

PENGARUH LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI BINDER TERHADAP NILAI KUAT TEKAN UMUR 28 HARI DAN *FLOWABILITY* PADA BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Ade Wahyudin¹, Adji Putra Abriantoro²

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Sunter Permai, Jakarta Utara, DKI Jakarta

²Teknik Sipil, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Sunter Permai, Jakarta Utara, DKI Jakarta

Abstrak

Dengan menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti semen, limbah kaca akan menjadi alternatif baru untuk industri konstruksi dan solusi untuk masalah limbah yang berlebih. Karena kaca tahan terhadap cuaca dan zat kimia yang menyerupai semen atau dapat merekatkan, limbah kaca dapat digunakan sebagai pengisi beton. Dalam penelitian ini, metode kuantitatif digunakan, dengan 12 sampel yang memiliki variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%. Variabel yang diukur adalah kekuatan tekan beton pada usia 28 hari dan kelancaran, sedangkan variabel yang dikendalikan adalah penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi binder. Dalam penelitian ini, variasi penggantian serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat binder digunakan. Hasil penelitian menunjukkan hasil 0% (617mm), 5% (620mm), 10% (628mm) dan 15% (644mm) artinya memiliki pengaruh terhadap Slump flow beton segar. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari di dapatkan hasil berturut-turut 41,86 Mpa, 48,55 Mpa, 38,84 Mpa, dan 35,64 Mpa. Hasilnya menunjukkan bahwa penggantian 5% memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti meningkatkan kecepatan aliran beton SCC secara proporsional dengan persentase penggantian. Namun, harus tetap mempertimbangkan faktor-faktor lain.

Kata kunci: limbah kaca, bubuk kaca, SCC, beton, Flowability

Abstract

By using glass powder instead of cement, glass waste will become a new alternative for the construction industry and a solution to the problem of excess waste. Since glass is resistant to weather and chemical substances that resemble cement or can bond, glass waste can be used as a concrete filler. In this study, a quantitative method was used, with 12 samples having variations of 0%, 5%, 10%, and 15%. The variables measured were the compressive strength of concrete at 28 days of age and smoothness, while the controlled variable was the use of glass powder as a substitute for binder. In this study, variations of glass powder replacement of 0%, 5%, 10%, and 15% of the binder weight were used. The results showed that 0% (617mm), 5% (620mm), 10% (628mm) and 15% (644mm) had an influence on the slump flow of fresh concrete. The results of testing the compressive strength of 28-day-old concrete obtained consecutive results of 41.86 Mpa, 48.55 Mpa, 38.84 Mpa, and 35.64 Mpa. The results show that 5% replacement has a higher compressive strength. In addition, the use of glass powder as a substitute increases the flow velocity of SCC concrete proportionally with the percentage of replacement. However, other factors should be considered.

Keywords: Glass waste, glass powder, SCC, concrete, Flowability

1. PENDAHULUAN

Saat ini, rekayasa material semakin berkembang pesat dikarenakan didorong oleh kebutuhan akan material yang dapat memenuhi sifat-sifat tertentu yang diinginkan (Lisa Oksri Nelfia et al., 2023). Dengan perkembangan yang pesat, permintaan masyarakat akan bahan bangunan seperti semen akan meningkat, karena semen merupakan bahan bangunan yang sangat umum digunakan dalam berbagai struktur bangunan (Faturahman et al., 2021). Banyaknya kebutuhan akan material menyebabkan terjadinya penambangan ilegal yang akan merusak lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif lain untuk mengurangi eksploitasi alam yang semakin lama akan berdampak buruk bagi lingkungan (Gunarso et al., 2024). Beberapa penelitian yang komprehensif telah dilakukan untuk menggunakan bahan limbah sebagai pengganti semen Portland, seperti abu terbang, abu silika, slag terak granulasi halus, metakaolin dan limbah bubuk kaca (Abriantoro & Susilowati, 2023). Limbah kaca merupakan salah satu benda yang tidak bisa dilepaskan dari kehidupan manusia, di mana limbah kaca sendiri yang berasal dari kegiatan industri dan rumah tangga ternyata tidak bisa

terurai dan apabila dalam jumlah yang besar akan merusak lingkungan (Panji & Johari, 2023). Jumlah limbah kaca yang terus-menerus dihasilkan telah meningkat secara signifikan karena perubahan gaya hidup dan pertumbuhan industrialisasi, disebutkan pada data Menteri Lingkungan dan Kehutanan (LHK) tahun 2020 menyebutkan bahwa data sampah di Indonesia mencapai 67.80 juta ton, dari jumlah tersebut 0.70 juta ton merupakan sampah kaca (Panji, S 2023). Dalam beberapa penelitian, limbah kaca yang telah dihaluskan adalah bahan padat yang dapat digunakan sebagai pengisi atau filler dan dapat digunakan sebagai pengganti semen dalam industri konstruksi (Hartini, 2020).

Beton memadat sendiri (SCC) Self Compacting Concrete adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat memadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali (Yogaswara & Muhamad, 2023). *Self-Compacting Concrete* pertama kali ditemukan di Jepang dan telah diaplikasikan dengan baik di negara tersebut, dengan menggunakan *self-compacting concrete*, struktur beton menjadi lebih kokoh, terutama di daerah penulangan yang padat, dan waktu pengecoran juga menjadi lebih cepat (Abriantoro, 2023). Pengecoran *Self Compacting Concrete* tidak membutuhkan vibrator. Hal ini dapat mengurangi jumlah tenaga kerja, mempersingkat waktu pengecoran serta mengurangi kebisingan akibat menggunakan alat pemadat, jadi kinerja SCC akan menghemat energi pemompaan dan pemadatan sehingga beton tersebut telah dirancang untuk lebih ramah lingkungan (Nicolaas & Slat, 2019). Hal tersebut menjadikan sebuah pemikiran untuk memanfaatkan potensi besar limbah industri sebagai salah satu *substitusi* dalam desain campuran beton mutu tinggi yang memenuhi kriteria SCC, dengan memanfaatkan serbuk kaca dan penambahan (*chemical admixture*) berupa *superplasticizer* pada beton SCC. *Superplasticizer* adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk meningkatkan kelenturan dan kemudahan pengecoran (*workability*) tanpa perlu menambahkan lebih banyak air (Abriantoro & Khana, 2023). Untuk mendapatkan beton yang bagus dan kuat, tentunya material pada campuran beton harus bermutu, baik dari segi semen, air, agregat kasar, dan agregat halus semua penyusun material bahan sangatlah berpengaruh besar pada mutu beton (Dewa & Nurdianto, 2023). Oleh karena itu, peningkatan *superplasticizer* dapat meningkatkan kekuatan tekan beton. Sedangkan penggunaan agregat halus seperti serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk mengisi ruang kosong antara agregat kasar seperti kerikil atau pasir dalam campuran beton. Sehingga, penggunaan lebih banyak agregat halus dapat meningkatkan kepadatan dan kekuatan tekan beton itu sendiri. Oleh karena itu penulis mengangkat judul “Kajian Pengaruh serbuk kaca Sebagai Bahan Substitusi Binder Terhadap Nilai Kuat Tekan Umur 28 Hari dan Slump Pada Beton”.

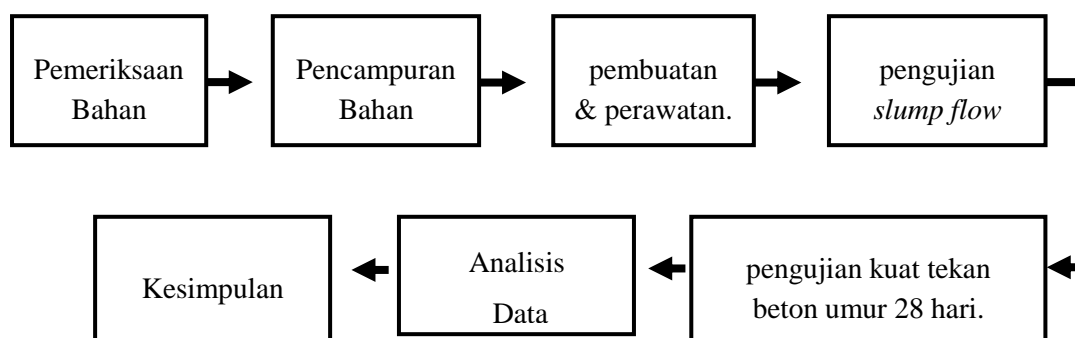
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan perlengkapan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendapatkan data tentang *slump flow*, dan kuat tekan beton SCC umur 28 hari. Benda uji dalam penelitian ini adalah 12 buah benda uji kuat tekan, 4 persentase sampel beton segar SCC untuk pengujian *slump flow* yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% untuk setiap variasi. Diwakili ada sekitar 3 sampel variabel kontrol dalam penelitian ini adalah perubahan jumlah serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan pengikat, pengganti dan variabel terukur adalah kuat tekan beton 28 hari setelah konstruksi.

Tabel 1. Rincian sampel benda uji

No.	Presentasi serbuk kaca	<i>superplasticizer</i>	Uji <i>Slump Flow</i>	Uji Tekan 28 hari
1	0%	0%	1 sampel	3 sampel
2	5%	1,00%	1 sampel	3 sampel
3	10%	1,00%	1 sampel	3 sampel
4	15%	1,00%	1 sampel	3 sampel
Jumlah			4 sampel	12 sampel

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) ukuran maksimum 20mm, bahan substitusi semen berupa serbuk kaca, bahan tambah berupa *superplasticizer*, dan air. Lalu alat yang digunakan yaitu neraca timbang, satu set ayakan baja, alat pengujian yang terbagi menjadi dua yaitu alat uji *slump flow*, kerucut abrasi dengan diameter bawah 100 mm, diameter atas 200 mm dan tinggi 300 mm, *roll meter* dan *flow table* dan alat uji kuat tekan umur 28 hari mesin CTM (*compressive testing machine*) dengan kapasitas 2000 KN.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kadar air, kadar zat organik *specific gravity*, kadar lumpur, dan gradasi agregat halus. Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus.

Jenis	Pasir
Asal	Bogor
Ukuran maksimum	20 mm
Modulus kehalusan	1,5
Bulk specific gravity	2,2
Apparent specific Gravity	2,2
Absorpsi minimum	1,8

Berat	Cara Roding / pematatan	2000 gram
Volume		
	Cara shoveling / gembur	
Kadar air		
Kadar lumpur		± 40%
Perubahan Warna		Coklat Kemerahan

Hasil Pengujian Agregat Kasa

Pengujian agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kadar air, Specific gravity, gradasi agregat kasar, dan abrasi. Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Kasar.

Jenis		Kerikil
Asal		Bogor
Ukuran maksimum		15 mm
Modulus kehalusan		6,2 mm
Bulk specific gravity		2,26 g
Bulk specific gravity		2,41 g
Apparent specific Gravity		2,22,68 g
Absorpsi minimum		6,95
Berat	Cara Roding / pematatan	5,629 Kg
Volume		
	Cara shoveling / gembur	
Berat dalam air		3,186 Kg
Berat setelah direndam		6,055 Kg
Persentase endapan Lumpur		

Hasil Penelitian Mix Design Beton SCC

Perhitungan perencanaan mix design beton SCC atau *Self-Compacting Concrete* dilaksanakan menggunakan metode simpel mix design dengan mengacu pada EFNARC (*The European Federation of Specialist dan Concrete Systems*) tahun 2005. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan mix design untuk 4 benda uji silinder tinggi 30 mm dan diameter 150mm

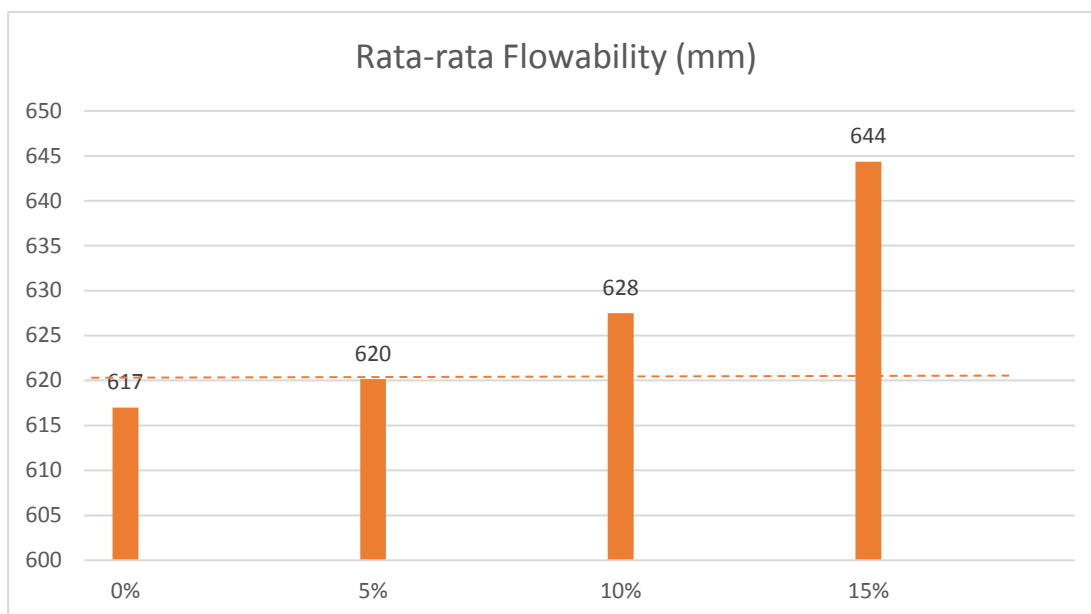
KEBUTUHAN BAHAN							
No	Variasi serbuk kaca	Serbuk Kaca (Kg)	PC (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (L)	Superplasticizer (1%)
1	0%	0	550	18,12	18,072	3,96	0%
2	5%	1,12	12,54	18,12	18,072	3,96	1%
3	10%	1,32	11,88	18,12	18,072	3,96	1%
4	15%	1,98	11,22	18,12	18,072	3,96	1%

Hasil Pengujian Slump Flow (Flowability)

Pengujian slump flow (aliran slump) adalah metode standar dalam industri konstruksi untuk mengukur konsistensi dan kecenderungan aliran beton segar (Geopolimer et al., 2023). Pengujian slump terhadap beton segar dilakukan sebelum meninjau nya terhadap kuat tekan beton itu sendiri Dimana pengujian slump mengacu pada EFNARC dengan melakukan slump flow test (Mahmud et al., 2023). Pengujian *Slump Flow* atau bisa disebut dengan *flowability* pada saat beton segar telah selesai dibuat dengan cara menuangkan campuran beton segar ke dalam kerucut abrams tanpa dengan adanya pemadatan. Pada uji *Slump Flow* hasilnya bisa dilihat dari seberapa besar sebaran maksimum yang di capai setiap campuran. Uji *Slump Flow* dilakukan sebanyak 3 kali percobaan setiap masing-masing variasi sampel beton segar. Data hasil pengujian *Slump Flow* beton SCC dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5 Hasil Pengujian Flowability

NO	Variasi %	Diameter 1(mm)	Diameter 1(mm)	Rata-Rata Slum Flow (mm)	Rata-Rata (mm)
1	0% (A)	600	650	625	
2	0% (B)	610	615	613	617
3	0% (C)	615	612	614	
4	5% (A)	620	621	621	
5	5% (B)	618	620	619	620
6	5% (C)	620	622	621	
7	10% (A)	625	625	625	
8	10% (B)	627	630	629	628
9	10% (C)	628	630	629	
10	15% (A)	640	645	643	
11	15% (B)	643	645	644	644
12	15% (C)	645	648	647	

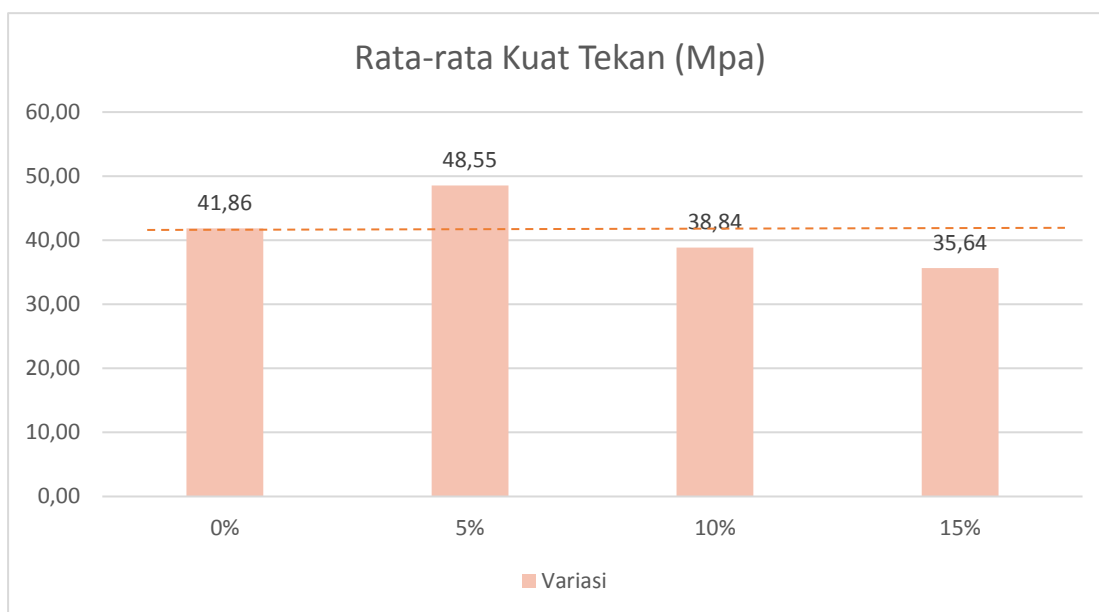


Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Pengujian kuat ketan beton SCC pada umur 28 hari diperoleh dari beton yang sudah di cetak dan melalui proses *curing*, *curing* sendiri dilakukan sebagai suatu langkah/tindakan untuk memberikan kesempatan pada semen/beton mengembangkan kekuatannya (Erlina & Cahyaning Kilang P, 2024). Proses *curing* atau perendaman beton dalam air, proses ini berfungsi untuk merawat beton selama proses hidrasi semen agar berjalan dengan baik serta menghindari keretakan (Handayani & Trisnawan, 2023). Dengan cara perendaman dalam kolam perendaman dengan sampel beton berbentuk silinder tinggi 300mm dan diameter 150mm. Pengujian dilakukan dengan mesin CTM atau *Compressing Testing Machine* digunakan sebagai pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton silinder (Purba Sasangka et al., 2023).

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Variasi	Gaya (N)	Luas Area (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata -Rata(Mpa)
A 0%	7400	176,79	41,86	41,86
B 0%	7450	176,79	42,14	
C 0%	7350	176,79	41,58	
A 5%	8550	176,79	48,36	48,55
B 5%	8650	176,79	48,93	
C 5%	8550	176,79	48,36	
A 10%	6900	176,79	39,03	38,84
B 10%	6950	176,79	39,31	
C 10%	6750	176,79	38,18	
A 15%	6300	176,79	35,64	35,64
B 15%	6250	176,79	35,35	
C 15%	5350	176,79	35,92	



3.2 Pembahasan

3.2.1 Pengujian Slump Flow (Floability)

Dari pengamatan hasil penelitian, pada Tabel 5 terdapat pengaruh kuat tekan beton pada usia 28 hari seiring dengan peningkatan variasi penambahan fly serbuk kaca. Semakin tinggi persentase serbuk kaca yang digunakan sebagai substitusi dalam campuran beton, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dari 4 persentase yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Dikatakan meningkat karena dari 0% di dapatkan hasil rata-rata 617mm, 5% sebesar 620mm, pada 10% di dapatkan hasil 628mm dan terakhir pada 15% pada angka 644mm. Menurut standar ACI (American Concrete Institut) No. 237R-07 diameter flow harus mencapai sebaran maksimum ber kisar antara 500 mm sampai dengan 850 mm. Di dalam penelitian lain juga di sebutkan pengujian slump flow test dilakukan untuk mengetahui flow ability adukan self compacting concrete agar memenuhi syarat yaitu 550 mm – 850 mm(Hadi et al., 2021). Dengan ini dapat di artikan bahwa hasil dari pengujian yang dilakukan telah memenuhi standar yang ada. Pada proses pembuatan dan pengujian benda uji terlihat perbedaan fisik dan visual yang berbeda setiap persentase serbuk kaca yang dilakukan, secara fisik kehalusan semen dan serbuk kaca sudah berbeda dan secara reaksi kimia yang berlangsung antara partikel silika dari butir kaca dan partikel alkali dari butir semen pada pori-pori dari mortar atau sering disebut *alkali-silica reacting (ASR)*, sehingga semen dan serbuk kaca mengalami reaksi dan mencapai titik optimal yang menyebabkan *slimp flow* beton segar mengalami peningkatan(Lasino et al., 2012).

3.2.2 Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Dalam penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Sampel dengan 4 persentase yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% variasi konsentrasi dari serbuk kaca yang digunakan dan hasilnya disajikan pada Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari di dapatkan hasil berturut-turut 41,86 Mpa , 48,55 Mpa , 38,84 Mpa , dan 35,64 Mpa. Nilai kuat tekan maksimum terjadi pada variasi 5% serbuk kaca dengan peningkatan yang terjadi sebesar 48,55 Mpa di dibandingkan dengan variasi lainnya. Kuat tekan beton SCC cenderung mengalami peningkatan jika jumlah serbuk kaca yang digunakan sedikit. Hal ini terjadi di sebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya dikarenakan proses pengikatan senyawa yang kurang baik akibat pengurangan fungsi semen itu sendiri dimana unsur senyawa alite (trikalsium silikat) yang berfungsi sebagai pembangun kekuatan awal beton berkurang (Cawidu, 2023).

Beton kontrol yang digunakan sebagai acuan memiliki nilai kuat tekan rerata 41,86 Mpa. Beton dengan bahan-tambah serbuk kaca sebagai filler atau biasa juga di sebut sebagai bahan pengisi pada beton, mencapai nilai kuat tekan rerata tertinggi pada variasi 5% serbuk kaca dengan nilai 48,55 Mpa. Nilai ini meningkat 6,69% dari kuat tekan beton kontrol mutu tinggi. Nilai kuat tekan rerata beton dengan bahan-tambah terendah berada pada variasi 15% serbuk kaca dengan nilai 35,64 Mpa. Nilai ini menurun sebesar 12,91% dari kuat tekan beton kontrol mutu tinggi. Semakin ditambah persentase penggunaan serbuk kaca ikatan mortar atau ikatan campuran dalam adukan beton menurun, kaca sebagai matrial pozzolan dimana kandungan kaca yaitu bahan yang mengandung silika atau senyawanya alumina, yang tidak memiliki sifat yang bisa mengikat seperti semen (Abriantoro & Susilowati, 2023). Hal ini dipengaruhi oleh penambahan serbuk kaca yang tidak terlalu mengikat beton yang mengurangi fungsi penggunaan semen, sehingga membuat air yang ada pada beton tidak terlalu mengikat, dan membuat fungsi kaca itu sendiri berubah menjadi pengisi rongga-rongga pada beton yang bersifat kedap air (Cawidu, 2023).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan pembahasan tentang limbah serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap Slump flow beton segar, dan kuat tekan umur 28 hari pada beton SCC (Self Compacting Concrete), diperoleh kesimpulan bahwa:

- a. Penggunaan limbah serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen variasi 5%, mencapai kuat tekan rata-rata yaitu 48,55 Mpa, variasi 10%, mencapai kuat tekan rata-rata yaitu 38,84 Mpa dan variasi 15% mencapai kuat tekan rata-rata yaitu 35,64 Mpa. Jadi diantara variasi tersebut ada yang memiliki pengaruh yang signifikan yaitu di variasi 5% dan ada juga yang mengalami penurunan yaitu di variasi 10% dan 15% terhadap Kuat tekan umur 28 hari beton SCC.
- b. Penggunaan limbah serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen persentase 5%, rata-rata diameter *flow* sebesar Ø620mm, 10% rata-rata diameter *flow* sebesar Ø628mm, dan 15% rata-rata diameter *flow* sebesar Ø644mm, dari nilai rata-rata *flow* yang didapat maka *Slump flow* memenuhi standar beton SCC (ACI No.237R-07).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abriantoro, A. P. (2023). Pengaruh Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Terhadap Durasi Initial Setting Time, Flowability Dan Kuat Tekan Umur 1 Hari Beton Self-Compacting Concrete (Scc) Dengan Penambahan 0,15% Citric Acid. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 7(2), 32–43. <https://doi.org/10.52447/jkts.v7i2.6852>
- Abriantoro, A. P., & Khana, J. R. (2023). Optimasi Mix Design Beton Melalui Teknologi Machine Learning. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 9(2), 94–107. <https://doi.org/10.31943/jri.v9i2.228>
- Abriantoro, A. P., & Susilowati, S. E. (2023). Eksperimental Substitusi Serbuk Kaca Pada Binder Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Self-Compacting Concrete (SCC) Pada Umur 1 Hari. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 9(1), 47–54. <https://doi.org/10.31943/jri.v9i1.218>
- Cawidu, W. A. (2023). *Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Palu Dan Agregat Halus Palu*. November, 16–17.
- Dewa, F. M., & Nurdianto, R. (2023). *TASIKMALAYA DAN GUNUNG KAYAMUTH GARUT*. 3(2), 10–17.
- Erlina ; Cahyaning Kilang P. (2024). Pengaruh Curing Menggunakan Air Sungaidan Air Sumur Terhadap Kuat Tekan Beton. *Civil Engeenering and Techlonogy Jurnal*, VI(1), 1–12.
- Faturahman, F. N., Artiningsih, T. P., Fakultas, B., Universitas, T., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Pakuan, U. (2021). *Pengaruh pemanfaatan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton*. 2, 1–8.

- Geopolimer, B., Fathurrahman, A., & Herbudiman, B. (2023). *Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash*. 330–334.
- Gunarso, Dian Purnamawanti, D. A., & Reki Arbianto. (2024). Inovasi Eco-Friendly Self Compacting Concrete Menggunakan Serbuk Cangkang Telur, Serbuk Granit, Dan Limbah Beton Untuk Mengurangi Limbah Di Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 29(1), 10–16. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v29i1.3027>
- Hadi, A. K., Supardi, S., Maruddin, M., Yusuf, A. A. A., & Samsuddin, R. H. (2021). Pengaruh Metode Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(1), 32. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i1.642
- Handayani, N. K., & Trisnawan, N. A. (2023). Pemanfaatan Steel Slag sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Pembuatan Beton HVFA-SCC Tahan Serangan Sulfat. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 16(2), 79–87. <https://doi.org/10.23917/dts.v16i2.23273>
- Hartini, H. (2020). Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas (Ac - Wc). *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 9(1), 10–17. <https://doi.org/10.55340/jmi.v9i1.648>
- Lasino, L., Rachman, D., & Sugiharto, B. (2012). Kajian Penggunaan Semen Portland Komposit Untuk Beton. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 2(2), 41. <https://doi.org/10.37209/jtbbt.v2i2.22>
- Lisa Oksri Nelfia, Julia Damayanti, Ade Okvianti Irfan, Giraldi Fardiaz Kuswanda, Marina Artiyasa, Paikun, & Muhammad Hamzah Sungkar. (2023). Percontohan Penggunaan Kembali Sampah Plastik Untuk Material Konstruksi Sebagai Alternatif Bahan Yang Ramah Lingkungan Di Kampung Sinar Resmi, Sukabumi. *Jurnal Abdi Nusa*, 3(3), 240–249. <https://doi.org/10.52005/abdinusa.v3i3.199>
- Mahmud, R. A., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2023). Analisis Kuat Tekan Terhadap Penggunaan Filler Fly Ash Pada High Strength Self Compacting Concrete. *Tekno*, 21(85). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/49171%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/49171/43105>
- Nicolaas, S., & Slat, E. N. (2019). Pemanfaatan Beton Pematatan Mandiri (Self Compacting Concrete) Sebagai Balok Struktur Dengan Menggunakan Agregat Lokal. *Jurnal Integrasi*, 11(2), 81–85. <https://doi.org/10.30871/ji.v11i2.1651>
- Panji, S., & Johari, G. J. (2023). *KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON SCC (SELF COMPACTING CONCRETE)*. 05(01), 5–10.
- Purba Sasangka, A., Musthofa Al Ansyorie, M., & Muchlis, M. (2023). Meningkatkan Kinerja Alat Pengujian Kuat Tekan Beton Di Laboratorium Uji Bahan Departemen Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Malang. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2023, 194–206. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
- Yogaswara, D., & Muhamad, V. (2023). Analisis Uji Lentur Beton SCC Dengan Menggunakan Pasir Cilopang. *Ocean Engineering: Jurnal ...*, 2(3). <https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/ocean/article/view/1156%0Ahttps://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/ocean/article/download/1156/911>