

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

Asrafi Abrar<sup>1</sup>, Masril<sup>2</sup>, Selpa Dewi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat<sup>1</sup>  
email: asrafiabrar456@gmail.com<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat<sup>2</sup>  
email: mril6030@gmail.com<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat<sup>3</sup>  
email: selvadewi1109@gmail.com<sup>3</sup>

**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

20,02%.

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.

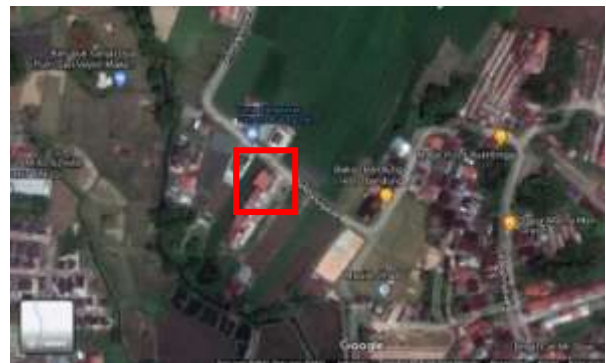
Beberapa peneliti telah melakukan penelitian serupa diantaranya Suhartini, dkk (2014) yang menyimpulkan bahwa penambahan campuran beton sebesar 2,5% dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,57%, sementara penambahan campuran beton sebesar 5%, 7,5%, dan 10% menghasilkan penurunan kualitas beton sebesar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

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.

#### 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 :

- a. Semen *Portland* merk Semen Padang
- b. Agregat Kasar (*Split*)
- c. Agregat Halus (Pasir)
- d. Air
- e. 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 <sup>3</sup>
5	Berat jenis semen = (1) / [(3) - (2)] x (4)	(58,182)	(64,000)	gr/cm <sup>3</sup>
6	Berat jenis semen rata-rata	(61,091)		gr/cm <sup>3</sup>

#### 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 <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		%

##### 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

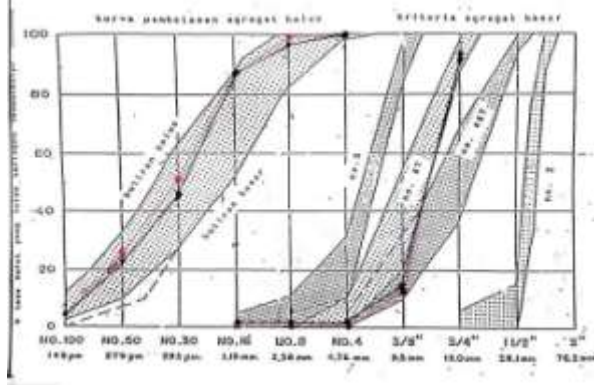
No. saringan	Uk. Lobang ayakan	Berat tertahan (gr)	Presentase tertahan	Presentase berat kumulatif	
-	9,50	3/8	-	-	
No.4	4,76	-	-	-	
No.8	2,38	-	10, 0	14, 0	
No.16	1,19	-	27, 0	38, 0	
No.30	0,59	-	15, 3,0	220, 0	
No.50	0,27	-	18, 5,0	138, 0	
No.100	0,14	-	10, 4,0	69, 0	
No.200	0,07	-	17, 0	13, 0	
Wadah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

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	Sa mp el1	Sa mp el2	Sa mp el1	Sa mp el2	Sa mp el1	Sa mp el2
-	19,10	¾	19,10	147,0	5,52	5,88	5,52	5,88
-	9,50	3/8	2,00	1,90	80,48	79,20	86,00	85,08
No.4	4,76	-	35,00	350,0	14,00	14,00	10,00	99,08
No.8	2,38	-	-	-	-	-	10,00	99,08
No.16	1,19	-	-	-	-	-	10,00	99,08
Wadah			-	23,0	Total		39,15	388,20
Total			2,500,0	2,500,0	Total		2	
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	Sa mp el1	Sa mp el2	Sa mp el1	Sa mp el2	Sa mp el1	Sa mp el2
-	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	-	10,30	187,0	20,60	37,40	26,00	47,80
No.50	0,27	-	18,60	128,0	37,20	25,60	63,20	73,40
No.100	0,14	-	14,40	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		28	323

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

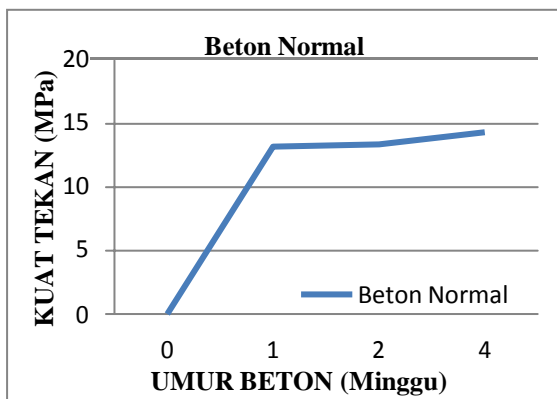
Komposisi	Kampisisi Substitusi Serbuk Kaca Terhadap Berat Agregat Halus				Satuan
	Campuran 0%	Campuran 4%	Campuran 6%	Campuran 8%	
Semen	3,6	3,6	3,6	3,6	kg
Air	2,3	2,3	2,3	2,3	kg
Agregat Halus	8	7,8	7,62	7,52	kg
Agregat Kasar	11,9	11,9	11,9	11,9	kg
Serbuk Kaca	0	0,32	0,5	0,6	kg

**3 Pengujian Kuat Tekan Beton**

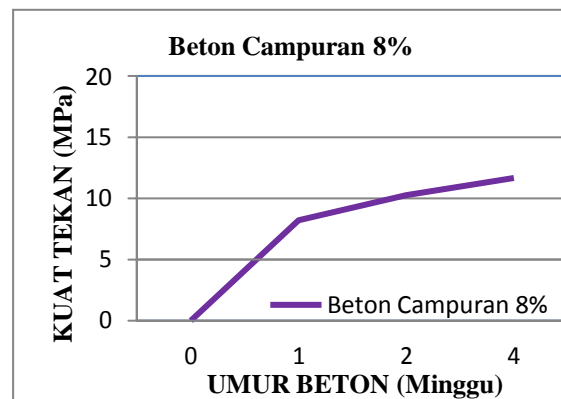
**Tabel 17** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

% 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
<b>Rata-Rata</b>	<b>13,21</b>	<b>13,40</b>	<b>14,53</b>
4%	11,32	13,02	11,32
	9,62	10,19	14,15
	10,76	11,32	13,02
<b>Rata-Rata</b>	<b>10,57</b>	<b>11,51</b>	<b>12,83</b>
6%	9,06	10,19	13,59
	9,06	13,02	11,32
	10,19	11,32	12,46
<b>Rata-Rata</b>	<b>9,44</b>	<b>11,51</b>	<b>12,46</b>
8%	8,10	10,00	11,89
	8,20	10,00	11,89
	8,30	10,76	11,20
<b>Rata-Rata</b>	<b>8,20</b>	<b>10,25</b>	<b>11,66</b>

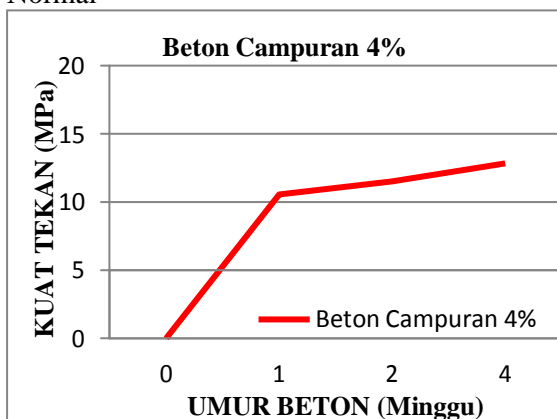
	0	0	(saringan	6,6	,60
--	---	---	-----------	-----	-----



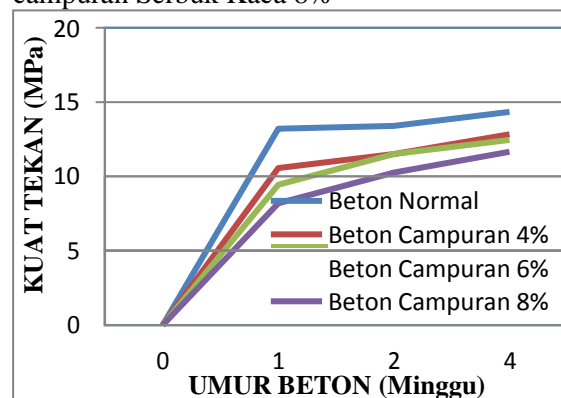
**Gambar 3** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal



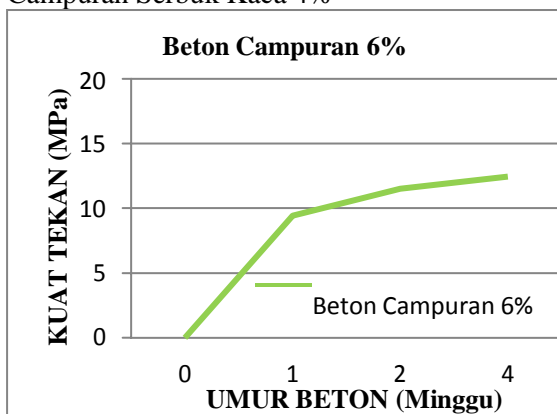
**Gambar 6** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Serbuk Kaca 8%



**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%

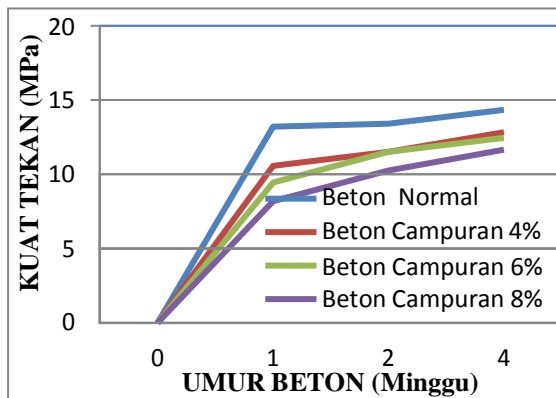
## PENUTUP

### 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 sebagaiberikut:

**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.

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

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