

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

H. Mushtofa, ST.MT ¹⁾ Much. Juli Purnomo²⁾

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro

ABSTRAK

Teknologi beton telah berkembang sejak ditemukannya beton prategang pada beberapa dekade lalu yang diikuti oleh berbagai penelitian untuk meningkatkan kinerja bahan bangunan. Penelitian tersebut dilakukan dengan memperhatikan pemilihan material pembentuk beton sampai pada substitusi material lainnya, dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari industri ataupun pembongkaran bangunan dan dari rumah tangga dalam jumlah besar, berkemungkinan dimanfaatkan sekaligus sebagai alternatif solusi permasalahan lingkungan yang dapat diakibatkan oleh limbah kaca. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai filler karena memiliki potensi sebagai material pozzolan. Perencanaan campuran beton menggunakan Metode SNI 7656-2012 yang dimodifikasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberi solusi bagi permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah kaca. Dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan limbah serbuk kaca terhadap kuat tekan beton. Prosentase campuran serbuk kaca yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% dari berat semen (agregat halus) menggunakan analisa regresi linear dengan SPSS. Diperoleh hasil analisa berpengaruh karena hasil signikansi output spss (tabel coefficients) sebesar $0,021 < 0,05$ & nilai T hitung $2,630 > T$ tabel yg menunjukkan nilai sebesar 2,16037. Artinya ada pengaruh dari variasi penambahan ini sehingga variasi ini tidak bisa digunakan dalam jumlah banyak, dan variasi penambahan maksimal sebesar 5%.

Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, mutu beton yang direncanakan 25 MPa yang di uji pada umur 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder untuk uji kuat tekan (diameter 15cm x 30cm). Sebanyak 30 sampel dari terdiri dari 5 variasi sebanyak 6 sampel. Dari penelitian ini diperoleh hasil kuat tekan beton yang tertinggi terdapat pada prosentase 5% yaitu sebesar 13,4915 MPa. Dan terendah terdapat pada prosentase 12,5% yaitu sebesar 12,175 MPa. Penambahan serbuk kaca berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Berat jenis untuk semua variasi penggunaan serbuk kaca termasuk beton normal. Beton dengan nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada komposisi serbuk kaca 5% sedangkan nilai kuat tekan terendah di dapat pada komposisi kaca 12,5%

Kata kunci : serbuk kaca, regresi linier, kuat tekan

PENDAHULUAN

Beton merupakan komponen penting dalam sebuah konstruksi. Beton kuat terhadap gaya tekan oleh karena itu beton di uji kuat tekannya sebelum dibuat konstruksi. Dan mutu beton yg digunakan itu tergantung perletakannya. Eksperimen dan inovasi beton sangat banyak dan sangat membantu dalam mengurangi penggunaan bahan alam yg lama di regenerasi oleh alam.

Teknologi beton telah berkembang sejak ditemukannya “Beton Prategang” pada beberapa dekade lalu yang diikuti oleh berbagai penelitian untuk meningkatkan kinerja bahan bangunan tersebut, baik melalui pemilihan material penyusun atau pembentuk beton sampai pada substitusi material lainnya termasuk metode pembuatan atau produksinya yang sampai saat ini

telah banyak dikenal, yaitu beton ringan, beton mutu tinggi, atau beton berkinerja tinggi. (Handy Yohanes Karwur R. Tenda, S. E. Wallah, R. S. Windah, 2013)

Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik. (Handy Yohanes Karwur R. Tenda, S. E. Wallah, R. S. Windah, 2013)

Bentuk material substitusi bervariasi, antara lain : berbentuk serat, bubuk, serbuk, bahkan cairan dengan hasil bervariasi ditampilkan melalui uji karakteristik mekanik, kimiawi, dan termal. Tidak semua material substitusi berhasil meningkatkan kinerja beton karena berbagai sebab seperti karakteristiknya yang tidak baik sehingga interaksinya dengan komponen-komponen lain pembentuk beton tidak efektif, demikian pula halnya dengan komposisi penyusun material substitusi yang pada tingkat tertentu justru menurunkan kinerja beton. (Handy Yohanes Karwur R. Tenda, S. E. Wallah, R. S. Windah, 2013)

Beberapa material substitusi secara efektif mampu meningkatkan kinerja beton, setelah melalui pengujian diberbagai tingkatan atau kategori dan dinilai memenuhi standar yang ditetapkan termasuk pertimbangan-pertimbangan ekonomi bahkan sosial, telah diproduksi secara massal. Material tersebut berasal dari berbagai sumber diantaranya limbah industri dan rumah tangga. Penelitian ini dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari industri ataupun pembongkaran bangunan dan dari rumah tangga dalam jumlah besar, berkemungkinan dimanfaatkan sekaligus sebagai alternatif solusi untuk memanfaatkan limbah kaca yang sangat sulit diurai oleh tanah dalam waktu ratusan atau ribuan tahun. Karena sifat kaca yg sangat keras dan tahan terhadap korosi lain dengan limbah besi, besi masih bisa berkarat apabila besi sudah berkarat besi itu sudah berkurang. Maka dari itu pemanfaat limbah kaca sangat membantu. Dalam prosesnya kaca dihancurkan hingga menjadi serbuk kaca dengan ukuran 100 mesh sebagai bahan tambah campuran beton.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini di lakukan secara eksperimen di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Bojonegoro. Dan objek utama dari penelitian ini adalah beton normal dan Beton dengan penambahan limbah serbuk kaca.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode regresi linier yaitu menguji kuat tekan beton dengan bahan tambah dari limbah serbuk kaca.

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan antara satu pengujian dengan pengujian lainnya.

Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan data-data dari kedua sampel untuk kemudian di teliti tentang perbedaaan dan perbandingan kedua sampel.

Variabel penelitian adalah hal yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh data untuk kemudian ditarik kesimpulannya. Penelitian yang dilakukan terdapat beberapa variabel yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya.

Variabel-variabel tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebasnya yaitu jumlah takaran campuran limbah serbuk kaca sebagai bahan tambah sesuai mix desain.

a. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang merupakan akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kuat tekan beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Mix Design dengan f'c 25 MPa

Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini menggunakan perencanaan campuran beton dengan SNI 7656-2012. Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Uji Properties

No	Data	Nilai	Keterangan
1	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	28 Hari	Ditetapkan
2	Nilai Slump	75 – 100 mm	Ditetapkan
3	Berat Jenis Semen	3.11	Data Sekunder
4	Semen Tipe	1	Ditetapkan
5	Semen Dengan/Tanpa Udara	1	Ditetapkan
6	Pemaparan (Berat/Ringan)	Ringan	Ditetapkan
Aggregat Halus		DATA	
7	Modulus Kehalusan	2,42	Hasil Uji (Tabel 3.11)
8	Berat Jenis (Ssd) Agregat Halus	2,25	Hasil Uji (Tabel 3.6)
9	Penyerapan (Absorsi) Air (%)	3,31	Hasil Uji (Tabel 3.6)
10	Kelembaban / Kandungan Air (%)	3,31	Hasil Uji (Tabel 3.1)
Aggregat Kasar		DATA	
11	Modulus Kehalusan	-	-
12	Berat Jenis (SSD)	2,49	Hasil Uji (Tabel 3.7)
13	Penyerapan (Absorsi) Air (%)	1,55	Hasil Uji (Tabel 3.7)
14	Berat Kering	1591	Hasil Uji (Tabel 3.13)
15	Ukuran Agregat (Max)	37,5	Ditetapkan
16	Kelembaban / Kandungan Air (%)	1,54	Hasil Uji (Tabel 3.1)
Densitas Untuk Semua Material Yang Digunakan : p = GS x pw			
	Material	GS x pw	Densitas
17	Air	1 x 1000	1000
18	Semen	(3) x 1000	3110
19	SSD (Agregat Halus)	(8) x 1000	2250
20	SSD (Agregat Kasar)	(12) x 1000	2490
21	Berat Kering (Aggegat Kasar)		1591

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Tabel 2. Perhitungan Mix Design

1. Penentuan Slump			
22	Slump	75mm-100mm	Tabel 2.2
2. Pemilihan Maksimum Agregat			
23	Ukuran Maksimal Agregat	37,5	Ditetapkan
3. Kebutuhan Air dan Kadar Udara			
24	Kebutuhan Air	181	Tabel 2.2
25	Kadar Udara	1	Tabel 2.2
4. Rasio Air Semen			

26	Rasio Air Semen	0,61	Tabel 2.3
5. Kadar Semen			
27	Kadar Semen	296,72	(24) : (26)
6. Kadar Agregat Kasar			
28	Volume Agregat	0,748	Interpolasi Tabel 2.4
29	Agregat Kasar	1190,07	(28) x (14)
7. Agregat halus			
7.1. Berdasarkan Berat			
30	Berat Awal Agregat	2410	Tabel 2.5
31	Berat Air	181	(24)
32	Berat Semen	296,72	(27)
33	Berat Agregat Kasar	1190,07	(29)
34	Berat Total (Non Agregat Halus)	1167	(31)+(32)+(33)
35	Berat Agregat Halus	742,21	(30) – (34)
7.2. Berdasarkan Volume Absolut			
36	Volume Air	0,181	(24) : (17)
37	Volume Semen	0,095	(27) : (18)
38	Volume Agregat Kasar	0,478	(29) : (20)
39	Volume Udara	0,01	(25) x 0,01
40	Volume Total Non Agregat Halus	0,76	(36) + (37) + (38) + (39)
41	Volume Agregat Halus	0,24	1 – (40)
42	Berat Agregat Halus	530,22	(41) x (19)
8. Koreksi Kandungan Air			
43	Agregat Kasar	1208,40	$(1 + ((16)/100)) \times 29$
44	Agregat Halus	766,78	$(1 + ((10)/100)) \times (35)$
45	Air	181,12	$((24) - (29)) \times ((16) - (13))/100 - (35) \times ((10) - (9))/100$
9. Perkiraan Berat Campuran Untuk 1m³ Beton			
Air		181,12 Kg	
Semen		296,72 Kg	
Agregat Kasar		1208,40 Kg	
Agregat Halus		766,78 Kg	
Total		2453,01 Kg	
10. Perkiraan Berat Campuran Beton 6 Benda uji Ukuran d 15 cm x t 30 cm			
Air		5,76 Kg	
Semen		9,43 Kg	
Agregat Kasar		38,42 Kg	
LANDUIANJUT			
Agregat Halus		24,38 Kg	
Total		77,99 Kg	

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari perencanaan di atas di dapat hasil sebagai berikut. Perkiraan Berat Campuran untuk 1 m³ Beton menjadi :

Tabel 3. Perhitungan Mix Design

Berat Material	Berat	
Air	181.12	Kg
Semen	296.72	Kg
Agregat Kasar (basah)	1208,40	Kg
Agregat Halus (basah)	766,78	Kg
Total	2453,01	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

$$\text{Volume benda uji} = (0.25 \times 3.14 \times 0.15^2) \times 0.3 = 0.005299 \text{ m}^3$$

Perkiraan untuk 6 benda uji $f'c = 25$ Mpa Normal

Tabel 4. Perhitungan Mix Design

No.	Material	Berat	
1	Air	5.758247	Kg
2	Semen	9.433512	Kg
3	Agregat Kasar (basah)	38,42	Kg
4	Agregat Halus (basah)	24,38	Kg
5	Total	77,99	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Perkiraan untuk 6 benda uji $f'c = 25$ Mpa dengan campuran 5% Serbuk kaca

Tabel 4.5. Perhitungan Mix Design

No.	Material	Ket	Berat	
1	Air	-	5.758247	Kg
2	Semen	Dikurangi berat serbuk kaca	8.9618364	Kg
3	Agregat Kasar (basah)		38,42	Kg
4	Agregat Halus (basah)		24,38	Kg
5	Serbuk kaca	5% dari berat semen	0.4716756	Kg
5	Total		77,99	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Perkiraan untuk 6 benda uji $f'c = 25$ Mpa dengan campuran 7,5% Serbuk kaca

Tabel 6. Perhitungan Mix Design

No.	Material	Ket	Berat	
1	Air		5.758247	Kg
2	Semen	Dikurangi berat serbuk kaca	8.7259986	Kg
3	Agregat Kasar (basah)		38.63476	Kg
4	Agregat Halus (basah)		23.41601	Kg

5	Serbuk kaca	7,5% dari berat semen	0.7075134	Kg
5	Total		77.24253	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Perkiraan untuk 6 benda uji $f'c = 25$ Mpa dengan campuran 10% Serbuk kaca

Tabel 7. Perhitungan Mix Design

No.	Material	Ket	Berat	
1	Air		5.758247	Kg
2	Semen	Dikurangi berat serbuk kaca	8,4901608	Kg
3	Agregat Kasar (basah)		38,42	Kg
4	Agregat Halus (basah)		24,38	Kg
5	Serbuk kaca	10% dari berat semen	0.9433512	Kg
5	Total		77,99	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Perkiraan untuk 6 benda uji $f'c = 25$ Mpa dengan campuran 12,5% Serbuk kaca.

Tabel 8. Perhitungan Mix Design

No.	Material	Ket	Berat	
1	Air		5.758247	Kg
2	Semen	Dikurangi berat serbuk kaca	8.254323	Kg
3	Agregat Kasar (basah)		38,42	Kg
4	Agregat Halus (basah)		24,38	Kg
5	Serbuk kaca	12,5% dari semen	1.179189	Kg
5	Total		77,99	Kg

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

Langkah pertama adalah melakukan perhitungan mix design agar diperoleh

1. Uji *Properties* atau uji material Agregat halus dan agregat kasar

2. Kemudian mempersiapkan bahan material campuran beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta komponen tambahan seperti serat sabut kelapa sesuai dengan komposisi campuran yang telah dihitung di *mix design*.
3. Mempersiapkan talam baja untuk melakukan proses pencampuran Agregat.
4. Agregat halus (Pasir) dan semen di tuangkan dulu ke talam baja lalu di aduk. Tuangkan agregat kasar ke dalam talam baja, lalu tuangkan air yang telah di timbang ke dalam talam baja
5. Setelah adukan terlihat merata, lalu dilakukan uji slump. Uji *slump* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai slump beton sebelum dimasukkan bahan tambah.
6. Masukkan material bahan tambah serat sabut kelapa yang telah di timbang sesuai variasi.
7. Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Pelaksanaan pengukuran slump dilakukan dengan memasukkan adukan secara bertahap sebesar 1/3 isi cetakan, setiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, tongkat harus masuk sampai lapisan bawah tiap-tiap bagian lapisan. Setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan, adukan beton d idiamkan selama ± 30 detik. Selanjutnya kerucut di angkat secara perlahan-lahan vertikal keatas. Cetakkan diletakkan perlahan-lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji.
8. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder dan balok yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
9. Tuangkan seluruh adukan beton ke dalam cetakan sedikit demi sedikit dengan cetok, tiap 1/3 bagian lalu di tumbuk secara merata sampai cetakan penuh. Lalu cetakan di pukul dengan palu karet agar adukan beton bias turun ke bawah
10. Setelah selesai dipadatkan, permukaan atas cetakan diratakan dengan cetok
11. Setelah 24 jam, benda uji siap di lepas cetakannya kemudian di beri kode setiap variasinya agar tidak tertukar
12. Benda uji kemudia di rendam dalam kolam air selama 26 hari, setelah itu di angkat lalu di jemur selama 2 hari agar beton kering
13. Setelah umur beton 28 hari, beton siap di uji kekuatannya.

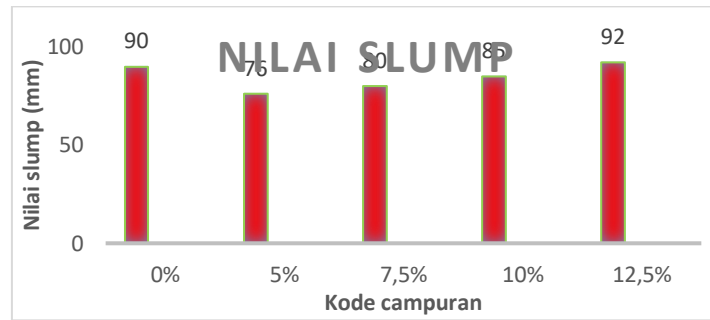
Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap kering dan cukup keras. Pada penelitian ini, perawatan benda uji yang dilakukan adalah dengan cara direndam di kolam berisi air penuh yang terdapat pada Laboratorium Teknik sipil Universitas Bojonegoro

Nilai *slump*

Pengujian nilai slump merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat workabilitas campuran beton. Nilai slump diukur dengan menggunakan kerucut Abram. Hasil pemeriksaan slump untuk masing-masing campuran beton dapat dilihat dalam diagram 4.1 Nilai uji slump bervariasi antara 75 mm sampai 90 mm. Nilai slump yang bervariasi dikarenakan kondisi kadar air dan absorpsi agregat yang tidak seragam. Untuk mempertahankan nilai slump sesuai slump rencana, dilakukan koreksi terhadap pemakaian air saat pencampuran.

Diagram 4.1 Nilai uji slump



(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Pada pengujian ini, mempertahankan nilai slump antara 75mm-100mm, bisa dilihat pada perubahan nilai fas setiap persentase campuran beton. Nilai slump tertinggi terdapat pada persentase campuran beton 12,5% dengan nilai slump 92mm dan terendah pada persentase campuran beton 5% dengan nilai slump 76mm.

Berat Beton Basah (kg)

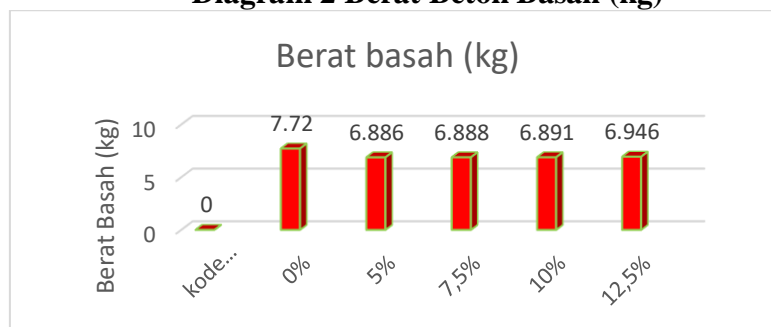
Berat beton basah yaitu berat campuran beto yang belum mengeras saat proses pengadukan atau job mix, kemudian di ambil sampel di masukan kedalam bejana berukuran 15 cm x 16 cm berbentuk tabung setelah itu di timbang dengan neraca.

Tabel 9 Berat Beton Basah (kg)

kode campuran	Berat basah (kg) + wadah (kg)	Berat Wadah (kg)	Berat basah (Kg)
0%	7.72	1.15	6.57
5%	8.036	1.15	6.886
7,5%	8.038	1.15	6.888
10%	8.041	1.15	6.891
12,5%	8.096	1.15	6.946

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Diagram 2 Berat Beton Basah (kg)



(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari grafik di atas diperoleh nilai berat beton basah. Nilai tertinggi terdapat pada persentase campuran 0% sedangkan terendah terdapat pada persentase campuran 5%.

Berat Jenis Beton Basah (kg/m^3)

Berat jenis beton basah yaitu berat beton basah di bagi volume wadah.

Tabel 10. Berat Jenis Beton Basah (kg)/Mol

kode campuran	Berat Beton Basah (kg)	Berat wadah (kg)	Volume wadah $V = \pi \times 0,075^2 \times 0,16$	Berat jenis basah (kg/m ³)
	1	2	3	(1-2)/3
0%	6.57	1.15	0.002826	2324.84
5%	6.886	1.15	0.002826	2436.66
7,5%	8.038	1.15	0.002826	2437.37
10%	8.041	1.15	0.002826	2438.43
12,5%	8.096	1.15	0.002826	2457.89

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari data diatas bisa dilihat bahwa semakin besar penmbahan persentase serbuk kaca pada beton semakin berat pula nilai timbangan beton tersebut. Nilai tertinggi terdapat pada persentase campuran 12,5% dan terendah pada 0%

4.1 Berat Beton kering (kg/m^3)

Berat beton kering yaitu berat benda uji yang dikeringkan setelah perendaman selama waktu yang ditentukan, kemudian di timbang dengan neraca. Hasil timbangan sebagai berikut :

Tabel 11 Berat Beton Kering (kg)/Mol

kode campuran	Berat beton kering (kg)/Mol							
	Umur 14 hari				Umur 28 hari			
	sampel 1	sampel 2	sampel 3	Rata-rata	sampel 4	sampel 5	sampel 6	Rata-rata
0%	12.47	12.26	12.33	12.353	11,95	11.87	11.8	11.835
5%	12.115	12.03	12.032	12.059	12.012	12.064	12.059	12.045
7,5%	12.18	12.248	12.068	12.165	12.149	12.135	12.178	12.154
10%	12.145	12.297	12.255	12.232	12.187	12.257	12.254	12.233
12,5%	12.363	12.363	12.419	12.382	12.206	12.316	12.378	12.300

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari data diatas bisa dilihat bahwa semakin besar penmbahan persentase serbuk kaca pada beton semakin berat pula nilai timbangan beton tersebut. Nilai tertinggi terdapat pada persentase campuran 12,5% dan terendah pada 5%

Berat Jenis Beton (kg/m³)

Berat jenis beton diperoleh dari berat beton kering dibagi volume benda uji

Tabel 12 Berat Jenis Beton Kering (kg/m³)

kode campuran	Rata-rata Berat Beton Kering(kg)	Volume Mol $V = \pi \times 0,075^2 \times 0,30$	Berat jenis kering (kg/m ³)
0%	12.147	0.00529875	2292.43
5%	12.140	0.00529875	2291.17
7,5%	12.178	0.00529875	2298.28
10%	12.199	0.00529875	2302.27
12,5%	12.258	0.00529875	2313.28

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari data diatas dapat dilihat hasil rata-rata berat jenis beton berkisar 2233,55 kg/m³ sampai 2336,71 kg/m³, mendekati perkiraan perencanaan berat beton awal yaitu 2410 kg/m³, sesuai klasifikasi SNI 7656 -2012. Maka semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk beton normal.

Hasil nilai kuat tekan

Kuat tekan beton merupakan nilai yang didapat dari hasil uji kuat tekan dengan mesin CTM (Compressiive testing machine) yang merubah gaya tekanan menjadi angka dalam satuan ton. Setelah itu dihitung dengan rumus kuat tekan dan ada juga yang dapat langsung mengetahui hasil dalam satuan Mpa (Mega pascal). Hasil kuat tekan pada penelitian ini menggunakan hitungan dengan rumus kuat tekan sebagai berikut :

Menurut (SNI 03-1974-1990) kuat tekan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = P/A \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

Fc' = Kuat tekan Silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm³)

Tabel 15 Kuat Tekan Rata-Rata (N/m³)

KUAT TEKAN RATA-RATA (N/m ³)					
Variasi Campuran	Variasi 0 %	Variasi 5 %	Variasi 7,5%	Variasi 10%	Variasi 12,5%
Hasil Kuat Tekan	9.693	12.303	13.250	12.934	11.672
	14.045	14.196	14.196	12.934	10.410
	9.159	14.196	11.672	11.357	12.934
	13.325	12.493	12.770	13.881	12.215
	14.158	13.881	13.881	11.104	13.603
	16.934	13.881	11.382	11.104	12.215
Rata-rata	12.886	13.492	12.858	12.219	12.175

(Sumber : Hasil Pengujian Lab. Universitas Bojonegoro. 2019)

Dari diagramgarm diatas dapat disimpulkan semakin banyak penambahan serbuk kaca makan semakin sedikit kuat tekan yang akan dihasilkan. Dan penambahan maksimal yaitu sebesar 5%

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengujian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Diketahui dari hasil yang diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton normal yang di rencanakan sebesar $f'_c = 25$ MPa pada umur 28 hari. Dan hasil yang diperoleh dari uji kuat tekan pada umur 28 hari yaitu sebesar 12,8859 MPa. Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan tidak memenuhi dari kuat tekan rencana dikarenakan
2. Sedangkan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran serbuk kaca dengan persentase serbuk kaca 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% yaitu sebesar persentase 5% = 13,4915 MPa; 7,5% = 12,8585 MPa; 10% = 12,2191 MPa; dan 12,5% = 12,175 MPa. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa penambahan serbuk kaca mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton. Variasi yang optimal adalah variasi 5% sebesar 13,4915 Mpa. Namun kekuatan tersebut tidak memenuhi target kekuatan rencana umur 25 hari yaitu sebesar 25 MPa.
3. Dari hasil analisa regresi menggunakan aplikasi SPSS. Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah serbuk kaca terhadap kuat tekan beton adalah berpengaruh karena hasil signifikansi output spss (tabel *coefficients*) sebesar 0,021 < 0,05 & nilai T hitung 2,630 > T tabel yang menunjukkan nilai sebesar 2,16037. Artinya ada pengaruh dari variasi penambahan ini sehingga variasi ini tidak bisa digunakan dalam jumlah banyak, dan variasi maksimal sebesar 5%

REFERENSI

Handy Yohanes Karwur R. Tenda, S. E. Wallah, R. S. Windah, (Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (276-281) ISSN: 2337-6732). Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen.

- Puja, A dan Rachmat, P.2010, "*Pengendalian Mutu Beton sesuai SNI, ACI dan ASTM*", ITS Press Surabaya.
- Murdock L.J, Brook K.M,1986,"*Bahan dan Praktek Beton*", Erlangga,.
- Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi beton* penerbit C.VAndi offset, Yogyakarta.
- Badan Standar Nasional. 2012. Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa. SNI 7656-2012. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- ACI SP-19. *Cement and Concrete Terminology*.
- American Society for Testing and Material, **Annual Book of ASTM Standards 1995: *Concrets and Aggregates***, Philadelphia: ASTM 1995.
- Badan Standar Nasional. 1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. SNI 03-1971-1990. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. 1997. Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastis dengan Cara Setara Pasir. SNI 03-4428-1997. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional.2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 1970-2008. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. SNI 1969-2008. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. 1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. SNI 03-1968-1990. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. 1991. Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton. SNI 03-2495-1991. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. 1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. SNI 03-1974-1990. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan PU. (1989), *Pedoman Beton 1989*. SKBI. 1.4.53.1989. Draft Konsensus. Jakarta: DPU.
- Tjokrodimuljo, 2007. *Teknologi Beton*. Biro penerbit: Yogyakarta.
- Handy Yohanes Karwur, R. Tenda, S. E. Wallah, dan R. S. Windah, (*Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.4, Maret 2013 (276-281) ISSN: 2337-6732). **KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN**
- Nursyamsi, Ivan Indrawan, dan Ika Puji Hastuty. (*Media Teknik Sipil*, ISSN 1693-3095). **PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BATAKO.**