, 7,5%, dan 10% menghasilkan penurunan kualitas beton sebesar masing-masing 3,22 %, 11,10%, dan 20,02%.

Beton adalah material yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *Portland*, air dan agregat pada perbandingan tertentu. Kemudian dimasukkan kedalam cetakan dengan perbandingan tertentu pula sehingga ia mengeras seperti batuan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Teknik Sipil UM Sumatera Barat, Jl. Paninjauan, Kel.Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya penulis melakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisis saringan, kadar air, berat jenis dan berat isi dari material-material yang digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan data-data pendukung. Pemeriksaan ini dilakukan di laboratorium.

Setelah diketahui karakteristik dari agregat kasar dan halus, maka proses dilanjutkan dengan membuat rancang campuran beton normal menurut standar ACI. Untuk pengujian kuat tekan dibutuhkan sebanyak 36 buah benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 36 buah untuk pengujian kuat tekan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji.

Bahan Penelitian :

- Semen *Portland* merk Semen Padang
- Agregat Kasar (*Split*)
- Agregat Halus (Pasir)
- Air
- Serbuk Kaca

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

A. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Tabel 1 Pemeriksaan Berat Jenis Semen

No	Uraian Pengujian	Piknomet er 1	Piknomet er 2	Satuan
1	Berat semen	64,00	64,00	gr
2	Volume I zat cair	22,10	23,00	ml
3	Volume II zat cair	21,00	22,00	ml
4	Berat jenis air pada suhu 4° C	1,00	1,00	gr/cm ³
5	Berat jenis semen = (1) / [(3) - (2)] x (4)	(58,182)	(64,000)	gr/cm ³
6	Berat jenis semen rata-rata	(61,091)		gr/cm ³

B. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 2 Pemeriksaan Berat Agregat Halus

No	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Pada t	Gem bur	Pada t	Gem bur	
1	Volume wadah	9,947	9,947	9,947	9,947	Liter
2	Berat wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg
3	Berat wadah + Benda uji	15,388	14,131	15,597	14,266	kg
4	Berat benda uji = (3) - (2)	13,174	11,917	13,383	12,052	kg
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,324	1,198	1,345	1,212	kg/lt
6	Berat volume rata-rata kondisi padat				1,335	kg/lt
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur				1,205	kg/lt

b. Agregat Kasar

Tabel 3 Pemeriksaan Berat Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Pada t	Gem bur	Pada t	Gem bur	
1	Volume wadah	9,947	9,947	9,947	9,947	Liter
2	Berat wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg
3	Berat wadah + Benda uji	15,754	16,025	15,748	15,087	kg
4	Berat benda uji = (3) - (2)	13,540	13,811	13,534	12,873	kg
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,361	1,388	1,361	1,294	kg/lt
6	Berat volume rata-rata kondisi padat				1,361	kg/lt

7	Berat volume rata-rata kondisi gembur	1,341	kg/lt
---	---------------------------------------	-------	-------

c. Serbuk Kaca

Tabel 4 Pemeriksaan Berat Serbuk Kaca

No	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Pada t	Gem bur	Pada t	Gem bur	
1	Volume wadah	3,000	3,000	3,000	3,000	Liter
2	Berat wadah	7,386	7,386	8,386	9,386	kg
3	Berat wadah + Benda uji	8,321	8,086	9,631	10,386	kg
4	Berat benda uji = (3) - (2)	0,935	0,700	1,245	1,000	kg
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	0,312	0,233	0,415	0,333	kg/lt
6	Berat volume rata-rata kondisi padat				0,363	kg/lt
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur				0,283	kg/lt

C. Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 5 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Halus

No	Uraian Pengujian	Penguji an 1	Penguji an 2	Satuan
1	Berat piknometer	190,0	192,0	gr
2	Berat contoh dalam kondisi SSD	500,0	500,0	gr
3	Berat piknometer + contoh SSD + air	961,0	916,0	gr
4	Berat piknometer + air	688,0	689,0	gr
5	Berat contoh kering	416,0	412,0	gr
6	$Apparent\ specific\ gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]$	2,909	2,227	gr
7	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]$	1,833	1,509	gr
8	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]$	2,203	1,832	gr
9	$Presentase\ penyerapan\ (absorption) = \{ [(2) - (5)] / (2) \} \times 100$	16,80	17,60	%
10	$Apparent\ specific\ gravity\ rata-rata$	2,568		gr
11	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering\ rata-rata$	1,671		gr
12	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD\ rata-rata$	2,018		gr
13	$Presentase\ penyerapan\ (absorption)\ rata-rata$	17,20		%

b. Agregat Kasar

Tabel 6 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Kasar

No	Uraian Pengujian	Penguji an 1	Penguji an 2	Satuan
1	Berat contoh dalam kondisi SSD	9.018,0	9.146,0	gr
2	Berat contoh SSD dalam air	4.787,0	5.061,0	gr
3	Berat contoh kering di udara	8.745,0	8.920,0	gr

4	$Apparent\ specific\ gravity = (3) / [(3) - (2)]$	2,209	2,311	gr
5	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (3) / [(1) - (2)]$	2,067	2,184	gr
6	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (1) / [(1) - (2)]$	2,131	2,239	gr
7	$Presentase\ penyerapan\ (absorption) = \{ [(1) - (3)] / (1) \} \times 100$	3,03	2,47	%
8	$Apparent\ specific\ gravity\ rata-rata$	2,260		gr
9	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering\ rata-rata$	2,126		gr
10	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD\ rata-rata$	2,185		gr
11	$Presentase\ penyerapan\ (absorption)\ rata-rata$	2,75		%

c. Serbuk Kaca

Tabel 7 Pemeriksaan *Specific Gravity* Serbuk Kaca

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat piknometer	190,0	192,0	gr
2	Berat contoh dalam kondisi SSD	500,0	500,0	gr
3	Berat piknometer + contoh SSD + air	854,0	897,0	gr
4	Berat piknometer + air	576,0	673,0	gr
5	Berat contoh kering	453,0	479,0	gr
6	$Apparent\ specific\ gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]$	2,589	1,878	gr
7	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]$	2,041	1,736	gr
8	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]$	2,252	1,812	gr
9	$Presentase\ penyerapan\ (absorption) = \{ [(2) - (5)] / (2) \} \times 100$	9,40	4,20	%
10	$Apparent\ specific\ gravity\ rata-rata$	2,234		gr
11	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering\ rata-rata$	1,889		gr
12	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD\ rata-rata$	2,032		gr
13	$Presentase\ penyerapan\ (absorption)\ rata-rata$	6,80		%

D. Pemeriksaan Kadar Air

a. Agregat Halus

Tabel 8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat wadah	742,0	567,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	1.288,0	1.298,0	gr
3	Berat benda uji = (2) - (1)	546,0	731,0	gr
4	Berat benda uji kering	478,0	643,0	gr
5	$Kadar\ air = \{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	14,23	13,69	%
6	Kadar air rata-rata		13,96	%

b. Agregat Kasar

Tabel 9 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat wadah	1.441,0	414,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	7.893,0	6.358,0	gr

3	Berat benda uji = (2) - (1)	6.452,0	5.530,0	gr
4	Berat benda uji kering	6.318,0	5.424,0	gr
5	$Kadar\ air = \{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	2,12	1,95	%
6	Kadar air rata-rata		2,04	%

c. Serbuk Kaca

Tabel 10 Pemeriksaan Kadar Air Serbuk Kaca

No.	Uraian Pengujian	Pengujian
1	Berat wadah	742,0
2	Berat wadah + benda uji	1.288,0
3	Berat benda uji = (2) - (1)	500,0
4	Berat benda uji kering	495,0
5	$Kadar\ air = \{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	1,01

E. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Tabel 11 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat wadah	135,0	135,0	gr
2	Berat wadah + benda uji	635,0	635,0	gr
3	Berat benda uji = (2) - (1)	500,0	500,0	gr
4	Berat benda uji tertahan dalam saringan	495,0	490,0	gr
5	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1,000	2,00	%
6	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1,50	%

Kesimpulan dari percobaan di atas adalah agregat memiliki kadar lumpur yang rendah yaitu $1,50\% < 5\%$.

F. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tabel 12 Pemeriksaan Kadar Lumpur

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Tinggi pasir	410,0	456,0	gr
2	Tinggi lumpur	10,0	7,0	gr
3	$Kadar\ lumpur = (2) / [(1) + (2)]$	2,38	1,51	%
4	Kadar lumpur rata-rata		1,95	%

G. Analisis Saringan Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 13 Analisis Saringan Agregat Halus

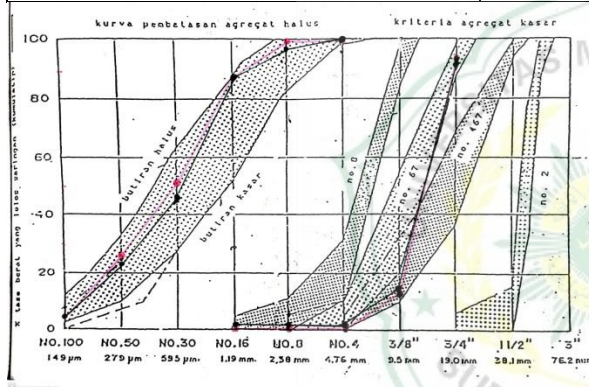
No. saringan	Uk. Lobang ayakan	Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat kumulatif		
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	
No.4	4,76	-	-	-	-	-	-	
No.8	2,38	-	10,0	14,0	2,0	2,8	2,8	
No.16	1,19	-	27,0	38,0	5,4	7,6	7,4	
No.30	0,59	-	15,0	220,0	30,0	44,0	38,0	
No.50	0,27	-	18,0	138,0	37,0	27,0	75,0	
No.100	0,14	-	10,0	69,0	20,0	13,0	95,0	
No.200	0,07	-	17,0	13,0	3,4	2,6	99,0	
Wadah			4,0	8,0	Total (saringan no.4 - no.200)		31,0	343,80
Total			50,0	500,0			7,4	0

Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata	330,6
Modulus kehalusan	3,31

b. Agregat Kasar

Tabel 14 Analisis Saringan Agregat Kasar

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	19,10	¾	19,10	147,0	5,52	5,88	5,52	5,88
-	9,50	3/8	2,00	1,980	80,48	79,20	86,00	85,08
No.4	4,76	-	350,0	350,0	14,00	14,00	100,00	99,08
No.8	2,38	-	-	-	-	-	100,00	99,08
No.16	1,19	-	-	-	-	-	100,00	99,08
Wadah			-	23,0	Total		39,52	388,20
Total			2,500	2,500	Total		1,52	388,20
Total rata-rata							389,86	9,50



Gambar 2 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

c. Serbuk Kaca

Tabel 15 Analisis Saringan Serbuk Kaca

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Presentase tertahan		Presentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-
No.4	4,76	-	-	-	-	-	-	-
No.8	2,38	-	10,0	14,0	2,00	2,80	2,00	2,80
No.16	1,19	-	17,0	38,0	3,40	7,60	5,40	10,40
No.30	0,59	-	103,0	187,0	20,60	37,40	26,00	47,80
No.50	0,27	-	186,0	128,0	37,20	25,60	63,20	73,40
No.100	0,14	-	14,0	96,0	2,80	19,20	92,00	92,60
No.200	0,07	-	30,0	20,0	6,00	4,00	98,00	96,60
Wadah			10,0	17,0	Total (saringan)		28,66	323,60

Total	50,0	500,0	no.4 - no.200)	0
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata				305,1
Modulus kehalusan				3,05

H. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan terhadap benda uji yang direndam menggunakan NaOH yang dibiarkan selama 24 jam maka terjadi perubahan warna pada air.

2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

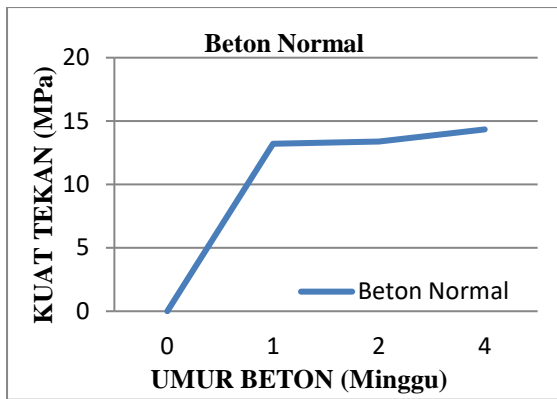
Tabel 16 Hasil Perencanaan Campuran Beton Normal + Campuran Serbuk Kaca

Komposisi Substitusi Serbuk Kaca Terhadap Berat Agregat Halus					
Komposisi	Campuran 0%	Campuran 4%	Campuran 6%	Campuran 8%	Satuan
Semen	3,6	3,6	3,6	3,6	kg
Air	2,3	2,3	2,3	2,3	kg
Agregat Halus	8	7,8	7,62	7,52	kg
Agregat Kasar	11,9	11,9	11,9	11,9	kg
Serbuk Kaca	0	0,32	0,5	0,6	kg

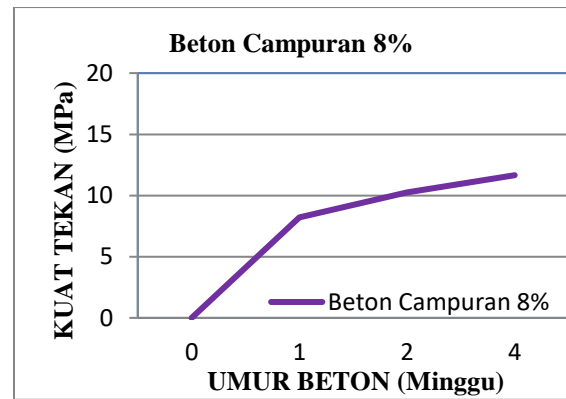
3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

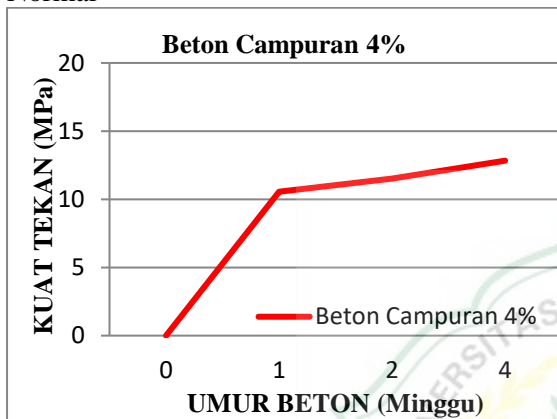
% Agregat Serbuk Kaca	Umur Kuat Tekan		
	1 Minggu	2 Minggu	4 Minggu
0%	13,59	13,59	16,99
	11,32	13,59	11,89
	14,72	13,02	14,15
Rata-Rata	13,21	13,40	14,53
4%	11,32	13,02	11,32
	9,62	10,19	14,15
	10,76	11,32	13,02
Rata-Rata	10,57	11,51	12,83
6%	9,06	10,19	13,59
	9,06	13,02	11,32
	10,19	11,32	12,46
Rata-Rata	9,44	11,51	12,46
8%	8,10	10,00	11,89
	8,20	10,00	11,89
	8,30	10,76	11,20
Rata-Rata	8,20	10,25	11,66



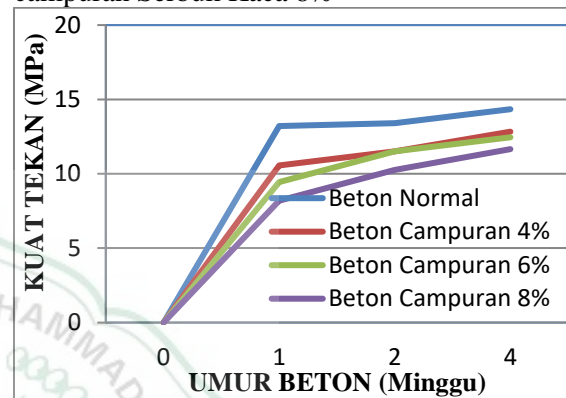
Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal



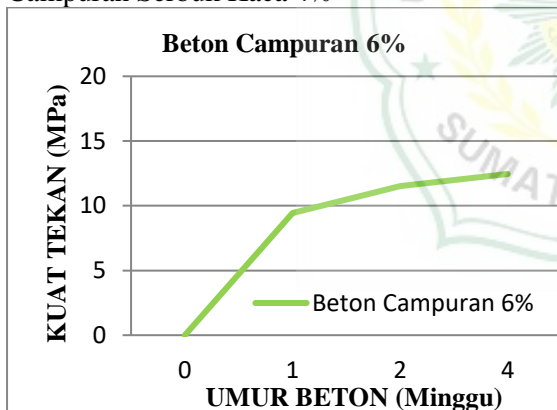
Gambar 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Serbuk Kaca 8%



Gambar 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kaca 4%



Gambar 7 Grafik Perbandingan Uji Kuat Tekan Beton



Gambar 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Serbuk Kaca 6%

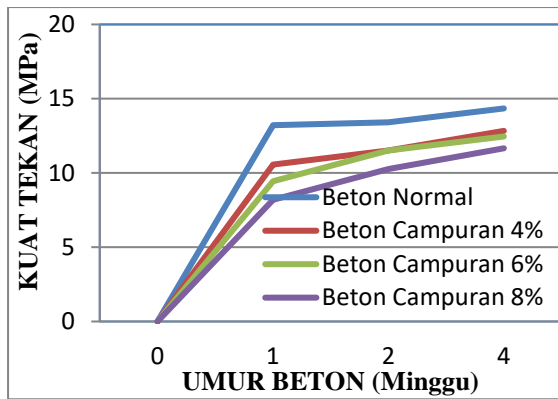
PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian beton normal dan beton campuran pada benda uji beton silinder yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh kesimpulan pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 18 Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan campuran serbuk kaca

Beton	Umur		
	1 Minggu	2 Minggu	4 Minggu
Beton Normal	13,21 MPa	13,40 MPa	14,53 MPa
Campuran Serbuk Kaca 4%	10,57 MPa	11,51 MPa	12,83 MPa
Campuran Serbuk Kaca 6%	9,44 MPa	11,51 MPa	12,46 MPa
Campuran Serbuk Kaca 8%	8,20 MPa	10,25 MPa	11,66 MPa



Gambar 9 Grafik Perbandingan

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang bisa dipertimbangkan sebagai pedoman untuk penelitian selanjutnya agar mendapat hasil yang lebih baik:

1. Sebaiknya *presentase* agregat halus dalam penelitian ini tidak dikurangi dan diganti dengan menambahkan serbuk kaca sebagai *filler*, karena hal ini akan dapat menyebabkan penurunan mutu beton.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan jumlah benda uji berbentuk silinder lebih diperbanyak lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Bandung.

Daniel Abimanyu (2019). *Teori Analisis saringan Agregat halus dan Kasar*. Universitas Bosowa Lap. Aspal & Bahan Jalan.

Departemen Pekerjaan Umum. (1991). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI T-15-1991-03. Bandung: Yayasan LPMB.

Fajar Riski. (2020). *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Bondcrete Ditinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

Hanafiah. (2011). *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Variasi 2%, 4%, 6% Dan 8% Terhadap Kuat Tekan Dan Nilai Slump*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2017) *Modul Rancangan Campuran Beton Bandung*.

Murdock L.J, Brook K.M, 1986

Panji Kamajaya Asrul, 2021. *Pemanfaatan Limbah Botol Kaca dan Limbah Keramik Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Kuat Tekan Beton*. Tugas Akhir Universitas Bosowa, Makassar.

Pusat Penelitian & Pengembangan Jalan & Jembatan. (2013). *Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi SNI 15 2049 2004*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.

Riyan Rahma Indika (2016). *Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Serbuk Kaca Dan Penambahan Serat Kawat Galvanis Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2021). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. <http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn>. 25 Maret 2021, 22:06.

Suhartini, Ayu; Gunarti, Anita Setyowati Srie; dan Hasan, Azharie. (2014). *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*. Jurnal BENTANG Vol.2 No. 1 Januari 2014, Universitas Islam "45" Bekasi.

Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Nafari.

Tri Mulyono, (2003). *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.