

Pengaruh Campuran Limbah *Tempered Glass* dan Limbah Ampas Tebu Untuk Pembuatan Beton Mutu Tinggi

The Effect of a Mixture Tempered Glass Waste and Bagasse Waste for Making High Quality Concrete

Titi Ariyanti^{1*}, Andy Eka Saputra², Resti Agustina³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung, Indonesia

*Email: titiariyanti@polinela.ac.id

Abstrak

Meningkatnya keperluan material beton menggunakan bahan-bahan dari alam seperti batuan alam dapat mengakibatkan eksploitasi sumber daya alam yang dapat mengganggu lingkungan. Perlu adanya inovasi bahan pembuat beton dengan menggunakan limbah *tempered glass* dari mobil bekas/ rusak dan limbah ampas tebu dalam implementasi pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *mix* desain beton dengan bahan tambah limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu, mengetahui kuat tekan beton serta efisiensi penggunaan limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu sebagai bahan tambah agregat halus. Sampel beton dibuat sebanyak 6 buah benda uji dengan cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Dari hasil penelitian diperoleh jumlah material untuk *mix design* campuran beton per m³ dengan persentase ampas tebu sebesar 3 persen dari berat semen dan *tempered glass* sebesar 15 persen dari berat pasir yaitu air sebesar 206,4512 liter, semen sebesar 870,682 kg, pasir sebesar 288,9575 kg, agregat kasar sebesar 963,36 kg, abu ampas tebu sebesar 26,9283 kg, serbuk kaca *tempered glass* sebesar 50,9925 kg dan *superplasticizer* sebesar 7,1808 kg. Nilai kuat tekan beton untuk benda uji umur 7 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 17,495 MPa, dan untuk benda uji 28 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 30,276 MPa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu dalam campuran beton tidak dapat digunakan untuk beton mutu tinggi, penggunaan limbah tersebut dapat digunakan untuk beton mutu rendah.

Kata kunci: Ampas Tebu; Beton; *Tempered Glass*

Abstract

The increasing need for concrete materials using materials from nature such as natural rocks can result in the exploitation of natural resources that can disrupt the environment. It is necessary to innovate concrete making materials by using *tempered glass* waste from used / damaged cars and bagasse waste in the implementation of concrete making. This study aims to determine the *mix design* of concrete with added ingredients of *tempered glass* waste and bagasse waste, determine the compressive strength of concrete and the efficiency of using *tempered glass* waste and bagasse waste as fine aggregate additives. Concrete samples were made as many as 6 test pieces with cylindrical molds with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm. From the results of the study, the amount of material for the *mix design* of concrete mixture per m³ with the percentage of bagasse by 3% of the weight of cement and *tempered glass* by 15% of the weight of sand, namely water by 206,4512 liters, cement by 870,682 kg, sand by 288,9575 kg, coarse aggregate by 963,36 kg, bagasse ash by 26,9283 kg, *tempered glass* powder by 50,9925 kg and *superplasticizer* by 7,1808 kg. The compressive strength value of concrete for 7-day old specimens obtained an average value of 17,495 MPa, and for 28-day specimens obtained an average value of 30,276 MPa. It can be concluded that the use of *tempered glass* waste and bagasse waste in concrete mixtures cannot be used for high quality concrete, the use of these wastes can be used for low quality concrete.

Keywords: Bagasse; Concrete; *Tempered Glass*

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang sangat cepat, serta munculnya istilah revolusi industri 4.0 ke era *society* 5.0 mendorong semua pihak untuk siap dalam perkembangan teknologi sekaligus menjadikan peran masyarakat dalam pengembangan infrastruktur dan siap menghadapi tantangan tersebut, termasuk Pemerintah Indonesia. Pembangunan infrastruktur bertujuan untuk pemerataan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Material konstruksi yang seringkali dipakai dalam struktur bangunan ialah beton [1].

Pembuatan material beton saat ini masih menggunakan bahan-bahan dari alam seperti batuan alam. Keperluan material beton yang terus meningkat dapat mengakibatkan eksploitasi sumber daya alam yang dapat mengganggu lingkungan [2]. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan dalam pembuatan beton seperti menggunakan limbah konstruksi, limbah industri, limbah rumah tangga, atau limbah pertanian. Seperti penerapan kaca dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tekan beton dan mengurangi dampak limbah kaca terhadap lingkungan [3].

Di Kota Bandar Lampung tak jarang dijumpai pedagang es tebu ataupun pabrik gula dengan bahan olah tebu, serta bengkel mobil bekas ataupun mobil rusak akibat kecelakaan. Abu ampas tebu cenderung mencemari udara karena ukurannya yang halus dan mudah beterbangan [4]. Dengan memperhatikan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian terkait inovasi bahan pembuat beton dengan menggunakan limbah *tempered glass* dari mobil bekas/rusak dan limbah ampas tebu dalam implementasi pembuatan beton.

Pemanfaatan bahan tambahan dalam pembuatan beton dapat memengaruhi kuat

tekan dan karakteristik beton [5]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui mix desain beton dengan bahan tambah limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu, mengetahui kuat tekan beton serta efisiensi penggunaan limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu sebagai bahan tambah agregat halus.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Ada tiga tahapan yang dilakukan pada penelitian ini. Tahap pertama adalah persiapan alat dan pemilihan material serta pengujian material yang akan digunakan. Tahap kedua yaitu merancang campuran beton (*mix design*), pembuatan dan perawatan benda uji beton. Tahap ketiga yaitu pengolahan data [1].

Pemilihan dan Pengujian Material

Adapun bahan-bahan yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut:

- Air bersih
- Semen menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) tipe I merek Semen Padang
- Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari daerah Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung
- Agregat kasar menggunakan batu pecah yang berasal dari daerah Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung
- Abu ampas tebu yang digunakan berasal dari pedagang minuman es tebu yang ada di Bandar Lampung.
- Serbuk *tempered glass* berasal dari kaca mobil bekas/rusak, diperoleh dari bengkel dan gudang mobil rusak akibat kecelakaan lalu lintas di Kota Bandar Lampung.

Berikut merupakan metode pemilihan dan pengujian material yang akan digunakan untuk pembuatan beton.

Abu Ampas Tebu

Ampas tebu sebanyak 2 kg dimasukkan ke dalam drum dan dibakar hingga menjadi abu. Abu disaring dengan saringan no. 200 untuk mendapatkan butiran yang halus. Abu tebu yang digunakan sebanyak 3% dari berat semen.

Serbuk Tempered Glass

Limbah kaca mobil jenis kaca *tempered glass* dihaluskan dengan cara ditumbuk dalam sebuah kaleng besi hingga halus. Selanjutnya disaring dengan saringan no. 100. Jumlah serbuk kaca yang digunakan sebanyak 15% dari berat pasir yang digunakan.

Agregat Kasar

Agregat kasar merujuk pada agregat dengan susunan butiran yang tertahan saringan no. 4 atau 4,75 mm [6]. Agregat kasar dicuci kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan diameter 4,75–19 mm. Untuk mencegah terjadinya penguapan, agregat ditampung dalam sebuah ember tertutup. Setelah itu dilakukan pengujian untuk menentukan kadar lumpur, berat jenis dan berat volume agregat kasar.

Agregat halus

Pasir dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kadar lumpur. Untuk memperoleh pasir dalam kondisi SSD, maka

ditambahkan sedikit air pada permukaan pasir dengan cara disemprotkan, lalu diaduk dengan merata dan diamparkan. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan kerucut baja beserta alat tumbuknya. Apabila kondisi SSD telah dicapai, pasir disimpan dalam kantong plastik yang diikat. Setelah itu diuji untuk memperoleh berat jenis dan berat volume agregat halus.

Metode Perhitungan Rancang Campuran Beton (*Mix Design*)

Proporsi campuran beton ditentukan berdasarkan SNI 03-6468-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang [7].

Menentukan Slump dan Kekuatan Rata-Rata Yang Ditargetkan

Untuk menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}') digunakan persamaan berikut:

$$f_{cr}' = \frac{f_c' + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$$

Menentukan Ukuran Agregat Kasar Maksimum

Untuk kuat tekan rata-rata < 62,1 MPa digunakan ukuran agregat maksimum 20–25 mm. Sedangkan untuk kuat tekan rata-rata > 62,1 MPa digunakan ukuran agregat maksimum 10–15 mm.

Tabel 1. Fraksi Volume Agregat Kasar yang Disarankan

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Volume Padat Kering Oven	0,65	0,68	0,72	0,75

Mengestimasi Kadar Air dan Kadar Udara

Bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat halus berpengaruh pada kadar rongga udara pasir, karena itu kadar rongga udara yang aktual dan kadar air harus dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut:

Kadar rongga udara = V

$$V = \frac{(1 - \text{Berat isi padat kering oven})}{\text{Berat jenis relatif (kering)}} \times 100$$

Koreksi kadar air

$$\text{liter/m}^3 = (V - 35) \times 4,75$$

Estimasi pertama kebutuhan air

pencampuran dan kadar udara beton segar dapat dilihat pada Tabel 2.
berdasarkan pasir dengan 35% kadar udara

Tabel 2. Estimasi Petama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Kadar Udara

Air Pencampur (Liter/m ³)					Keterangan
Slump	Ukuran agregat kasar maksimum (mm)				
(mm)	10	15	20	25	
25 ~ 50	184	175	169	166	
50 ~ 75	190	184	175	172	
75 ~ 100	196	190	181	178	
Kadar Udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan <i>Superplasticizer</i>

Menentukan rasio air terhadap bahan bersifat semen (w/(c+p))

Perhitungan rasio air terhadap bahan yang memiliki sifat semen harus dilakukan berdasarkan perbandingan berat. Berat air

yang terkandung dalam superplasticizer berbentuk cair juga harus dipertimbangkan dalam perbandingan air terhadap semen (w/(c+p)). Rasio air terhadap bahan bersifat semen yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rasio (w/(c+p)) Maksimum yang Disarankan (dengan Superplasticizer)

Air Pencampur (Liter/m ³)					Keterangan
Slump	Ukuran agregat kasar maksimum (mm)				
(mm)	10	15	20	25	
25 ~ 50	184	175	169	166	
50 ~ 75	190	184	175	172	
75 ~ 100	196	190	181	178	
Kadar Udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan <i>Superplasticizer</i>

Dimana, $f'_{cr} = \frac{f'_c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$

Menentukan Kadar Bahan Bersifat Semen

Kadar bahan bersifat semen per m³ beton dapat ditentukan dengan membagi kadar air dengan (c + p).

Menentukan Kadar Agregat Halus

Apabila jumlah semua bahan telah didapatkan, lalu dikonversikan ke dalam satuan volume (m³).

Jumlah agregat halus = 1 m³ - volume air - semen - agregat kasar

Lalu dikonversi kembali ke dalam satuan massa (kg).

Pembuatan Campuran Beton

Berikut adalah tahapan-tahapan

pembuatan benda uji berdasarkan perhitungan *mix design*:

- Menimbang material yang diperlukan seperti agregat kasar, abu ampas tebu, serbuk kaca tempered glass, semen, pasir dan air sesuai hasil perhitungan *mix design*.
- Mempersiapkan 6 cetakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
- Memasukan agregat kasar dan pasir ke dalam mesin *mixer*, lalu dicampur hingga merata.
- Mencampur semen, abu ampas tebu dan tempered glass dalam container hingga merata. Lalu dimasukkan kedalam mesin *mixer*, selanjutnya diaduk hingga merata.
- Memasukan air yang telah dicampur

dengan *superplasticizer* sedikit demi sedikit ke dalam mesin *mixer* pada saat bersamaan bahan-bahan yang telah dicampur tetap diaduk untuk memperoleh campuran yang merata.

- f. Saat adukan telah tercampur dengan merata, adukan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan silinder yang telah disiapkan.
- g. Adukan dimasukkan dalam 3 tahap, yang masing-masing tahap ditambahkan sebanyak $\frac{1}{3}$ tinggi cetakan. Dimana pada masing-masing tahap dilakukan pemadatan dengan vibrator untuk menghilangkan rongga udara dalam campuran.
- h. Meratakan permukaan benda uji, selanjutnya cetakan didiamkan selama 24 jam, sebelum sampel memasuki tahap perawatan (*curing*).

Perhitungan Kuat Tekan Beton

Sifat yang paling krusial dalam menilai kualitas beton adalah kekuatan tekan, lebih dominan dibandingkan dengan karakteristik lainnya. Kekuatan beton ini ditentukan melalui penyesuaian perbandingan antara semen, agregat kasar, agregat halus, serta air [8].

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder dinyatakan dalam MPa atau N/mm^2 [9]. Uji kuat tekan beton dilakukan pada benda uji dengan umur beton 7 hari dan 28 hari, kuat tekan beton ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dengan :

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Rancangan Campuran Beton (*Design Mix Formula*)

Data Properti Material

Pasir

$$B_j = 2,51$$

$$B_v = 1433,6 \text{ kg/m}^3$$

$$MK = 2,4874$$

Agregat Kasar

$$B_j = 2,7768$$

$$B_v = 1338 \text{ kg/m}^3$$

Menentukan Nilai Slump dan Kuat Tekan Rencana

$$\text{Slump rencana} = 25 - 50 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tekan rencana} = 60 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = \frac{60 + 9,66}{0,9} = 77,4 \text{ MPa}$$

Menentukan Ukuran Agregat Maksimum

Ukuran agregat yang digunakan sekitar 20 mm atau lolos saringan no. $\frac{3}{4}$ "

Menentukan Ukuran Agregat Maksimum

Berdasarkan Tabel 1 maka diperoleh fraksi agregat kasar adalah 0,72 sehingga berat agregat kasar $963,36 \text{ kg/m}^3$.

Kadar Air Pencampur dan Kadar Udara

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh kebutuhan air adalah sebanyak 169 liter/ m^3 dan kadar udara sebesar 2,5%. Sehingga diperoleh kadar rongga udara sebesar 42,88% dan koreksi kadar air sebesar 37,4512 liter/ m^3 .

Faktor Air Semen (FAS)

Dari Tabel 3 untuk beton kekuatan tinggi dengan *superplasticizer* dan ukuran agregat maksimum 20 mm. maka kekuatan lapangan:

$$f'_{cr} = 0,90 \times 77,4 = 69,66 \text{ MPa}.$$

Setelah di-interpolasi, diperoleh nilai rasio $w(c + p) = 0,23$.

Kebutuhan Semen

Kebutuhan semen diperoleh dari hasil bagi kebutuhan dengan faktor air semen sehingga diperoleh 897,61 kg/m³.

Volume Total Semua Bahan Tanpa Pasir

Untuk memperoleh volume total semua bahan tanpa pasir, maka semua kebutuhan bahan yang telah dihitung di konversikan kedalam satuan liter dengan cara membagi masing-masing kebutuhan bahan dengan berat jenisnya. Maka kebutuhan volume pasir per m³ beton sebesar 136,6671 liter. Dikonversi menjadi berat pasir kering oven sebesar 339,95 kg/m³

Kebutuhan Abu Tebu, Semen dan Superplasticizer

Berat abu ampas tebu:

$$\begin{aligned} 3\% \text{ dari berat semen} &= 3\% \times 897,61 \\ &= 26,9283 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat semen:

$$\begin{aligned} &= \text{berat semen awal} - \text{berat abu ampas tebu} \\ &= 897,61 - 26,9283 = 870,682 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat *superplasticizer*:

$$\begin{aligned} 0,8\% \times \text{berat semen} &= 0,8\% \times 897,61 \\ &= 7,1808 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat serbuk kaca:

$$\begin{aligned} 15\% \times \text{berat pasir} &= 15\% \times 339,95 \\ &= 50,9925 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat pasir:

$$\begin{aligned} &\text{berat pasir awal} - \text{berat serbuk kaca} \\ &= 339,95 - 50,9925 \\ &= 288,9575 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4. Kebutuhan Untuk Tiap m³

Material	Kebutuhan
Air	206,4512 liter/m ³
Semen	870,682 kg/m ³
Pasir	288,9575 kg/m ³
Agregat Kasar	963,36 kg/m ³
Abu Ampas Tebu	26,9283 kg/m ³
Serbuk <i>Tempered Glass</i>	50,9925 kg/m ³
<i>Superplasticizer</i>	7,1808 kg/m ³

Berdasarkan hasil perhitungan *mix design*, maka dapat ditentukan kebutuhan tiap-tiap material untuk membuat 6 sampel

uji dengan bentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. *Mix design* untuk 1 dan 6 sampel silinder

Material	1 Sampel	6 Sampel	Satuan
Agregat Kasar	1,51	9,1	Kg
Pasir	0,45	2,7	Kg
Air	0,32	1,92	Liter
Semen PCC Tipe I	1,37	8,22	Kg
<i>Superplasticizer</i>	0,01	0,06	Kg
Abu Ampas Tebu	0,04	0,24	Kg
Serbuk <i>Tempered Glass</i>	0,08	0,48	Kg

Pembuatan Sampel Beton

Sampel beton dibuat sebanyak 6 buah benda uji dengan cetakan silinder dengan

ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Bahan *Tempered Glass* dan Ampas Tebu dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. *Tempered Glass*



Gambar 2. Ampas Tebu

Proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Proses Pencampuran Adukan



Gambar 4. Proses Pembuatan Benda Uji

Hasil Pengujian

Nilai slump yang direncanakan adalah 2,5–5,0 cm, pada penelitian ini didapatkan

nilai slump sebesar 8,5 cm. Sehingga nilai slump tersebut tidak sesuai dengan rencana seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji Slump

Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression testing machine*

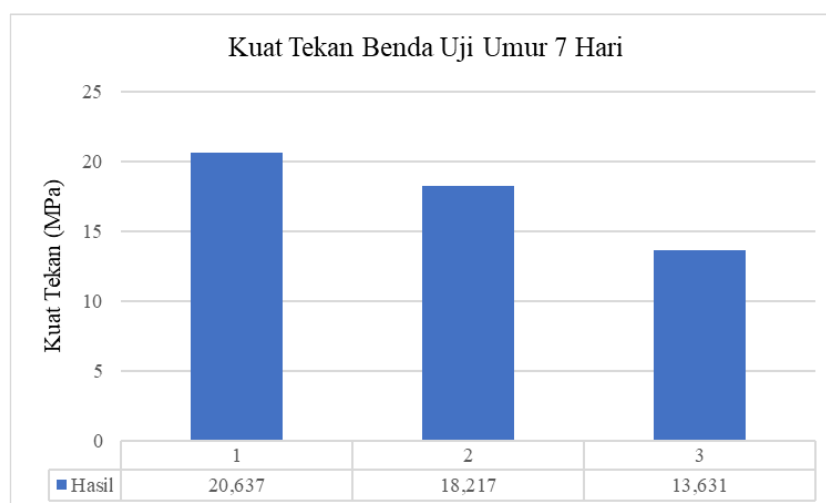
dilakukan pada benda uji umur 7 hari dan umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 6.



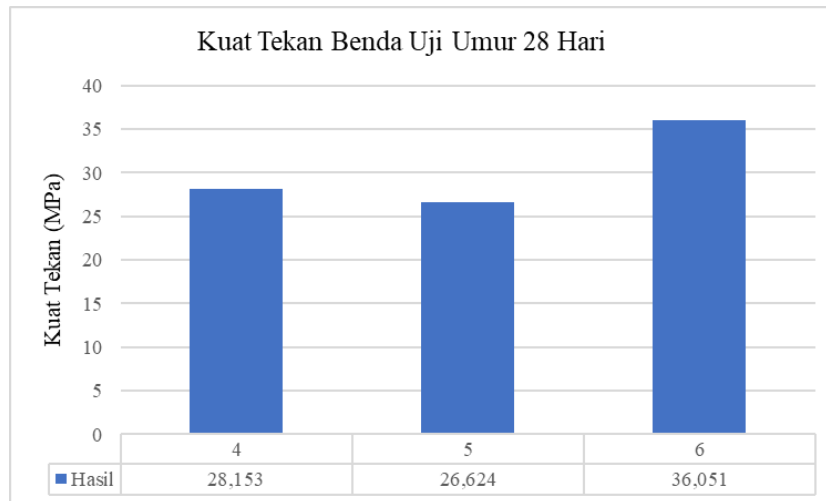
Gambar 6. Uji Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton yang ditampilkan pada

Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



Gambar 8. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan, penambahan ampas tebu 3% dari berat semen dan serbuk *tempered glass* 15% dari berat pasir diperoleh kuat tekan beton maksimum sebesar 36,051 MPa. Nilai kuat tekan beton untuk benda uji umur 7 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 17,495 MPa, dan untuk benda uji 28 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 30,276 MPa. Sehingga kuat tekan beton tersebut tidak sesuai dengan kuat tekan rencana sebesar 60 MPa.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa inovasi beton dengan menggunakan abu ampas tebu yang disubstitusikan terhadap semen dan serbuk *tempered glass* yang disubstitusikan terhadap pasir dapat mengurangi penggunaan material, sehingga dapat berkontribusi dalam pengelolaan limbah yang bermanfaat. Jumlah material untuk mix design campuran beton per m³ dengan persentase ampas tebu sebesar 3% dari berat semen dan *tempered glass* sebesar 15% dari berat pasir yaitu air sebesar 206,4512 liter, semen sebesar 870,682 kg, pasir sebesar 288,9575 kg, agregat kasar sebesar 963,36 kg, abu ampas tebu sebesar 26,9283 kg, serbuk kaca *tempered glass*

sebesar 50,9925 kg dan *superplasticizer* sebesar 7,1808 kg.

Nilai kuat tekan beton untuk benda uji umur 7 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 17,495 MPa, dan untuk benda uji 28 hari diperoleh nilai rata-rata sebesar 30,276 MPa. Dari hasil yang diperoleh penggunaan limbah *tempered glass* dan limbah ampas tebu dalam pembuatan campuran beton tidak dapat digunakan untuk beton mutu tinggi, penggunaan limbah tersebut dapat digunakan untuk beton mutu rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tisnawati and D. Kumalasari, "Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton," vol. 33, no. 1, pp. 29–36, 2019.
- [2] O. Kurnianingsih, C. G. Pradan H. S., K. H. Pratiwi, A. T. Rahmi, and S. J. Legowo, "Pemanfaatan Limbah Botol Plastik dan Masker Untuk Pembuatan Deker Saluran Beton Ramah Lingkungan di Desa Ngijo," *J. Abdi Insa.*, vol. 9, no. 4, pp. 1319–1328, Dec. 2022, doi: 10.29303/abdiinsani.v9i4.746.
- [3] S. Apriwelni and N. B. Wirawan, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi,” *J. Saintis*, vol. 20, no. 01, pp. 61–68, 2020, doi: 10.25299/saintis.2020.vol20(01).4846

- [4] I. Styaningsih, D. Sulistyorini, I. Yasin, and A. Sutarto, “Pengaruh Campuran Abu Ampas Tebu Dan Flyash Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal,” *J. Surya Bet.*, vol. 6, no. 2, pp. 7–14, 2022.
- [5] E. B. Saputra, L. I. Gunawan, and H. A. Safarizki, “Pengaruh Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Beton Normal,” *Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 67–71, 2019, doi: 10.32585/modulus.v1i2.589.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium,” *Badan Standar Nasional Indonesia*. pp. 1–23, 2011.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 03-6468-2000 Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abuterbang.” Jakarta, pp. 1–18, 2000.
- [8] T. Putra, H. Manalip, and M. R. I. A. J. Mondoringin, “Pengaruh Substitusi Parsial Semen Dengan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Porous,” *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 5, pp. 665–670, 2020.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder,” *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*. pp. 1–20, 2011.