

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM DAN SERBUK KACA TERHADAP KUAT TEKAN DAN BERAT JENIS BETON

Ni Komang Ayu Agustini¹⁾, Putu Aryastana¹⁾

1) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali

kmgayuagustini@gmail.com

ABSTRACT

Concrete production is identical to environmentally destructive starting from the process of stone blasting, burning process and carbon emissions in the air. The production of cement was declared as the world's second largest contributor of 7% of carbon emissions in the world after the power plant is therefore needed innovation of environmentally friendly concrete for the sustainability of infrastructure development without damaging the environment. Glass powder and ash husk can be used as partial substitution of cement as an alternative solution environmental problems. Both materials are expected to function as filler because it has potential as pozzolan materials.

This study was conducted on the compressive strength and the properties of normal concrete materials against the effect of using husk ash and glass powder on concrete mixture at the Laboratory of Civil Engineering Department of Warmadewa University. The test was performed on 7 days concrete with variation of the addition of husk ash and glass powder by 5%, 10%, 15%, 20% and 25% by weight of cement

Replacement of husk ash and glass powder to the weight of cement affects the compressive strength and specific gravity of the concrete. The strength of concrete with glass powder showed to have a higher compressive strength when compared to the compressive strength of husk ash ash. The maximum strength of concrete with glass powder is obtained at 10% when the maximum strength of concrete with the husk ash was added of 5%. In addition, on the specific gravity of concrete obtained the optimum value when the addition of glass powder and concrete respectively by 20% and 5%.

Keyword: husk ash, glass powder, specific gravity of concrete, compressive strength of concrete

ABSTRAK

Produksi beton identik dengan merusak lingkungan semata mulai dari proses menggali kapur, proses pembakaran dan emisi karbon diudara. Produksi semen pun dinyatakan sebagai penyumbang 7% emisi karbon terbesar urutan kedua didunia setelah pembangkit listrik oleh sebab itu diperlukan inovasi beton ramah lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan Serbuk kaca dan abu sekam dapat digunakan sebagai substitusi parsial semen sebagai alternatif solusi permasalahan lingkungan. Kedua material tersebut diharapkan berfungsi sebagai filler karena memiliki potensi sebagai material pozolan.

Penelitian ini dilakukan terhadap kuat tekan dan sifat material beton normal terhadap efek penggunaan abu sekam dan serbuk kaca pada campuran beton di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dengan variasi penambahan abu sekam dan serbuk kaca sebesar 5%, 10%,15%,20% dan 25% dari berat semen. Selain itu juga dibuat campuran beton kontrol (tanpa penambahan material alternatif).

Penambahan abu sekam dan serbuk kaca terhadap berat semen mempengaruhi kuat tekan dan berat jenis dari beton. Kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kaca terbukti memiliki kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kuat tekan beton abu sekam. Kuat tekan maksimum beton dengan serbuk kaca diperoleh saat penambahan 10% sedangkan abu sekam diperoleh saat penambahan 5%. Selain itu pada berat jenis beton diperoleh nilai optimum saat penambahan serbuk kaca dan beton berturut-turut sebesar 20% dan 5%.

Kata kunci: abu sekam, serbuk kaca, berat jenis beton, kuat tekan beton

1 PENDAHULUAN

Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Meningkatnya permintaan beton menjadikan tingginya keperluan bahan dasar penyusunnya. (Mulyono, 2005) menyatakan bahwa produksi beton identik dengan merusak lingkungan semata mulai dari proses menggali kapur, proses pembakaran dan emisi karbon diudara. oleh sebab itu diperlukan inovasi beton ramah lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan.

Karwur, dkk (2013) dan Purnomo & Hisyam (2014) menyebutkan penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen sebagai alternatif solusi permasalahan lingkungan. Unsur kimia yang terkandung dalam serbuk kaca hampir sama dengan unsur kimia yang terdapat dalam semen. G. Vijayakumar, dkk (2013) menekankan penggunaan serbuk kaca meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton ketika dibandingkan dengan beton normal. Penggunaan serbuk kaca yang halus menunjukkan sifat filler seperti pozolan sehingga tingkat kehalusan dari serbuk kaca sangat berpengaruh. (Gunalaan Vasudevan & Seri Ganis Kanapathy pilay, 2013)

Selain serbuk kaca, material lainnya yakni abu sekam. Abu sekam padi merupakan material yang bersifat pozzolanic dalam arti kandungan material terbesarnya adalah silika dan baik untuk digunakan dalam campuran pozzolan-kapur yaitu mengikat kapur bebas yang timbul pada waktu hidrasi semen (Hidayat, 2011).

Dalam tulisan ini dilakukan penelitian terhadap kuat tekan dan sifat material beton lainnya terhadap efek penggunaan abu sekam dan serbuk kaca pada campuran beton. Rancangan campuran beton normal dibuat sesuai prosedur dinas pekerjaan umum dengan kuat tekan rencana 20 Mpa. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dengan variasi penambahan abu sekam dan serbuk kaca sebesar 5%, 10%,15%,20% dan 25% dari berat semen. Selain itu juga dibuat campuran beton kontrol (tanpa penambahan material alternatif) yang nantinya dipakai sebagai pembanding.

2 KAJIAN PUSTAKA

Beton terbuat dari campuran tiga atau empat jenis campuran dasar, umumnya dinamakan material penyusun beton. Material tersebut yakni semen hidraulis (semen portland), agregat, air dan bahan tambah (opsional).

Beton telah lama digunakan sebagai material konstruksi karena kelebihanannya seperti kemudahan dalam menemukan material penyusun dan serta sifat properties beton yang sangat baik. Untuk mendapatkan kekuatan maksimum pada beton maka diperlukan pengenalan terhadap proses pembuatan beton dan sifat material penyusun beton (Popovics, 1992).

2.1 Pengerjaan Beton

Mulyono (2005) menjelaskan pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan, pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengolahan beton perlu diperhatikan. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaannya tidak dikontrol dengan baik, kemungkinan dihasilkannya beton yang tidak sesuai. Adapun tahapan pelaksanaan dilapangan meliputi: (a) persiapan; (b) penakaran; (c) pengadukan (*mixing*); (d) penuangan dan pengecoran (*placing*); (e) pemadatan (*vibrating*); (f) penyelesaian akhir (*finishing*) dan (g) perawatan (*curing*).

Tiga sifat penting yang harus diperhatikan dalam pengerjaan beton segar adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), pemisahan kerikil (*segregation*) dan naiknya air (*bleeding*).

2.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

f'_c = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2.3 Pencampuran Beton

Setelah didapatkan proporsi yang sesuai secara teoritis, maka hasil tersebut dilakukan pencampuran didalam laboratorium dengan membuat silinder beton. Langkah-langkah pelaksanaan meliputi:

1. Timbang proporsi dari bahan-bahan pencampur dalam satuan berat (kg) atau untuk beberapa silinder beton.

2. Masukkan proporsi tersebut kedalam mixer sesuai dengan tata cara pengadukan beton segar.
3. Uji kelecakannya dengan uji slump dan masukkan adukan ke dalam cetakan silinder.
4. Buka cetakan setelah 24 jam., lakukan perawatan.
5. Lakukan uji tekan pada umur 28 hari. Jika ingin diketahui hasil yang cepat, uji kuat tekan dapat dilakukan pada umur 3, 7 dan 14 hari dengan mengkorelasikan hasilnya.

2.4 Pengujian slump

Percobaan slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Percobaan ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung yang memiliki diameter atas 10cm dan bawah 20 cm dengan tinggi 30cm dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang 60 cm.

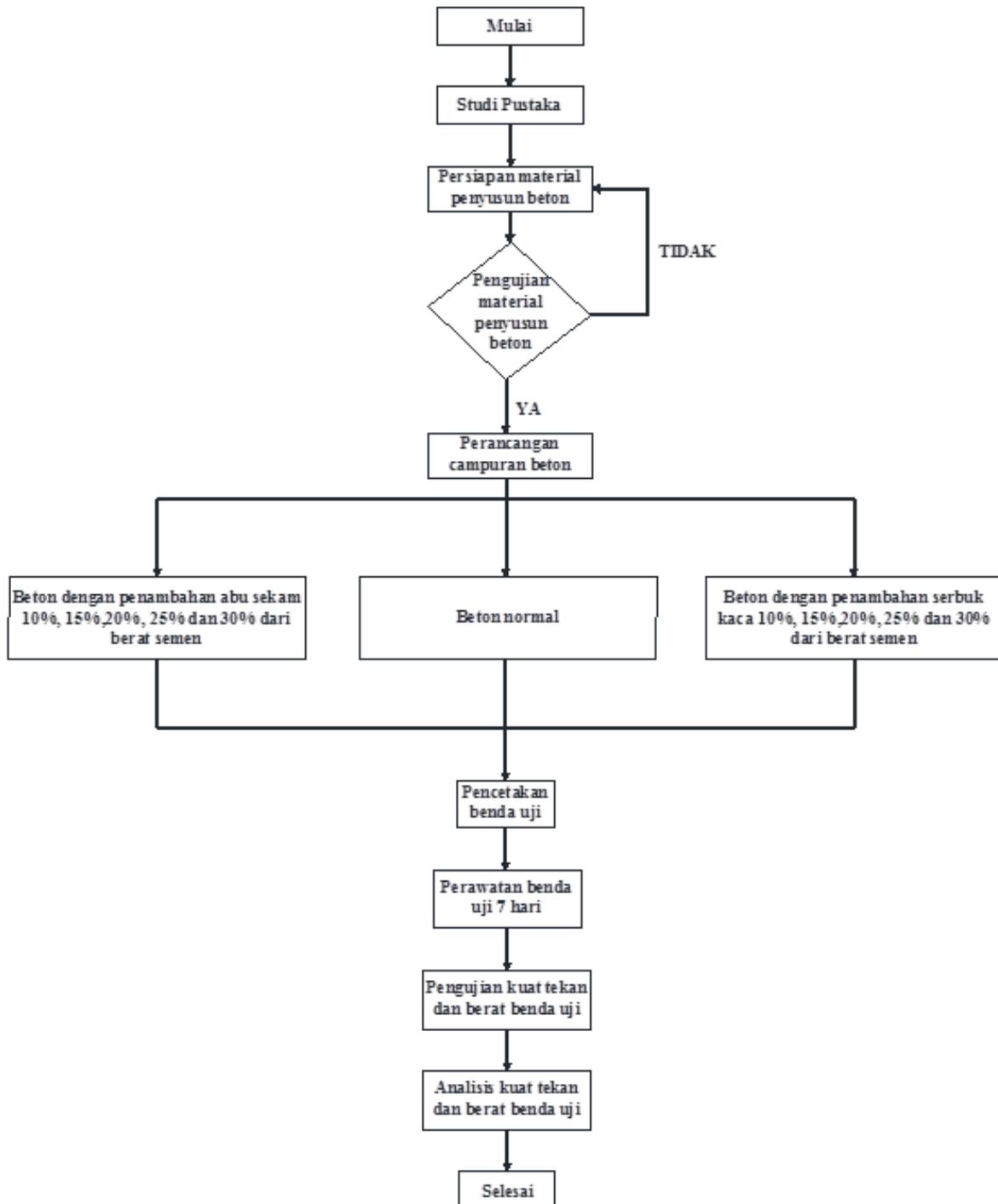
2.5 Perawatan benda uji

Pemilihan metode perawatan mempertimbangkan biaya yang digunakan. Perawatan dengan pembasahan biasa dilakukan dilaboratorium. Metode ini biasa

dilakukan dengan beberapa cara yakni menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab, dalam genangan air, dalam air, menyelimuti permukaan beton dengan air, dengan karung basah dan menyirami permukaan beton secara kontinyu.

3 METODE PENELITIAN

Rancangan campuran beton normal dibuat sesuai prosedur dinas pekerjaan umum dengan kuat tekan rencana 20 Mpa. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dengan variasi penambahan abu sekam dan serbuk kaca sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Selain itu juga dibuat campuran beton kontrol (tanpa penambahan material alternatif) yang nantinya dipakai sebagai pembanding. Masing –masing campuran beton dibuat 3 jenis benda uji. Gambar 1 menunjukkan diagram tahapan pelaksanaan penelitian meliputi kajian pustaka, persiapan material penyusun beton, pengujian material, pembuatan job mix beton, pencetakan, perawatan, pengujian kuat tekan benda uji. Tabel 1 menunjukkan variasi benda uji dan jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian. Masing-masing persentase penambahan serbuk kaca dan semen dibuat sejumlah 3 buah dan hasilnya dirata-ratakan.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian material penyusun beton

Pengujian material penyusun beton meliputi kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, berat isi dan gradasi pada agregat kasar dan halus.

Tabel 1 Total benda uji penelitian

kadar serbuk kaca terhadap semen (%)		Kebutuhan benda uji pada umur beton 7 hari	kadar abu sekam terhadap semen (%)		Kebutuhan benda uji pada umur beton 7 hari
sem en	Serb uk kaca	umur beton 7 hari	sem en	Abu seka m	umur beton 7 hari
100	0	3	100	0	-
95	5	3	95	5	3
90	10	3	90	10	3
85	15	3	85	15	3
80	20	3	80	20	3
75	25	3	75	25	3
TOTAL		18	TOTAL		15

4.1.1 Berat jenis dan penyerapan agregat

Tabel 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Uraian	Berat jenis bulk (gr/cm^3)	Berat jenis SSD (gr/cm^3)	Berat jenis semu (Apparent) (gr/cm^3)	Penyerapan (%)
Agregat Halus	2.38	2.45	2.54	2.67
Agregat Kasar	2.67	2.75	2.89	2.88

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh berat jenis bulk, SSD, dan perhitungan apparent didapat hasil pengujian masing-masing untuk agregat halus adalah 2.38 gr/cm^3 , 2.45 gr/cm^3 , 2.54 gr/cm^3 . Berat jenis sesuai standar spesifikasi yaitu 2.58 s/d 2.83 gram/cm^3 .

Sedangkan untuk agregat kasar berturut-turut sebesar 2.67 gr/cm^3 , 2.75 gr/cm^3 , 2.89 gr/cm^3 . Nilai penyerapan agregat halus sebesar 0.62 % dan agregat kasar sebesar 2.88%.

4.1.2 Pengujian berat isi agregat

Data dari hasil pengujian berat isi (Tabel 3) untuk agregat halus didapat nilai berat isi 1.08 gr/cm^3 . menurut SNI 03-1973-1990 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus $0.4-1.9 \text{ g/cm}^3$, maka agregat dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton

Tabel 3 Hasil pengujian berat isi agregat

Keterangan	Berat isi (gr/cm^3)
Agregat Halus	1,08
Agregat Kasar	1,12

4.1.3 Pengujian kadar air dan lumpur agregat

Dari hasil pengujian kadar air dan kadar lumpur untuk agregat halus didapat nilai kadar air adalah 3.63% dan 1.08%. Kadar lumpur agregat halus lebih kecil dari 5% kadar lumpur maksimal seperti yang disyaratkan, sehingga kadar lumpur memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton. Sedangkan untuk agregat kasar diperoleh nilai .kadar air dan lumpur berturut-turut sebesar 1.08% dan 0.89% (Tabel 4). Kadar lumpur agregat kasar lebih kecil dari 1% seperti yang disyaratkan.

Tabel 4 Hasil pengujian kadar air dan kadar lumpur agregat

Keterangan	Kadar air (%)	Kadar lumpur (%)
Agregat Halus	3,63	1,08
Agregat Kasar	4,61	0,89

4.1.4 Pengujian analisa saringan agregat

Data hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5 Dari data hasil pengujian analisa saringan agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa modulus kehalusan agregat halus sebesar 2.73 %. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa pasir termasuk pasir halus/ tipe III.

Tabel 5 Analisa saringan agregat halus

Nomor Ayakan (mm)	Bahan Yang Diayak (1000gr)			
	Berat Pasir Tertinggal	Jumlah Pasir Tertinggal	Jumlah Sisa Ayakan Rata - rata	Jumlah Yang Melalui Ayakan
	(gr)	(%)	(%)	(%)
10	0	0	0	100
4.8	2	0.2	0.2	99.8
2.4	79	7.9	8.1	91.9
1,2	93	9.3	17.4	82.6
0.6	146	14.6	32	68
0.3	159	15.9	47.9	52.1
0.15	202	20.2	68.1	31.9
pan	319	31.9	100	0
jumlah	1000		273.7	
Modulus Kehalusan			2.737	
Zona			III	

Pada Tabel 6 didapat nilai modulus kehalusan agregat kasar sebesar 2.605 %. Selain itu, pada agregat memenuhi standar denganketentuan ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 20 mm.

Tabel 6 Analisa saringan agregat kasar

Nomor Ayakan (mm)	Bahan Yang Diayak (1000gr)			
	Berat Kerikil Tertinggal	Jumlah Kerikil Tertinggal	Jumlah Sisa Ayakan Rata - rata	Jumlah Yang Melalui Ayakan
	(gr)	(%)	(%)	(%)
37,5	0	0	0	100
25,4	0	0	0	100
19	0	0	0	100
12,5	98	9.8	9.8	90.2
9,5	409	40.9	50.7	49.3
4,75	493	49.3	100	0
pan	0	0	100	0
jumlah	1000		260.5	
Modulus Kehalusan			2,605	
Ukuran Maksimum			20 mm	

4.2 Pengujian kuat tekan beton

Tabel 7 menunjukkan nilai pengujian kuat tekan beton dengan variasi penambahan serbuk kaca. Kadar optimum penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan beton berada pada persentase 10% yaitu sebesar 23.22 MPa dari beton normal dengan kuat tekan 22.40 MPa atau meningkat sebesar 3.15% saat. Penambahan abu sekam pada campuran beton memiliki nilai kuat tekan maksimum sebesar 22.78 MPa saat persentase abu sekam 5% dari berat semen (Tabel 8). Nilai ini meningkat 1.672% dari kuat tekan beton normal. Hasil kuat tekan beton terendah sebesar 13.059 MPa saat 25% beton mengandung abu sekam.

Tabel 7 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kaca

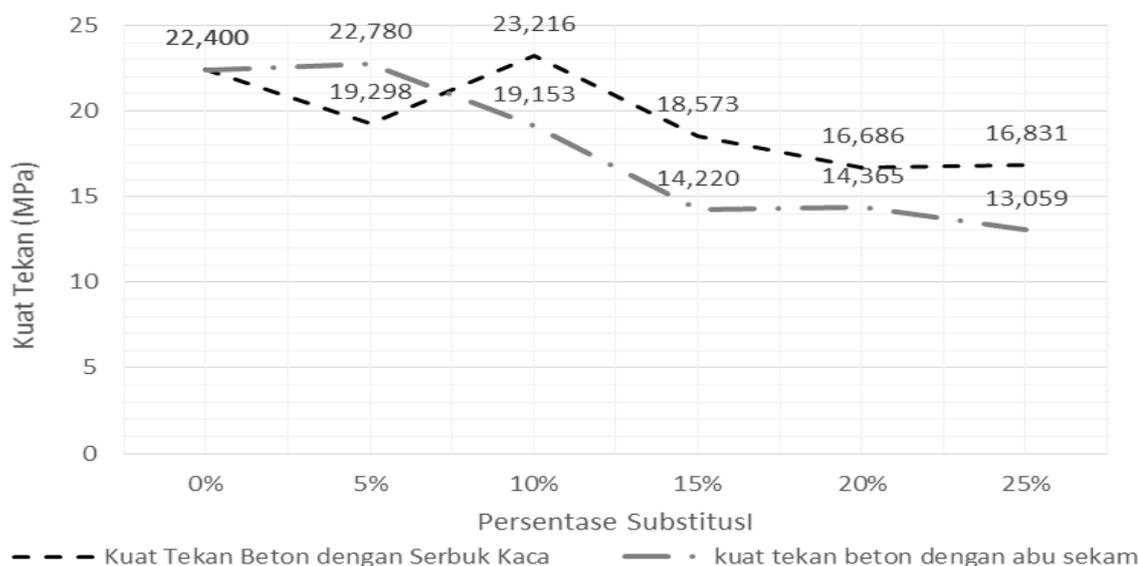
Serbuk kaca	Tanggal		Kode	Berat (gr)	P (N)	A (mm ²)	f _c (MPa)	f _c konversi 28 hari (MPa)	Rata2 f _c 28 hari (MPa)
	Pencampuran	Pengujian							
0%	02/10/2017	05/10/2017	BN.1	11444	160000	17671.46	9.05	22.64	22.40
			BN.2	11226	150000	17671.46	8.49	21.22	
			BN.3	11316	165000	17671.46	9.34	23.34	
5%	03/10/2017	10/10/2017	B5.1	11281	220000	17671.46	12.45	19.15	19.30
			B5.2	11403	235000	17671.46	13.30	20.46	
			B5.3	11141	210000	17671.46	11.88	18.28	
10%	03/10/2017	10/10/2017	B10.1	11454	265000	17671.46	15.00	23.07	23.22
			B10.2	11281	255000	17671.46	14.43	22.20	
			B10.3	11102	280000	17671.46	15.84	24.38	
15%	04/10/2017	11/10/2017	B15.1	11378	200000	17671.46	11.32	17.41	18.57
			B15.2	11476	205000	17671.46	11.60	17.85	
			B15.3	11340	235000	17671.46	13.30	20.46	
20%	04/10/2017	11/10/2017	B20.1	11573	190000	17671.46	10.75	16.54	16.69
			B20.2	11404	190000	17671.46	10.75	16.54	
			B20.3	11499	195000	17671.46	11.03	16.98	
25%	05/10/2017	12/10/2017	B25.1	11012	210000	17671.46	11.88	18.28	1683
			B25.2	11231	180000	17671.46	10.19	15.67	
			B25.3	11405	190000	17671.46	10.75	16.54	

Tabel 8 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam

Abu sekam	Tanggal		Kode	Berat (gr)	P (N)	A (mm ²)	f _c (MPa)	f _c konversi 28 hari (MPa)	Rata2 f _c 28 hari (MPa)
	Pencampuran	Pengujian							
0%	02/10/2017	05/10/2017	BN.1	11444	160000	17671.46	9,05	22,64	22,40
			BN.2	11226	150000	17671.46	8,49	21,22	
			BN.3	11316	165000	17671.46	9,34	23,34	
5%	03/10/2017	10/10/2017	B5.1	11448	255000	17671.46	14,43	22,20	22,78
			B5.2	11673	250000	17671.46	14,15	21,76	
			B5.3	11699	280000	17671.46	15,84	24,38	
10%	03/10/2017	10/10/2017	B10.1	11360	235000	17671.46	13,30	20,46	19,15
			B10.2	11473	225000	17671.46	12,73	19,59	
			B10.3	11320	200000	17671.46	11,32	17,41	
15%	04/10/2017	11/10/2017	B15.1	11370	150000	17671.46	8,49	13,06	14,22
			B15.2	11375	185000	17671.46	10,47	16,11	
			B15.3	11272	155000	17671.46	8,77	13,49	
20%	04/10/2017	11/10/2017	B20.1	11433	155000	17671.46	8,77	13,49	14,36
			B20.2	11268	150000	17671.46	8,49	13,06	
			B20.3	11249	190000	17671.46	10,75	16,54	
25%	05/10/2017	12/10/2017	B25.1	10922	155000	17671.46	8,77	13,49	13,06
			B25.2	11205	135000	17671.46	7,64	11,75	
			B25.3	11200	160000	17671.46	9,05	13,93	

Gambar 2 menunjukkan nilai rerata kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kaca dan abu sekam. Dari gambar terlihat dengan persentase penambahan bahan yang sama, beton dengan penambahan serbuk kaca menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam. Selisih

perbandingannya mencapai 15-30% untuk masing-masing campuran benda uji. Hal ini disebabkan oleh kandungan abu sekam dimana sifatnya yang menyerap air pada saat pencampuran beton, sehingga campuran beton kekurangan air selama proses hidrasi dan mempengaruhi kekuatannya



Gambar 2 Rerata kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam dan serbuk kaca

4.3 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton diperoleh dari berat benda uji yang dibagi dengan volume silinder (15x30) cm. Tabel 9 menunjukkan nilai berat jenis beton dengan penambahan abu sekam dan serbuk kaca. Dalam tabel terlihat berat jenis beton normal sebesar 2136.06 kg/m³. Penambahan abu sekam hanya meningkat saat ditambahkan sebesar

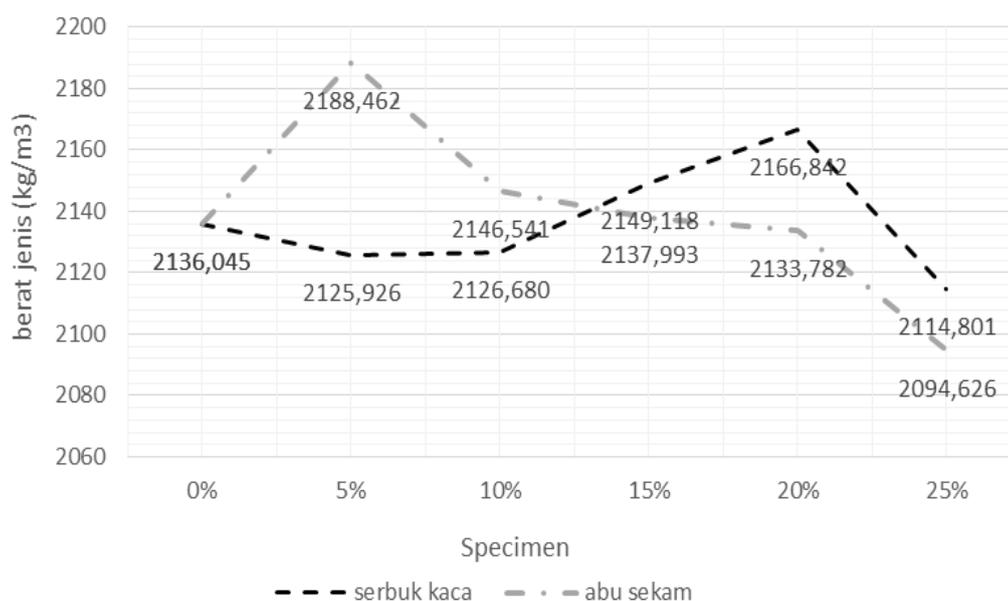
5% dari berat semen yaitu 2188.46 kg/m³ atau terjadi peningkatan sebesar 2.34%, namun semakin besar persentase penambahannya semakin kecil berat jenis beton yang dihasilkan. Berat jenis minimum beton sebesar 2094.63 kg/m³ atau mengalami penurunan 1.97% dari berat jenis beton normal

Tabel 9 Perbandingan berat jenis beton

Persentase	Berat rerata benda uji (kg)		Volume silinder (m ³)	Berat jenis (kg/m ³)	
	abu sekam	serbuk kaca		abu sekam	serbuk kaca
0%	11.33	11.33	0.0053	2136.04	2136.04
5%	11.61	11.28	0.0053	2188.46	2125.93
10%	11.38	11.28	0.0053	2146.54	2126.68
15%	11.34	11.40	0.0053	2137.99	2149.12
20%	11.32	11.49	0.0053	2133.78	2166.84
25%	11.11	11.22	0.0053	2094.63	2114.80

Berbanding terbalik dengan berat jenis beton saat ditambahkan serbuk kaca (Gambar 3) dimana dalam grafik terlihat penambahan serbuk kaca meningkatkan berat jenis beton hingga maksimum saat 20% serbuk kaca ditambahkan pada berat semen. Berat jenis maksimum sebesar

2.166,80 kg/m³ atau meningkat sebesar 1,42% dari berat jenis beton normal. Namun berat jenis beton tersebut mengalami penurunan saat serbuk kaca ditambahkan 25% dari berat semen menjadi 2.114,80 kg/m³.

**Gambar 3 Perbandingan berat jenis beton dengan penambahan abu sekam dan serbuk kaca**

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan:

1. Kekuatan beton dipengaruhi oleh material penyusunnya. Penambahan abu sekam dan serbuk kaca terhadap berat semen mempengaruhi kuat tekan dan berat jenis dari beton. Kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kaca terbukti memiliki kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kuat tekan beton abu sekam. Kuat tekan maksimum beton sebesar 23.22 MPa sedangkan kuat tekan maksimum beton dengan abu sekam diperoleh sebesar 22.78 MPa. Selain mempengaruhi kuat tekan beton, berat jenis beton dengan abu sekam menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan berat jenis beton dengan serbuk kaca. Hal ini karena sifat abu sekam yang menyerap air selama pencampuran sehingga beton mengalami kekurangan air dalam proses hidrasinya dan mengakibatkan turunnya kuat tekan dan berat jenis beton.

2. Variasi penambahan abu sekam dan serbuk kaca terhadap berat semen memiliki nilai yang sama yakni 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Namun untuk memperoleh kadar optimum, masing-masing memiliki nilai yang beda. Kuat tekan maksimum beton dengan serbuk kaca diperoleh saat penambahan 10% sedangkan abu sekam diperoleh saat penambahan 5%. Selain itu pada berat jenis beton diperoleh nilai optimum saat penambahan serbuk kaca dan beton berturut-turut sebesar 20% dan 5%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian lebih lanjut:

1. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan material lainnya sehingga informasi mengenai material beton menjadi lebih luas.
2. Perlu dilakukan pengujian lainnya terhadap sifat beton misalkan kuat tarik sehingga sifat material beton menjadi lebih beragam.

6 DAFTAR PUSTAKA

- G. Vijayakumar, H. Vishaliny, & D. Govindarajulu. (2013). Studies on glass powder as partial replacement of cement in concrete production. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Volume 3, Issue 2 February, 153-157.*
- Gunalaan Vasudevan, & Seri Ganis Kanapathy pilay. (2013). Performance of Using Waste Glass Powder In Concrete As Replacement Of Cement. *American Journal of Engineering Research Vol.2 Issue 12, 175-181.*
- Hidayat, A. (2011). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton K-225. *Jurnal Aptek Vol 3 No 2 Juli, 161-172.*
- Karwur, H., Tenda, R., Wallah, S., & Windah, R. (Maret 2013). Kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaa sebagaisubstitusi parsial semen. *Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No 4, 276-281.*
- Mahmud, H., Syamsul Bahri, Yee, Y., & Yeap, Y. (2016). Effect of rice husk ash on strength and durability of high strength high performance concrete. *International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol 10 No 3, 390-395.*
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton.* Yogyakarta: Andi Offset.
- Popovics, S. (1992). *Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing.* New Jersey: Noyes Publications.
- Purnomo, H., & Hisyam, E. (2014). Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton ditinjau dari kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton. *Jurnal Fropil Vol 2 Nomor 1 Januari-Juni, 45-55.*