

# Pengaruh *Filler* Serbuk Kaca terhadap Karakteristik Beton Substitusi Pasir Besi dengan Curing Air Panas

Restu Meihadi<sup>1</sup>, Sugito<sup>2\*</sup>,

<sup>1</sup>Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

E-mail:

restu.17311001@student.ubl.ac.id

sugito@ubl.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu beton dengan waktu produksi yang cepat. Bahan campuran berupa serbuk kaca digunakan sebagai *filler* (bahan pengisi) dengan variasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% untuk menentukan kadar *filler* serbuk kaca optimum dan didapat kadar optimum sebesar 3%, kemudian proporsinya dibuat sebagai benda uji untuk pengujian lanjutan dengan curing air panas. Digunakan data sekunder berupa substitusi pasir besi optimum sebanyak 10% dan curing air panas optimum pada suhu 40°C selama 4 jam. Curing air panas dapat mempercepat proses pematangan benda uji yang ditunjukkan dengan kuat tekan rata-rata sebesar 26,69 kg/cm<sup>2</sup> saat benda uji berumur 6 jam. Namun, kuat tekan rata-rata di umur lainnya lebih rendah jika dibandingkan dengan benda uji tanpa curing air panas. Kuat tekan rata-rata benda uji dengan curing air panas saat berumur 1 hari sebesar 93,75 kg/cm<sup>2</sup> (pengaruh penurunannya -22,58%), umur 3 hari sebesar 129,04 kg/cm<sup>2</sup> (pengaruh penurunannya -39,30%), umur 7 hari sebesar 177,56 kg/cm<sup>2</sup> (pengaruh penurunannya -41,70%) dan umur 28 hari sebesar 304,71 kg/cm<sup>2</sup> (pengaruh penurunannya -10,47%). Selain itu, didapat pula hasil rata-rata kuat tarik belah sebesar 17,83 kg/cm<sup>2</sup> dan penyerapan air sebesar 2,48%.

**Kata kunci:** Beton; Curing; Kuat Tarik Belah; Kuat Tekan; Penyerapan Air

## ABSTRACT

*This research aims to improve the quality of concrete with fast production time. A mixture of glass powder is used as a fillers with variations of 1%, 2%, 3%, 4%, 5% and 6% to determine the optimum glass powder filler content and obtain optimum level of 3%, then the proportions are made as a test object for further testing with hot water curing. Secondary data is used in the form of optimum iron sand substitution as much as 10% and curing optimum hot water curing at 40°C for 4 hours. Hot water curing can accelerate the maturation process of test objects indicated by an average compressive strength of 26.69 kg/cm<sup>2</sup> when the test object is 6 hours old. However, the average compressive strength at other ages is lower when compared to test objects without hot water curing. The average compressive strength of test objects with hot water curing at the age of 1 day was 93.75 kg/cm<sup>2</sup> (the effect of the decrease was -22.58%), the age of 3 days was 129.04 kg/cm<sup>2</sup> (the effect of the decrease was -39.30%), the age of 7 days was 177.56 kg/cm<sup>2</sup> (the effect decreased -41.70%) and 28 days of age of 304.71 kg/cm<sup>2</sup> (effect of the decrease -10.47%). In addition, there was also an average splitting tensile strength of 17.83 kg/cm<sup>2</sup> and water absorption of 2.48%.*

**Keywords:;** Concrete; Curing; Compressive Strength; Water Absorption

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Di era modern, banyak bangunan yang menggunakan arsitektur berbahan kaca. Dari bangunan tersebut sudah pasti menghasilkan limbah kaca baik berasal dari proses pembangunan yakni berupa sisa-sisa potongan kaca yang tak terpakai maupun ketika bangunan sudah tidak digunakan atau saat bangunan dibongkar. Limbah kaca tersebut tidak dapat membusuk atau terurai sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan jika terus menerus dibiarkan.

Penggunaan konstruksi beton untuk infrastruktur masih menjadi pilihan. Saat ini, pemerintah juga sedang mengejar pembangunan infrastruktur yang memerlukan dana yang besar serta dukungan teknologi yang mutakhir. Masyarakat pada umumnya menginginkan membangun suatu konstruksi dalam waktu yang cepat. Dengan adanya teknologi, pemilihan beton sebagai material utama yang dapat menyokong dalam pembangunan infrastruktur diharapkan dalam penggunaannya menjadi lebih mudah, lebih cepat, lebih kuat, lebih baik dan tetap ekonomis serta ramah lingkungan.

Peneliti ingin melakukan penelitian terhadap karakteristik (sifat fisik dan mekanik) yang dihasilkan akibat penambahan *filler* serbuk kaca pada beton dengan agregat halus substitusi pasir besi dengan curing air panas. Pasir besi yang digunakan untuk mensubstitusi kebutuhan agregat halus diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton karena butiran halus pada pasir besi akan mengisi rongga udara yang ada pada beton. Serbuk kaca sebagai bahan pengisi (*filler*) dipilih karena sebagai langkah dalam pengurangan limbah kaca yang ada dan juga diharapkan butir halus pada serbuk kaca dapat mengisi sisa-sisa rongga udara pada beton. Selain itu, curing air panas diharapkan mempercepat reaksi pada beton dalam waktu yang singkat untuk mendapatkan performa yang lebih baik. Dengan demikian, akan didapatkan

beton dengan mutu yang meningkat dan dalam waktu produksi yang cepat.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) mengetahui pengaruh *filler* serbuk kaca terhadap karakteristik beton substitusi agregat halus pasir besi; (2) mengetahui perubahan kuat tekan beton akibat adanya variasi pada kadar *filler* serbuk kaca yang digunakan terhadap beton substitusi agregat halus pasir besi; (3) mengetahui kadar serbuk kaca optimum yang menghasilkan kuat tekan paling tinggi; (4) mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari *filler* serbuk kaca optimum terhadap sifat fisik dan mekanik beton agregat halus substitusi pasir besi menggunakan curing air panas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton

Beton adalah material komposit yang mengandung media pengikat (biasanya semen hidrolis dan air), agregat halus (biasanya pasir) dan agregat kasar (biasanya kerikil), dengan atau tanpa bahan tambahan/campuran/ aditif (Bahar dkk., 2004).

### Curing (Perawatan Beton)

Secara umum, curing adalah perawatan beton yang dirancang untuk menjaga kelembaban dan suhu beton agar beton tidak cepat kehilangan air, dilakukan segera setelah selesai proses *finishing* beton dan total waktu *setting* dicapai. Curing bertujuan untuk memastikan hidrasi yang optimal dari senyawa semen (termasuk aditif atau pengganti) sehingga mencapai kualitas beton yang diperlukan serta mencegah penyusutan beton yang berlebihan yang menyebabkan beton retak karena kehilangan air yang cepat atau tidak merata.

### Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi kuat geser pada komponen struktur beton dengan menggunakan agregat ringan. Nilai kuat tarik tidak didapat

langsung dari benda uji, melainkan dari beban benda uji diletakkan secara horizontal sejajar dengan permukaan alat pengukur tekanan pada mesin uji. Nilai kuat tarik belah beton dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

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

Keterangan:

- $f_t$  = kuat tarik belah (MPa).  
 $P$  = beban pada waktu belah (N).  
 $L$  = panjang beban uji (mm).  
 $\pi$  = phi.

### Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dapat diketahui dari pengujian yang dilakukan pada sampel kubus atau silinder dengan tujuan mengetahui sesuai atau tidaknya mutu beton yang telah dibuat sesuai perencanaan. Kuat tekan dapat diuji lebih cepat yaitu saat beton berumur 3 atau 7 hari, dan diubah nya menjadi umur 28 hari dengan spesifikasi tertentu guna mendeteksi jika kualitas beton menurun atau tidak sesuai yang diharapkan maka dapat diperbaiki dengan cepat. Nilai Kuat tekan uniaksial benda uji silinder atau kubus dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

- $\sigma$  = kuat tekan silinder/kubus (MPa atau  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).  
 $P$  = gaya tekan aksial (N atau kg).  
 $A$  = luas penampang silinder/kubus (mm atau cm).

### Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air (absorpsi) dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang terserap ke dalam beton. Semakin kecil nilai penyerapannya maka beton

tersebut semakin kedap terhadap air. Kuat tekan beton secara keseluruhan tergantung pada permukaan dan struktur internal beton (Zhang dan Zhong, 2014). Oleh sebab itu, kekuatan beton tidak dapat dievaluasi dengan penyerapan air. Nilai penyerapan air dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$PA = \frac{Bb - Ba}{Ba} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- $PA$  = penyerapan air (%).  
 $Ba$  = berat awal beton sebelum perendaman (kg).  
 $Bb$  = berat beton setelah perendaman (kg).

### Penelitian Terdahulu

Banyak penelitian yang terkait dengan penggunaan pasir besi, pengaruh suhu curing, pemanfaatan limbah kaca, maupun penambahan *filler* yang dilakukan pada beton. Sumber rujukan yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

Almesfer dan Ingham (2014) melakukan penelitian untuk menguji sifat dasar beton dengan menggunakan 20% limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan halus. Hasil yang diperoleh yaitu kaca limbah memiliki efek negatif pada sifat beton termasuk kandungan udara, kuat tekan, dan kekuatan lentur, selain itu juga berkontribusi pada reaksi alkali-silika yang bermasalah. Penggunaan bahan tambahan sementis seperti *fly ash* atau mikrosilika dapat meningkatkan sifat beton yang memanfaatkan limbah kaca, terutama yang berkaitan dengan penghambatan reaksi alkali-silika.

Anwar (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh limbah serbuk kaca sebagai material *pozzoland* pada beton dengan mengganti semen OPC (grade 43) menggunakan limbah serbuk kaca dengan proporsi 0%, 5% 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% & 50% mutu beton

40 MPa. Penelitian ini memaparkan kelayakan substitusi limbah serbuk kaca menjadi semen untuk mencapai material konstruksi yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Elyamany dkk. (2014) melakukan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh berbagai jenis *filler* terhadap kesegaran dan sifat pengerasan *self-compacting concrete* (SCC) dan *Flow-able concrete*. Dipilih dua kelompok *filler* yaitu kelompok pertama adalah *filler* pozzolan (silica fume dan metakaolin) sedangkan kelompok kedua adalah pengisi non-pozzolan (serbuk batu kapur, debu granit dan debu marmer). Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa jenis *filler* dan kandungan di dalamnya berpengaruh nyata terhadap sifat beton segar dimana *filler* non-pozzolan meningkatkan segregasi dan resistensi bleeding. Umumnya, jenis dan kandungan pengisi berpengaruh signifikan terhadap berat satuan, absorpsi air dan rasio rongga. Selain itu, *filler* non-pozzolan memiliki efek negatif yang tidak signifikan terhadap kuat tekan beton.

Fladr dan Broukalova (2019) melakukan penelitian yang berfokus terhadap beton kinerja tinggi (*High-Performance Concrete*). Setiap set diawetkan dengan temperatur yang berbeda, yaitu 20°C (sampel referensi), 50°C dan 80°C (pengeringan suhu tinggi dan sangat tinggi) dan 10°C (simulasi pembetonan dalam kondisi musim dingin). Kesimpulan umum yang jelas tentang pengaruh perlakuan suhu terhadap kekuatan tarik tampaknya tidak dapat dibuat. Fenomena ini tidak sistematis dan bervariasi untuk berbagai jenis komposit semen dan komposisinya.

Largeau (2018) melakukan penelitian mengenai pengaruh serbuk besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebagian digunakan sebagai pengganti semen terhadap sifat fisik dan mekanik beton. Semen Portland disubstitusi dengan serbuk besi sebanyak 1,5%, 2,5%, 3,5% dan 5%. Penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk besi dapat meningkatkan kinerja beton dengan menggunakan material

mikro-partikel sebagai pengganti parsial semen *portland*.

Malik (2013) melakukan penelitian menggunakan limbah kaca untuk menggantikan sebagian agregat halus dalam beton. Agregat halus diganti dengan bubuk kaca limbah sebanyak 10%, 20%, 30% dan 40% berat untuk campuran 25 MPa. Hasil penelitian yaitu dengan meningkatnya kadar limbah kaca, persentase penyerapan air menurun, kemampuan kerja campuran beton meningkat dengan peningkatan kandungan kaca limbah serta kekuatan tarik belah menurun dengan bertambahnya kandungan kaca limbah.

Mooy dkk. (2017) meneliti pengaruh temperatur curing terhadap kuat tekan beton. Dengan metode *long-period steam curing* dan metode *maturity* untuk memperkirakan kuat tekan beton sebesar 27,06 MPa. Perbandingan kenaikan kuat tekan beton biasa, suhu rendah dan suhu tinggi adalah 0,85: 0,94: 1,14.

Noori dan Ibrahim (2018) meneliti tentang pemanfaatan limbah besi dalam beton sebagai pengganti sebagian pasir. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa 12% limbah besi lebih efisien dibandingkan persentase lainnya dalam hal kuat tekan dan kuat tekuk karena memperoleh kekuatan maksimal dalam waktu yang paling singkat, bahkan besi limbah besi lebih dari 12% menyebabkan kekuatan beton berkurang.

Othman dkk. (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui potensi abu cangkang kerang sebagai alternatif pengganti semen parsial atau bahan pengisi (*filler*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika 5% dan 10% abu cangkang dicampurkan, struktur morfologinya tampak kompak yang mempengaruhi kekuatan, modulus elastisitas, permeabilitas dan porositas beton.

Purnomo dan Hisyam (2014) mengganti sebagian semen menggunakan serbuk kaca, dengan menggunakan beberapa persentase yaitu masing-masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5%,

10%, 12,5% dan 15%. Berdasarkan hasil penelitian, didapat kuat tekan 23,20 pada beton dengan 0% serbuk kaca, 20,28 MPa pada 2,5%, 20,37 MPa pada 5%, 20,56 MPa pada 7,5%, 21,41 MPa pada 10%, dan 18,49 MPa 12,5% dan 16,69 MPa pada 15% serbuk kaca. Nilai kuat tarik belah sebesar 2,55 MPa pada beton dengan serbuk kaca 0%, 2,69 MPa pada 2,5%, 2,62 MPa pada 5%, 2,45 MPa pada 7,5%, 2,78 MPa pada 10%, 2,43 MPa pada 12,5% dan 2,19 MPa pada 15%.

Sudjati et al. (2015) melakukan penelitian dimana 5% berat semen ditambahkan ke dalam campuran semen tanpa menggunakan bahan tambahan dan dengan menggunakan penambahan silica fume. sebagian pasir pada campuran beton digantikan dengan serbuk kaca dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari volume pasir. Dari pengujian diperoleh massa jenis beton yang mengandung silica fume mengalami peningkatan rata-rata sebesar 21,16% dibandingkan dengan kuat tekan pada beton yang tidak terdapat kandungan silica fume di dalamnya. Modulus elastisitas sampel yang menggunakan bubuk silikon rata-rata meningkat sebesar 23,79%. Kekuatan tarik sampel yang diberi perlakuan bubuk silikon rata-rata meningkat 18,91%. Tingkat penyerapan air dari sampel silica fume yang diberikan rata-rata berkurang sebesar 9,90%.

Tang dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui ketahanan beton terhadap suhu dan kelembaban aktual lingkungan terowongan, penelitian ini mengkaji sifat mekanik, permeabilitas ion klorida, modulus elastisitas relatif dinamis, dan rasio kehilangan massa benda uji beton yang diawetkan pada suhu yang bervariasi dari normal, 40, 60, 75, dan 90°C, dan kelembaban dijaga pada 90% terus menerus. Hasil percobaan mengungkapkan bahwa lingkungan pengeringan suhu panas dapat menguntungkan pengembangan kekuatan tahap awal tetapi mengurangi kekuatan jangka panjang. Terbukti bahwa

60°C adalah titik kritis. Di atas 60°C, kekuatan bahan beton dan ketahanannya terhadap permeabilitas ion klorida menunjukkan kecenderungan menurun.

Tian dkk. (2016) melakukan penelitian untuk mengevaluasi kinerja modifikasi beton dengan pencampuran tailing bijih besi untuk mengatasi kekurangan pasir alam dan memanfaatkan limbah industri secara maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja beton pengganti 35% tailing bijih besi pada dasarnya setara dengan beton pasir alam. Oleh karena itu, dapat digunakan dalam aplikasi teknik.

Ugama dkk. (2017) melakukan eksperimen untuk mengetahui kesesuaian tailing bijih besi (*Iron of Tailing*) sebagai pengganti agregat halus pasir untuk beton yang digunakan pada perkerasan kaku. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kemampuan kerja beton berkurang dengan meningkatnya persentase tailing bijih besi dalam campuran.

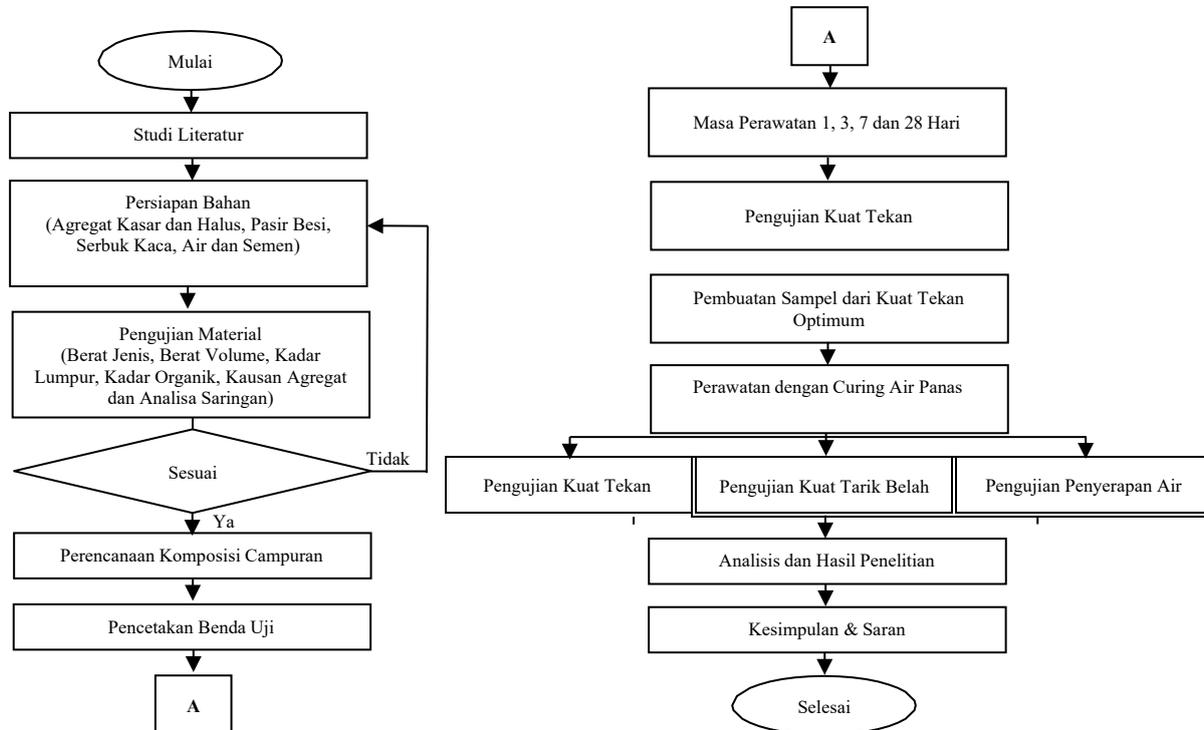
## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung. Sebelum proses pembuatan benda uji, dilakukan pengujian karakteristik material untuk mengetahui *properties* dari material yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji berbentuk silinder beton menggunakan substitusi pasir besi optimum dari data sekunder sebanyak 10% dengan variasi *filler* 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dan dilakukan pengujian kuat tekan saat benda uji berumur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Dari hasil kuat tekan didapat kadar optimum *filler* serbuk kaca yang kemudian dibuat benda uji dengan perendaman pada air panas pada suhu 40°C selama 4 jam yang didapat dari data sekunder. Benda uji dengan metode curing air panas akan dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian sifat fisik berupa penyerapan air dan pengujian sifat mekanik

berupa kuat tekan dan kuat tarik belah. Dari hasil pengamatan diharapkan dapat mengetahui pengaruh *filler* serbuk kaca terhadap karakteristik beton substitusi

agregat halus pasir besi dengan curing air panas.

Rencana penelitian ini disusun melalui bagan alir yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian antara lain ayakan (digunakan ayakan kayu dan ayakan 100 mesh), timbangan digital, *mold* silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm serta diameter 8,25 cm dan tinggi 16,9 cm, *Universal Testing Machine* (UTM) sebagai alat uji kuat tekan maupun kuat tarik belah, dan alat pendukung lainnya.

Bahan pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah semen *portland* jenis PCC dengan merk dagang Semen Baturaja kemasan 50 kg, agregat kasar dengan distribusi agregat maksimal 20 mm, agregat halus yaitu pasir gunung sugih pada zona 2 (sedang), air bersih yang ada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung, pasir besi yang berasal dari wilayah Lampung Barat digunakan untuk mensubstitutsi kebutuhan agregat halus dengan persentase dari data sekunder sebesar 10% dan serbuk kaca dengan

perbandingan lolos saringan nomor 100 : lolos saringan nomor 200 yaitu sebanyak 1 : 2 yang dipakai sebagai *filler* dengan variasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% terhadap kebutuhan agregat total.

### Tahapan Penelitian di Laboratorium

Beberapa tahap dalam penelitian yaitu (1) pengujian karakteristik material pada agregat kasar berupa pengujian kadar air, berat jenis, penyerapan air, berat volume, kadar lumpur dan pengujian dengan mesin *Loss Angeles* untuk mengetahui nilai keausan, serta pengujian pada agregat halus berupa kadar air, berat jenis, penyerapan air, berat volume, kadar lumpur dan kadar organik; (2) penentuan *workability* pada campuran beton normal melalui *slump test*; (3) pembuatan sampel pengujian kuat tekan dan penyerapan air berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm, serta sampel untuk pengujian kuat tarik belah berbentuk silinder ukuran 8,25 cm x 16,9 cm. Pengujian terhadap kuat tekan dilakukan

pada benda uji saat berumur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari, sedangkan pengujian kuat tarik belah dan penyerapan air saat benda uji berumur 28 hari; (4) perawatan (curing) dilakukan pada seluruh benda uji kecuali untuk pengujian umur 1 hari pada suhu ruang, untuk curing air panas pada sampel beton dengan kadar *filler* serbuk kaca optimum. dilakukan selama 4 jam pada suhu 40°C

### Benda Uji Penelitian

Variasi benda uji dibuat berdasarkan kebutuhan untuk menentukan kadar optimum *filler* serbuk kaca melalui pengujian kuat tekan. Pengujian lanjutan dilakukan setelah diketahui kadar optimum *filler* serbuk kaca. Variasi benda uji penelitian disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Variasi Sampel Benda Uji Kuat Tekan untuk Menentukan *Filler* Serbuk Kaca Optimum

Usia Beton (Hari)	Variasi Sampel Benda Uji Kuat Tekan					
	Persentase <i>Filler</i> Serbuk Kaca terhadap Beton dengan Substitusi Pasir Besi Optimum					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%
1	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2
28	2	2	2	2	2	2
Total Sampel	8	8	8	8	8	8
48 Sampel						

Tabel 2. Variasi Sampel Benda Lanjutan Menggunakan *Filler* Serbuk Kaca Optimum dan Curing Air Panas

No.	Jenis Pengujian	Pengujian pada Umur (hari)	Jumlah Sampel tiap Pengujian per Umur Sampel	Total
1	Kuat Tekan	0, 1, 3, 7, 28	2	16 Sampe
2	Kuat Tarik Belah	28	3	
3	Penyerapan Air	28	3	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian karakteristik material disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Material Campuran di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

Jenis Pengujian	Hasil			
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Pasir Besi	Serbuk Kaca
1. Berat Jenis				
a. Berat jenis bulk	2,524	2,611	4,346	2,478
b. berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2,573	2,635	4,373	2,501
c. Berat jenis semu	2,654	2,675	4,465	2,535
c. Penyerapan (%)	1,952	0,918	0,614	0,908
2. Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,307	1,472	2,413	-
3. Kadar Lumpur (%)	0,578	0,442	-	-
4. Keausan/Abrasi (%)	15,706	-	-	-
5. Kadar Organik	Kriteria warna 1 dan 2			

### Hasil Mix Design

Perhitungan *mix design* dengan mutu 27,5 MPa atau sebanding dengan 280,33 kg/cm<sup>2</sup> dilakukan berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 dan didapat hasil yaitu kebutuhan agregat kasar sebanyak 63% dan agregat halus sebanyak 37% dari total kebutuhan agregat. Agregat yang digunakan pada campuran dalam kondisi SSD.

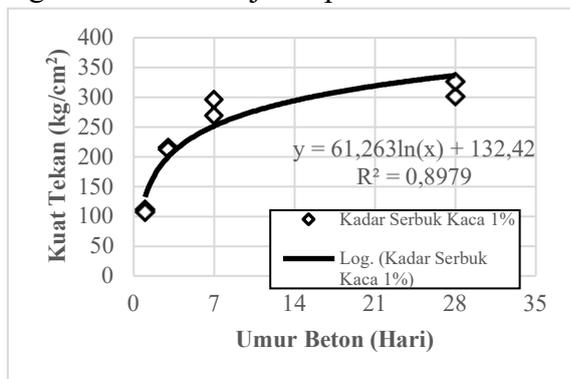
### Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan dua tujuan, yaitu menentukan kadar optimum *filler* serbuk kaca yang akan digunakan dalam pengujian lanjutan (pengujian kuat tarik belah dan penyerapan air) serta mengetahui perbandingan nilai kuat tekan tanpa dan dengan metode perawatan (*curing*) menggunakan air panas. Rekapitulasi nilai kuat tekan yang digunakan untuk mencari kadar optimum *filler* serbuk kaca disajikan dalam Tabel 4.

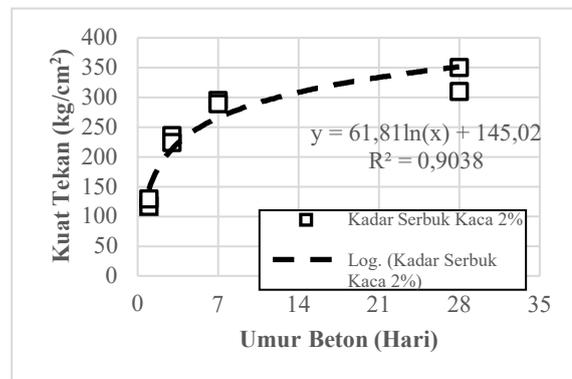
Tabel 4. Rekapitulasi Kuat Tekan untuk Menentukan Kadar Optimum *Filler* Serbuk Kaca

Rekapitulasi Kuat Tekan Benda Uji (kg/cm <sup>2</sup> )						
Umur Beton (hari)	Variasi <i>Filler</i> Serbuk Kaca					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%
1	112,16	116,54	121,61	119,30	84,65	84,96
1	107,37	128,77	120,58	108,12	84,58	73,48
3	216,05	235,46	228,27	215,05	174,59	166,14
3	212,51	224,18	196,92	215,09	179,16	168,62
7	269,79	294,47	284,80	282,28	204,80	237,77
7	295,44	289,20	324,28	303,07	206,29	233,48
28	301,42	309,85	305,04	332,87	332,87	332,70
28	325,91	349,98	375,65	317,32	317,32	319,40

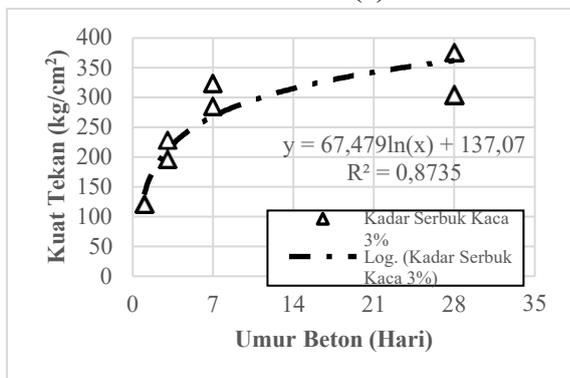
Dari data pada Tabel 4, analisis terhadap nilai kuat tekan dilakukan untuk menentukan kadar optimum *filler* serbuk kaca dengan menggunakan bantuan grafik logaritmik dan hasil pengolahan data disajikan pada Gambar 2.



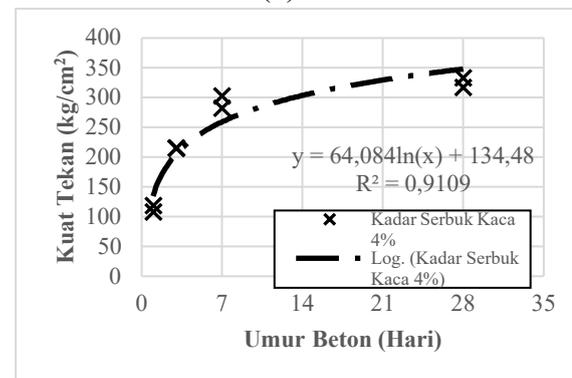
(a)



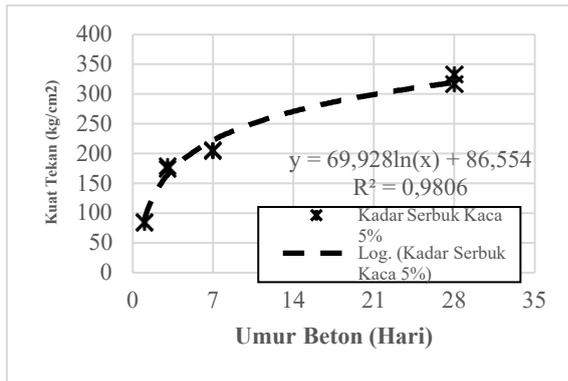
(b)



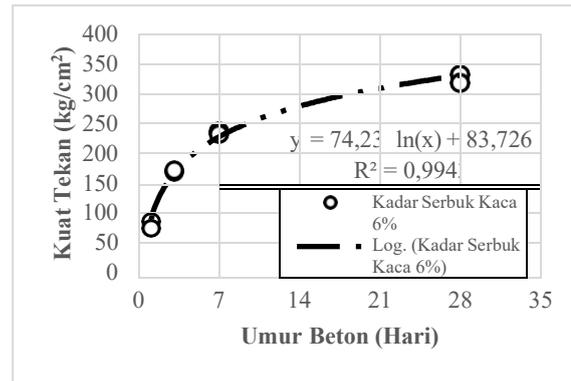
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3. Grafik Persamaan Kuat Tekan pada Variasi Serbuk Kaca (a) 1%, (b) 2%, (c) 3%, (d) 4%, (e) 5% dan (f) 6%

Pada Gambar 2 menunjukkan nilai persamaan berdasarkan masing-masing variasi *filler* dan selanjutnya digunakan

untuk menentukan kadar optimum *filler* serbuk kaca yang penjelasannya dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Data untuk Menentukan Kadar Optimum *Filler* Serbuk Kaca

Item	Variasi <i>Filler</i> Serbuk Kaca						
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	
R <sup>2</sup>	0,898	0,904	0,874	0,911	0,981	0,994	
Persamaan Kuat Tekan (y)	61,263ln(x)+13,242	61,81ln(x)+14,502	67,479ln(x)+13,707	64,084ln(x)+13,448	69,928ln(x)+86,554	74,233ln(x)+83,726	
Substitusi nilai x ke persamaan y, untuk x (umur beton dalam satuan hari) =							
x=	1	132,420	145,020	137,070	134,480	86,554	83,726
	3	199,724	212,925	211,203	204,883	163,378	165,279
	7	251,632	265,297	268,378	259,182	222,628	228,177
	28	336,561	350,984	361,924	348,021	319,568	331,086
Rata-rata Nilai y	230,084	243,556	244,644	236,642	198,032	202,067	

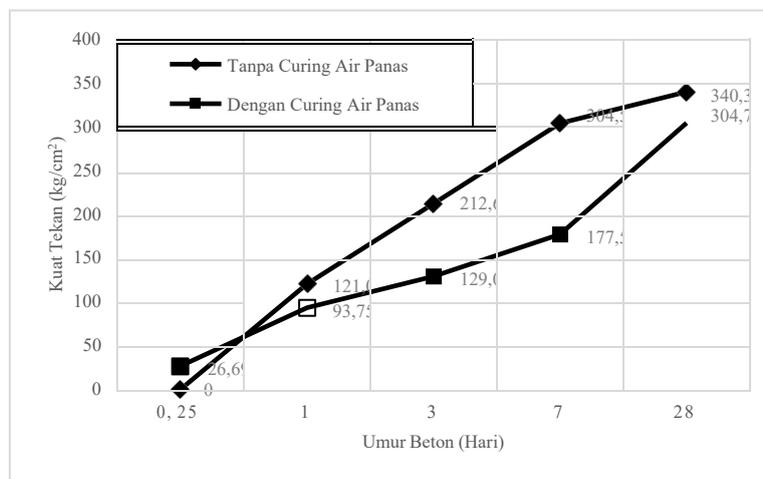
Pada Tabel 5 menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi saat pengujian di umur 1 dan 3 hari pada kadar *filler* serbuk kaca 2%, sedangkan di umur 7 dan 28 hari kuat tekan rata-rata tertinggi mengalami terdapat di kadar serbuk kaca 3%. Oleh karena itu, alternatif yang dipilih yaitu dengan menentukan kuat tekan rata-rata maksimum dari seluruh umur pada sampel pengujian dan hasil menunjukkan kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 244,644 kg/cm<sup>2</sup> terdapat pada variasi *filler* serbuk kaca 3%.

Variasi *filler* serbuk kaca 3% merupakan nilai tertinggi dari kuat tekan rata-rata seluruh umur benda uji dan digunakan sebagai kadar optimum *filler* serbuk kaca, kemudian dilakukan pembuatan sampel pengujian lanjutan terdiri dari pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah dan penyerapan air yang diberi perlakuan curing air panas. Sebelumnya telah didapat data sekunder yang hasilnya menyatakan bahwa perawatan (curing) dengan menggunakan air panas pada suhu 40°C selama 4 jam. Untuk

proporsi campuran pada pengujian lanjutan dengan hasil pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Kuat Tekan Benda Uji dengan dan Tanpa Curing Air Panas

No.	Umur (hari)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )			Persentase Penurunan
		Tanpa Curing Air Panas	Dengan Curing Air Panas	Selisih (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	0,25	-	26,69	-	-
2	1	121,09	93,75	27,34	22,58%
3	3	212,60	129,04	83,55	39,30%
4	7	304,54	177,56	126,98	41,70%
5	28	340,35	304,71	35,64	10,47%



Gambar 3. Grafik perbandingan Kuat tekan rata-rata Benda Uji dengan dan Tanpa Curing Air Panas

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 3 terdapat beberapa perbedaan diantaranya pada beton yang dilakukan perawatan dengan curing air panas saat berumur 0,25 hari (6 jam) sudah dapat dilakukan pengujian kuat tekan dan didapat nilai sebesar 26,69 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk pengujian kuat tekan beton tanpa perawatan curing air panas tidak dapat dilakukan dikarenakan beton secara visual belum mengeras sehingga tidak dilakukan

pengujian. Selain itu, perbandingan terlihat pada saat beton berumur 1 hari, 3 hari dan 7 hari terjadi penurunan rerata kuat tekan yang persentasenya cukup besar. Namun, pada saat umur beton mencapai 28 hari, nilai kuat tekan rata-rata antara benda uji tanpa perawatan curing air panas dan benda uji dengan perawatan curing air panas lebih sedikit selisihnya dibandingkan umur lainnya.

## Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Curing Air Panas

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Kode Sampel	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik Belah Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Sampel 1	25,00	17,83
Sampel 2	21,28	
Sampel 3	22,79	

Berdasarkan Tabel 7, didapat kuat tarik belah rata-rata pada benda uji sebesar 17,83 kg/cm<sup>2</sup> (perbandingannya 5,85% dari kuat tekan rata-rata).

## Hasil Pengujian Penyerapan Air

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Penyerapan Air

Jenis Beton	Penyerapan Air (%)			Penyerapan Air Rata-rata (%)
	A	B	C	
Beton Normal	2,92	3,01	2,80	2,91
Beton Pasir Besi Optimum	2,83	2,72	2,93	2,82
Beton Pasir Besi + Serbuk Kaca Optimum	2,34	2,44	2,66	2,48

Tabel 8 menunjukkan bahwa penyerapan air pada beton benda uji dengan substitusi agregat halus menggunakan pasir besi dan bahan tambahan (*filler*) serbuk kaca optimum dengan curing air panas jika dibandingkan dengan hasil pengujian dari data sekunder memiliki nilai penyerapan air yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan kehalusan butir yang terdapat pada pasir besi dan serbuk kaca mampu mengurangi pori/rongga udara yang ada pada beton.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Pengaruh *Filler* Serbuk Kaca terhadap Karakteristik Beton Substitusi Pasir Besi dengan Curing Air Panas”, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu (1) pengaruh penambahan *filler* serbuk kaca terhadap sifat mekanik beton substitusi agregat halus pasir besi jika ditinjau dari kuat tekan beton memiliki perbedaan kuat tekan di setiap

variasinya yang menunjukkan kenaikan kuat tekan rata-rata jika dibandingkan dengan beton normal dan beton substitusi pasir besi optimum dari data sekunder. Selain itu, jika dibandingkan dengan data sekunder pada proporsi serupa, salah satu sifat fisiknya (penyerapan air) pada benda uji dengan kadar *filler* serbuk kaca optimum dan perlakuan curing air panas menunjukkan nilai penyerapan air yang lebih rendah (lebih kedap air) ; (2) perbedaan variasi *filler* serbuk kaca terhadap beton substitusi agregat halus pasir besi ditinjau dari kuat tekan yaitu memiliki kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari dengan kadar *filler* serbuk kaca 1% sebesar 313,67 kg/cm<sup>2</sup>, 2% sebesar 329,92 kg/cm<sup>2</sup>, 3% sebesar 340,35 kg/cm<sup>2</sup>, 4% sebesar 325,09 kg/cm<sup>2</sup>, 5% sebesar 317,67 kg/cm<sup>2</sup> dan 6% sebesar 326,05 kg/cm<sup>2</sup>; (3) pada penggunaan variasi *filler* serbuk kaca jika ditinjau dari hasil pengujian kuat tekan, kadar optimum *filler* serbuk kaca terdapat

pada persentase 3%; (4) perawatan (curing) air panas selama penelitian dengan melakukan tinjauan pada benda uji saat berumur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari memiliki pengaruh positif dan negatif. Pengaruh positif dari perawatan (curing) air panas yaitu dapat mempercepat proses pematangan benda uji dan pelepasan benda uji dari cetakan dapat dilakukan lebih cepat. Hal ini nantinya dapat diaplikasikan dalam dunia konstruksi seperti dalam pembuatan beton pra-cetak yang menginginkan jumlah produksi dalam jumlah banyak dan dalam waktu yang singkat. Selain itu, terdapat juga pengaruh negatif dari perawatan (curing) air panas pada benda uji yaitu adanya penurunan nilai kuat tekan jika dibandingkan dengan benda uji tanpa curing air panas. Dengan demikian, perlakuan curing air panas dapat mempercepat proses pematangan benda uji, bukan meningkatkan kuat tekannya.

Beberapa saran penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu perlunya peninjauan terhadap kuat tekan beton dengan umur lebih dari 28 hari karena saat pengujian kuat tekan di umur 28 hari dengan curing air panas, nilai kuat tekannya mendekati nilai kuat tekan tanpa curing air panas. Selain itu, untuk pengembangan penelitian ini diharapkan dilakukannya perbandingan penelitian menggunakan semen dengan merek lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Almesfer, N., & Ingham, J. (2014). Effect of Waste Glass on the Properties of Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(11), 06014022. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001077](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001077)
- Anwar, A. (2016). The influence of waste glass powder as a pozzolanic material in concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 7(6), 131–148.
- Bahar, S., Nur, A. F., Suhandana, R., & Kurniawati, E. (2004). *Pedoman Pekerjaan Beton PT. Wijaya Karya*.
- Elyamany, H. E., Abd Elmoaty, A. E. M., & Mohamed, B. (2014). Effect of filler types on physical, mechanical and microstructure of self compacting concrete and Flow-able concrete. *Alexandria Engineering Journal*, 53(2), 295–307. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2014.03.010>
- Fladr, J., & Broukalova, I. (2019). Influence of curing temperature on the mechanical properties of high-performance concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 583(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/583/1/012011>
- Largeau, M. A. (2018). *Effect of iron Powder Partially Used as Portland Cement Replacement on the Structural Properties of concrete Master of Science in Civil Engineering ( Structural Option ) Pan African University Institute of Science , Technology* [Pan African University]. <https://pdfs.semanticscholar.org/93e8/a409c12755854f9e156f616cab68f3f27f29.pdf>
- Malik, M. I. (2013). Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates. *IOSR Journal of Engineering*, 3(7), 08–13. <https://doi.org/10.9790/3021-03760813>
- Mooy, M., Simatupang, P. H., & Frans, J. H. (2017). Pengaruh Suhu Curing Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), 47–60. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25769.65123>
- Noori, K. M., & Ibrahim, H. H. (2018). Mechanical Properties of Concrete Using Iron Waste as a Partial Replacement of Sand. *Eurasian Journal of Science & Engineering*, 3(3), 75–82. <https://doi.org/10.23918/eajse.v3i3p75>
- Othman, N. H., Bakar, B. H. A., Don, M.

- M., & Johari, M. A. M. (2013). Cockle Shell Ash Replacement for Cement and Filler in Concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 25(2), 201–211.  
<https://doi.org/10.11113/mjce.v25n2.303>
- Purnomo, H., & Hisyam, E. S. (2014). Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kekuatan. *Jurnal Fropil Vol 2 Nomor 1 Januari-Juni 2014*, 2, 45–55.
- SNI 03-1729-2002, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- Sudjati, J. J., Suwignyo, G. A. L., & Atmaja, A. E. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus dengan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103. <https://doi.org/1411-660X>
- Tang, Y., Su, H., Huang, S., Qu, C., & Yang, J. (2017). Effect of Curing Temperature on the Durability of Concrete under Highly Geothermal Environment. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017.  
<https://doi.org/10.1155/2017/7587853>
- Tian, Z. X., Zhao, Z. H., Dai, C. Q., & Liu, S. J. (2016). Experimental Study on the Properties of Concrete Mixed with Iron Ore Tailings. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016.  
<https://doi.org/10.1155/2016/8606505>
- Ugama, T. ., Ejah, S. ., & Amartey, D. . (2017). *Effect of Iron Ore Tailing on the Flexural Strength*. 5(Xii), 2773–2778.
- Zhang, S. P., & Zong, L. (2014). Evaluation of relationship between water absorption and durability of concrete materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014.  
<https://doi.org/10.1155/2014/650373>