

Pengaruh Limbah Las Karbit dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Bahan Penyusun *Paving Block* Terhadap Sifat Mekanik

The Effect of Carbide Welding Waste and Glass Waste as Substitutes for Paving Block Ingredients on Mechanical Properties

Dovita Jointina, Jafar

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Article Info	Abstrak
Article history: Received 27, Januari, 2024 Revised 17, Oktober, 2024 Accepted 26, Oktober, 2024	Inovasi material maju dilakukan untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan karena memanfaatkan limbah sebagai bahan penyusun <i>paving block</i>. Limbah karbit memiliki unsur yang menyerupai semen berupa SiO_2 dan CaO sehingga penggantian sebagian semen dengan limbah karbit diharapkan mampu menghasilkan peran perekat dalam campuran. Dari sisi ukuran butiran, limbah karbit lolos ayakan no.100 sehingga bisa dikategorikan sebagai serbuk. Limbah kaca, dari sisi kehalusan butirannya, dijadikan sebagai pengganti pasir karena butirannya lolos ayakan no.4. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah las karbit dan kaca sebagai material substitusi terhadap mutu <i>paving block</i> (PB). Limbah kaca digunakan sebagai pengganti pasir secara konstan pada persentase 20%, sedangkan limbah karbit sebagai pengganti semen pada persentase 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Penelitian diawali dengan melakukan pemeriksaan propertis material, penentuan proporsi campuran, pembuatan dan perawatan benda uji. Selanjutnya dilakukan pengujian mekanik untuk mendapatkan nilai kuat tekan, keausan, dan penyerapan air. Hasil pengujian menunjukkan mutu optimal didapatkan pada <i>paving block</i> kontrol (G0C0) dengan nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air sebesar 37,03 MPa, 0,27 mm/menit, 7,63%. Kemudian, diikuti oleh variasi dengan penggantian 2,5% limbah karbit terhadap semen (G0C2,5) dengan nilai 22,18 MPa; 0,58 mm/menit; dan 10,41%. Setelah itu, diikuti oleh variasi dengan penggantian 5% limbah karbit terhadap semen dan penggantian 20% limbah kaca terhadap pasir (G20C5) dengan nilai 14,91 MPa; 0,62 mm/menit; dan 10,84%. Berdasarkan hasil pengujian, didapat kesimpulan adanya penurunan mutu <i>paving block</i> saat ditambahkan kedua limbah.
Kata Kunci Kuat tekan Limbah kaca Limbah las karbit Paving block Penyerapan air	
Keywords: Compressive strength Glass waste Carbide waste Paving blocks Water absorbsion	
	Abstract <i>Advanced material innovation is carried out to reduce the impact of environmental damage by utilizing waste as a constituent material for paving blocks. Carbide waste has elements that resemble cement in the form of SiO_2 and CaO so that partial replacement of cement with carbide waste is expected to produce an adhesive role in the mixture. In terms of grain size, carbide waste passes sieve no.100 so that it can be categorized as powder. Glass waste, in terms of grain fineness, is used as a substitute for sand because its grains pass sieve no.4. The research aims to determine the effect of carbide welding</i>

waste and glass as a substitute material on the quality of paving blocks (PB). Glass waste was used as a constant substitute for sand at a percentage of 20%, while carbide waste as a substitute for cement at a percentage of 2,5%, 5%, 7,5%, and 10%. The research began with examining the material properties, determining the mixture proportion, making and treating the test specimens. Furthermore, mechanical testing was carried out to obtain compressive strength, wear, and water absorption values. The test results showed that the optimal quality was obtained in the control paving block (G0C0) with compressive strength, wear resistance, and water absorption values of 37,03 MPa, 0,27 mm/min, 7,63%. Then, followed by the variation with 2,5% replacement of carbide waste to cement (G0C2,5) with values of 22,18 MPa; 0,58 mm/min; and 10,41%. After that, it is followed by the variation with 5% replacement of carbide waste to cement and 20% replacement of glass waste to sand (G20C5) with values of 14,91 MPa; 0,62 mm/min; and 10,84%. Based on the test results, it is concluded that there is a decrease in the quality of paving blocks when the two wastes are added.

Corresponding Author: Jafar, jafar@uii.ac.id

A. PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan diikuti dengan peningkatan penggunaan material seperti pasir dan semen terhadap produk konstruksi salah satunya *paving block*. *Paving block* adalah produk beton berbentuk blok kecil yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrasi sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bahan beton itu (SNI 03-0691-1996). Pasir dan semen merupakan material yang tidak terbarukan. Artinya, peningkatan penggunaan dua material ini dalam dunia konstruksi akan berdampak pada lingkungan, oleh karena itu diperlukan alternatif solusi untuk dapat mengurangi ketergantungan atas penggunaan material-material ini.

Salah satu upaya pengurangan penggunaan pasir dan semen adalah dengan melakukan pemanfaatan limbah dengan menjadikannya sebagai bahan pengganti material penyusun *paving block*. Penelitian tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan pembuatan *paving block* pernah dilakukan oleh Adani, dkk., (2024); Sergi, dkk., (2024); Sultan, dkk.,

(2020). Dalam penelitian-penelitian tersebut pasir sebagai salah satu penyusun *paving block* disubstitusikan dengan berbagai macam limbah seperti: serbuk keramik, serbuk kaca, *sludge smelter nikel*, dan limbah plastik PP. Dalam penelitian lain, penggunaan semen untuk pembuatan beton disubstitusi dengan limbah las karbit seperti yang dilakukan oleh Wilda, dkk., (2022); Taufik, dkk., (2017); Tokede dan Wardhono, (2018). Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Merujuk pada penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini kebaruan yang dibuat adalah pemanfaatan limbah las karbit sebagai substitusi parsial semen serta limbah serbuk kaca sebagai substitusi parsial pasir pada pembuatan *paving block*.

Limbah karbit merupakan limbah yang didapatkan dari sisa bahan bakar gas las asetilena yang berbentuk serbuk dan berbau menyengat. Menurut PP RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah karbit merupakan limbah B3 (bahan berbahaya

dan beracun) yang dapat berdampak pada pencemaran udara dan kesehatan masyarakat (Tokede dan Wardhono, 2018). Kandungan utama limbah ini adalah CaO sebesar 46,79% dan SiO_2 sebesar 13,25% (Taufik, dkk., 2017), di mana serupa dengan unsur pada semen sehingga penggantian limbah las karbit terhadap semen diharapkan mampu menghasilkan ikatan perekat. Dari segi ukuran butirannya, limbah karbit merupakan butiran yang lolos ayakan no.100 sehingga bisa dikategorikan sebagai serbuk. Limbah kaca merupakan limbah yang ikut peran dalam menyumbang sampah nasional, di mana berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2022), limbah kaca berada di persentase 2,229% dari total seluruh limbah di Indonesia per tahun yaitu sebanyak 36 juta ton. Sifat kaca yang dapat melindungi produk dari serangan kimia maupun cuaca membuatnya banyak digunakan pada berbagai kemasan namun kaca merupakan limbah yang sangat sulit diuraikan. Peluang limbah kaca dapat dijadikan bahan pengganti pasir dapat dilihat dari ukuran butirannya, di mana limbah kaca merupakan limbah yang dapat lolos ayakan no.4 sehingga memenuhi syarat ukuran butiran agregat halus berdasarkan SNI (Tamanna, dkk., 2020). Bahan kaca merupakan bahan dengan durabilitas yang tinggi, kuat, dan kedap air sehingga diharapkan mampu meningkatkan mutu *paving* (Arivalagan & Sethuraman, 2020). Pemanfaatan limbah las karbit dan limbah kaca dapat menjadi salah satu solusi dalam hal mengurangi jumlah limbah dan ikut serta mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah.

Pada penelitian ini dilakukan substitusi limbah kaca sebesar 20%

terhadap pasir secara konstan sebagai variabel terikat sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Malik, (2013) dan Arivalagan dan Sethuraman (2020), di mana pada persentase tersebut dihasilkan kuat tekan paling optimal yakni 35,11 MPa dan 27,11 MPa, berturut-turut. Persentase limbah karbit dilakukan pada nilai 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% substitusi terhadap semen sebagai variabel bebas dengan tujuan untuk mencari persentase limbah las karbit terhadap semen yang menghasilkan mutu *paving* paling optimal sesuai dengan penelitian Taufik, dkk (2017) dan Makmur, dkk., (2022).

Pemanfaatan limbah pada material *paving block* ditinjau dari tiga aspek yaitu kuat tekan, keausan, dan daya serap air yang disesuaikan dengan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton, guna mengetahui pengaruh limbah terhadap mutu *paving* dan membandingkannya dengan *paving* kontrol. Untuk batasan-batasan pada penelitian antara lain: (1) Butiran limbah kaca yang dipakai merupakan butiran lolos ayakan no.4 (4,75 mm); (2) Limbah las karbit merupakan limbah yang lolos ayakan no. 100 yang didapatkan dari bengkel las di daerah Sleman, DIY; (3) Pasir yang digunakan merupakan pasir merapi; (4) Semen yang digunakan merupakan *semen portland composite* (PCC) merk Tiga Roda; (5) Campuran perbandingan pasir dan semen 1:3; (6) Fas yang digunakan sebesar 0,4; (7) Benda uji merupakan *paving block* tipe Holland dengan ukuran 200 mm × 100 mm × 60 mm dengan jumlah sebanyak 35 sampel; (8) Persentase pengganti semen dari limbah las karbit dilakukan pada persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%; (9) Persentase pengganti pasir dari limbah kaca dilakukan pada persentase 0% dan 20%; (10) Pengujian dilakukan pada benda uji

berumur 28 hari dengan metode perawatannya direndam selama 21 hari dan didiamkan pada suhu ruang selama 7 hari.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pemeriksaan Limbah Las Karbit

Pada penelitian, limbah las karbit dijadikan sebagai substitusi semen. Sebelum digunakan, limbah las karbit dilakukan penyaringan dengan menggunakan ayakan no.100 untuk mendapatkan tekstur serbuk yang halus tanpa gumpalan, serta dalam keadaan kering. Limbah las karbit dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**



Gambar 1. Limbah las karbit

2. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus ini dilakukan mendapatkan propertis agregat. Ini merupakan salah satu bentuk pengawasan terhadap kesesuaian material yang dipakai terhadap peraturan atau persyaratan yang berlaku. Adapun pemeriksaan yang dilakukan antara lain pemeriksaan analisis saringan atau MHB, berat jenis dan penyerapan air, berat isi padat dan gembur, serta kandungan lumpur. Dalam penelitian ini, limbah kaca digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus. Oleh karena itu, dilakukan juga pemeriksaan bahan yang sama seperti yang dilakukan pada agregat halus. Limbah kaca yang dipakai pada penelitian ini merupakan kaca botol

minuman dan kaca bening dengan ukuran lolos ayakan 0,15 mm – 1,18 mm seperti dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**



Gambar 2. Limbah Kaca

Berdasarkan hasil pemeriksaan, agregat halus yang digunakan pada penelitian ini masuk dalam klasifikasi pasir dengan gradasi II (agak kasar). Untuk limbah kaca, hasil pemeriksaan menunjukkan material ini masuk dalam klasifikasi agregat dengan gradasi II (agak halus).

C. METODE PENELITIAN

1. Variasi dan Jumlah Sampel

Dalam penelitian ini terdapat 7 variasi campuran dengan jumlah benda uji masing-masing 5 buah untuk setiap variasinya. Jenis variasi dan banyaknya sampel bisa dilihat pada Tabel 1. Huruf G pada kode penamaan merujuk pada persentase *glass* (limbah kaca), sedangkan huruf C merujuk pada persentase *carbide* (limbah karbit). Contoh, G20C2,5 adalah variasi sampel dengan persentase limbah kaca 20% dan persentase limbah karbit 2,5%.

2. Komposisi Bahan Campuran

Komposisi masing-masing bahan pada campuran didapatkan dengan melakukan perhitungan *mix design*. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan variasi persentase limbah dan banyaknya sampel pada masing-masing variasi persentase pengganti material utama

dengan limbah. Kebutuhan material campuran dari *paving* bisa dilihat pada Tabel 2.

3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin pencetak dengan faktor pemadatan mesin sebesar 1,3. Benda uji yang dibuat berukuran 200

mm × 100 mm × 60 mm sebanyak 5 buah untuk masing-masing variasi sehingga jumlah sampel yang dibuat sebanyak 35 sampel. Sampel-sampel tersebut kemudian dipotong menjadi sampel dengan ukuran 60 mm × 60 mm × 60 mm sehingga dihasilkan 105 sampel dengan ukuran tersebut. Sampel ini yang kemudian diuji untuk mendapatkan nilai kuat tekan, penyerapan air, serta keausan.

Tabel 1. Variasi dan jumlah sampel

Kode	Persentase Limbah Kaca (%)	Persentase Limbah Las Karbit (%)	Jumlah Sampel (200 × 100 × 60 mm)	Jumlah Sampel (60 × 60 × 60 mm)		
				Kuat Tekan	Daya Serap Air	Keausan
G0C0	0	0	5	5	5	5
G20C0	20	0	5	5	5	5
G0C2,5	0	2,5	5	5	5	5
G20C2,5	20	2,5	5	5	5	5
G20C5	20	5	5	5	5	5
G20C7,5	20	7,5	5	5	5	5
G20C10	20	10	5	5	5	5
Total Sampel			35	105		

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan kebutuhan *mix design*

Kode Variasi	Persentase		Semen (gr)	Limbah Las Karbit (gr)	Pasir (gr)	Limbah Kaca (gr)
	Limbah Las Karbit (%)	Limbah Kaca (%)				
G0C0	0	0	3430,25	0	10290,74	0
G20C0	20	0	3430,25	0	8232,59	2058,15
G0C2,5	0	2,5	3344,49	85,76	10290,74	0
G20C2,5	20	2,5	3344,49	85,76	8232,59	2058,15
G20C5	20	5	3258,73	171,51	8232,59	2058,15
G20C7,5	20	7,5	3172,98	257,27	8232,59	2058,15
G20C10	20	10	3087,22	343,02	8232,59	2058,15
Jumlah Kebutuhan			23068,40	943,32	61744,41	10290,74

4. Perawatan (Curing)

Perawatan benda uji dilakukan dengan metode perendaman selama 21 hari dan didiamkan pada suhu ruang selama 7 hari, sehingga umur benda uji saat dilakukan pengujian berumur 28 hari. Hal ini dikarenakan saat umur 28 hari kekuatan dari *paving block* telah mencapai kekuatan maksimal (Tjokrodinuljo, 2007).

5. Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang bata beton yang terdiri atas tiga pengujian antara lain kuat tekan, daya serap air, dan keausan. Berdasarkan pada SNI 03-0691-1996, syarat mutu dari *paving block* dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3, *paving block* diklasifikasikan ke dalam 4 kategori mutu yakni A, B, C, dan D sesuai dengan

penggunaannya. Mutu A menunjukkan bahwa *paving block* bisa digunakan untuk jalan. *Paving* dengan mutu B dapat digunakan untuk pelataran parkir. *Paving*

dengan mutu C dapat digunakan untuk pejalan kaki. Kemudian, *paving* dengan mutu D dapat digunakan untuk taman.

Tabel 3. Syarat mutu *paving block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks. (%)
	Rata-Rata	Min.	Rata-Rata	Min.	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

Kuat tekan dihitung dengan persamaan (1) :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang tekan (mm²)

Penyerapan air dihitung dengan persamaan (2) :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

A = Berat *paving* basah

B = Berat *paving* basah

Keausan dihitung dengan persamaan (3) :

$$D = 1,26G + 0,024 \quad (3)$$

Keterangan :

D = Keausan (mm/menit)

G = Kehilangan berat (gr/menit)

Proses pengujian sampel dapat dilihat pada Gambar 3.

6. Uji Statistik

Uji statistik yang dilakukan meliputi uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran data yang dipakai

sebagai acuan terdistribusi normal atau tidak (Rahman, 2014). Pengujian dilakukan dengan metode *Shapiro wilk* dan taraf signifikansi (*p*) yang dipakai adalah 0,05. Uji Homogenitas dilakukan untuk mengetahui dua kelompok atau lebih data yang dipakai data dengan varian atau karakteristik yang sama. Uji statistika pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan aplikasi SPSS versi 26.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, berat isi padat dan gembur, serta kandungan lumpur.

Dari hasil pemeriksaan didapatkan MHB pasir sebesar 3,244 dengan gradasi kehalusan butiran masuk ke gradasi II (pasir agak kasar), sedangkan MHB serbuk kaca sebesar 2,577 dengan gradasi kehalusan butiran masuk ke gradasi III (pasir agak halus). Menurut SNI 7656:2012, persyaratan MHB berada di 2,5-3,8 sehingga hasil pengujian sudah sesuai syarat.

Dari hasil pemeriksaan didapatkan nilai berat jenis dan penyerapan air untuk pasir sebesar 2,688 dan 2,67% sedangkan untuk serbuk kaca sebesar 2,561 dan 1,42%. Menurut Tjokrodinuljo, (2007),

batasan berat jenis berada di 2,5-2,7 dengan penyerapan air maksimal 5%, sehingga dapat dinyatakan hasil pemeriksaan sudah sesuai.



(a) Pengujian Kuat Tekan



(b) Perendaman untuk keperluan pengujian penyerapan air



(c) Proses Pengujian keausan

Gambar 3. Pengujian *paving block*

Dari hasil pemeriksaan didapatkan nilai berat isi padat dan gembur pasir sebesar 1,759 gr/cm³ dan 1,612 gr/cm³ sedangkan untuk serbuk kaca sebesar

1,399 gr/cm³ dan 1,129 gr/cm³. Hasil berat isi padat pasir lebih besar dari serbuk kaca artinya serbuk kaca lebih padat daripada pasir.

Dari hasil pemeriksaan didapatkan persentase kandungan lumpur pasir sebesar 4,7% sedangkan untuk kandungan lumpur serbuk kaca sebesar 2,5%. Menurut SNI 7656:2012, nilai kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%, sehingga hasil pemeriksaan sudah memenuhi syarat.

2. Kuat Tekan *Paving Block*

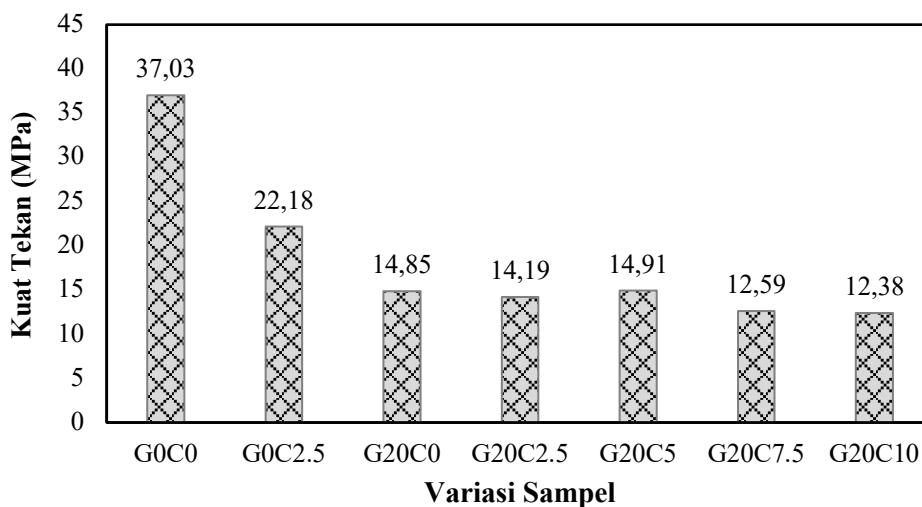
Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada seluruh sampel *paving block*, didapatkan hasil kuat tekan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil yang didapat pada setiap variasi kemudian diolah dengan metode statistik untuk mengetahui apakah hasilnya bersifat normal dan homogen yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil uji statistik diketahui bahwa data yang dipakai merupakan data yang bersifat normal dan homogen. Dari hasil grafik nilai kuat tekan diketahui nilai optimal terjadi di variasi G0C0 sebesar 37,028 MPa, diikuti sampel variasi G0C2,5 sebesar 22,180 MPa, dan sampel variasi G20C5 sebesar 14,910 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan kedua limbah sebagai bahan pengganti menurunkan mutu dari *paving block*. Penyebab dari penurunan nilai saat ditamhakkannya limbah kaca adalah karena adanya peristiwa ASR (alkali silika reaksi) yang menimbulkan gel alkali yang membuat pasta semen menjadi pecah sehingga *paving* menjadi rapuh dan berdampak pada penurunan kuat tekan (Tamanna, dkk., 2020). Tidak hanya itu, penambahan limbah las karbit juga menurunkan nilai kuat tekan dikarenakan kandungan $Ca(OH)_2$ pada karbit dengan persentase yang begitu

besar hanya menjadi residu dan dibuang begitu saja (tidak berikatan), sehingga mengurangi kepadatan dari benda uji

yang mana akan mempengaruhi penurunan kuat tekan (Adamu, dkk., 2021).



Gambar 4. Nilai kuat tekan *paving block*

Tabel 4. Hasil uji normalitas dan homogenitas untuk uji kuat tekan

Variasi	Sig. (<i>Shapiro Wilk</i>)	Ket.	Sig. (<i>Levene</i>)	Ket.
G0C0	0,189	Terdistribusi normal		
G20C0	0,743	Terdistribusi normal		
G0C2,5	0,487	Terdistribusi normal		Data dengan
G20C2,5	0,802	Terdistribusi normal	0,362	varian yang
G20C5	0,831	Terdistribusi normal		sama
G20C7,5	0,066	Terdistribusi normal		(homogen)
G20C10	0,356	Terdistribusi normal		

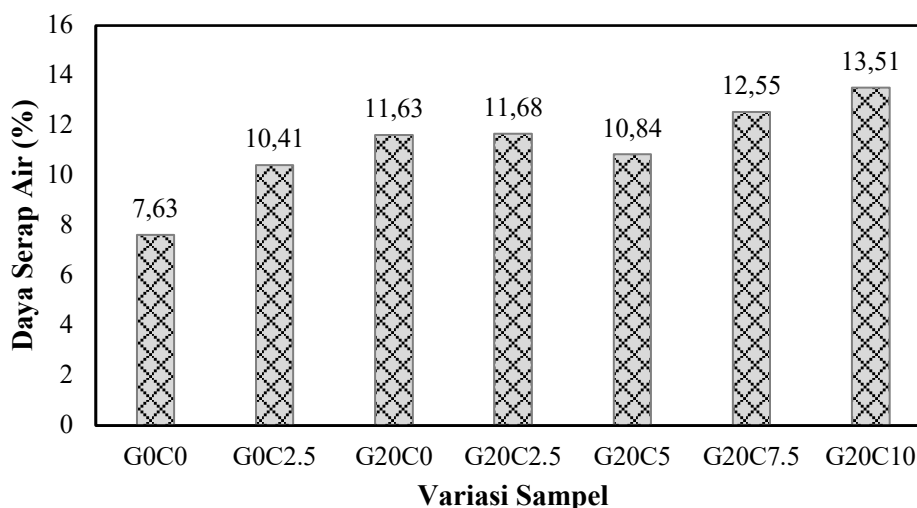
Dibandingkan dengan limbah kaca, limbah las karbit menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dikarenakan SiO_2 pada karbit berikatan dengan residu yang dihasilkan dari semen yaitu senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang menghasilkan kalsium silikat hidrat dan ikut menambah peran perekat (Dueramae, dkk., 2018). Oleh karena itu, hasil nilai kuat tekan pada variasi G20C5 lebih besar daripada nilai kuat tekan variasi G20C0 karena limbah las karbit ini ikut membantu menaikkan nilai kuat tekan. Hasil yang didapat akan ditinjau berdasarkan acuan yang tercantum dalam SNI 03-0691-1996.

3. Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada Gambar 5 dan data

pengujian statistik dapat dilihat pada Tabel 5. Dari hasil uji statistik diketahui bahwa data yang dipakai merupakan data yang bersifat normal dan homogen. Pada Gambar 5. diketahui nilai optimal terjadi di variasi G0C0 sebesar 7,633%, diikuti sampel pada variasi G0C2,5 sebesar 10,413%, dan sampel pada variasi G20C5 sebesar 10,844%. Penyebab dari kenaikan nilai dikarenakan saat ditambahkan limbah kaca terjadi ASR (alkali silika reaksi) sehingga adanya retakan yang membuat *paving* menjadi porous dan mudah menyerap air (Tamanna, dkk., 2020).

Penambahan limbah las juga menaikkan nilai serap air dikarenakan limbah ini bersifat mudah menyerap air (Dewi, dkk 2016).



Gambar 5. Nilai daya serap air *paving block*

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas untuk Uji Daya Serap Air

Variasi	Sig. (<i>Shapiro Wilk</i>)	Ket.	Sig. (<i>Levene</i>)	Ket.
G0C0	0,684	Terdistribusi normal		
G20C0	0,689	Terdistribusi normal		
G0C2,5	0,777	Terdistribusi normal		
G20C2,5	0,551	0,271	Data dengan varian yang sama (homogen)	
G20C5	0,959			
G20C7,5	0,921			
G20C10	0,147			

Dari Gambar 4 dan 5 dapat diketahui nilai penyerapan air dan kuat tekan saling berkaitan di mana semakin rendah nilai penyerapan air maka semakin tinggi nilai kuat tekan yang didapatkan. Keterkaitan hasil dua pengujian ini disebabkan oleh adanya pori-pori pada benda uji, di mana semakin banyak pori-pori akan membuat kemampuan benda uji dalam menyerap air semakin tinggi. Disisi lain, banyaknya pori-pori juga mengurangi kepadatan (tidak satu kesatuan) mengakibatkan nilai kuat tekan menjadi rendah (Tokede dan Wardhono, 2018).

4. Keausan

Hasil pengujian ketahanan aus dapat dilihat Gambar 6 dan data pengujian statistik dapat dilihat pada

Tabel 6. Dari hasil uji statistik diketahui bahwa data yang dipakai merupakan data yang bersifat normal dan homogen.

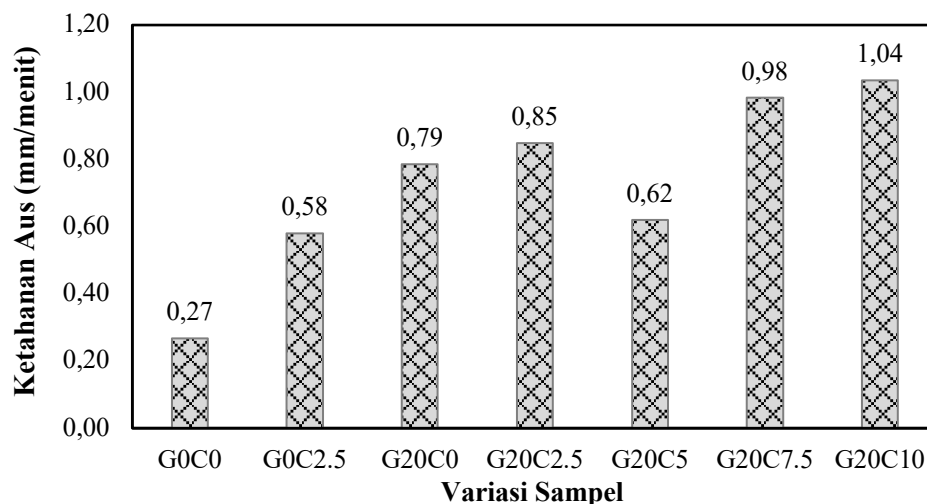
Pada Gambar 6 diketahui nilai optimal terjadi di variasi G0C0 sebesar 0,268 mm/menit, diikuti sampel pada variasi G0C2,5 sebesar 0,580 mm/menit, dan sampel pada variasi G20C5 sebesar 0,620 mm/menit. Penyebab dari kenaikan nilai dikarenakan saat ditamhkannya limbah kaca menimbulkan terjadinya ASR (alkali silika reaksi) yang membuat retakan terjadi sehingga *paving* menjadi rapuh dan ikatan antar partikel menjadi lemah yang berdampak pada *paving* yang tidak tahan terhadap keausan (Tamanna, dkk., 2020).

Penambahan limbah las karbit juga menaikkan nilai keausan dikarenakan

kandungan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada karbit hanya menjadi residu (tidak berikatan), sehingga membuat partikel pada benda uji menjadi tidak padat dan porous (Dueramae, dkk., 2018).

Tingginya nilai keausan ini juga dipengaruhi oleh kehalusan butiran dari agregat yang dipakai, dimana

berdasarkan hasil nilai uji kandungan lumpur, terlihat butiran yang lolos ayakan no.200 mencapai nilai 4,7%, sehingga bisa disimpulkan pasir yang dipakai mengandung cukup banyak butiran yang halus (lolos ayakan no.200) yang ikut serta mempengaruhi nilai keausan (Safira, 2016).



Gambar 6. Nilai keausan *paving block*

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas untuk Uji Keausan

Variasi	Sig. (<i>Shapiro Wilk</i>)	Ket.	Sig. (<i>Levene</i>)	Ket.
G0C0	0,370	Terdistribusi normal	0,051	Data dengan varian yang sama (homogen)
G20C0	0,118	Terdistribusi normal		
G0C2,5	0,390	Terdistribusi normal		
G20C2,5	0,207	Terdistribusi normal		
G20C5	0,997	Terdistribusi normal		
G20C7,5	0,736	Terdistribusi normal		
G20C10	0,447	Terdistribusi normal		

Dari Gambar 4 dan 6 dapat diketahui hasil kuat tekan dan keausan berkaitan satu sama lain, dimana semakin tinggi nilai kuat tekan maka akan semakin rendah nilai keausannya. Keterkaitan hasil dua pengujian ini disebabkan oleh porositas benda uji, di mana semakin banyak pori-pori membuat kepadatan benda uji berkurang (tidak satu kesatuan), sehingga saat dikenai gesekan, partikelnya akan mudah untuk terlepas sehingga nilai keausan menjadi tinggi dan kuat tekan menjadi rendah (Tokede dan Wardhono, 2018).

E. KESIMPULAN

Penggunaan limbah kaca sebagai bahan pengganti pasir dan limbah las karbit sebagai bahan pengganti semen mempengaruhi mutu dari *paving block*, dilihat dari hasil tiga aspek pengujian kuat tekan, keausan, dan daya serap air. Dari semua pengujian yang dihasilkan, semakin besar persentase limbah maka mutu *paving block* semakin menurun dibandingkan dengan *paving kontrol*.

Tanpa memperhitungkan variasi normal (kontrol), variasi G20C5, yang

merupakan variasi dengan persentase limbah kaca sebesar 20% dan limbah karbit sebesar 5%, menghasilkan mutu yang paling baik saat kedua limbah ditambahkan bersamaan dibandingkan dengan varian persentase yang lain. Hasil kuat tekannya sebesar 14,910 MPa, nilai keausan sebesar 0,620 mm/menit, dan nilai daya serap air sebesar 10,844%. Namun demikian, hasil ini masih belum memenuhi syarat [SNI 03-0691-1996](#). Merujuk pada SNI tersebut, *paving blok* dengan kelas mutu terendah (mutu D) harus memenuhi nilai kuat tekan rerata sebesar 10 MPa; ketahanan aus rerata sebesar 0,219 mm/menit; serta penyerapan air maksimal 10%. Nilai kuat tekan variasi *G20C5* memenuhi syarat namun nilai ketahanan aus dan penyerapan air tidak memenuhi. Secara keseluruhan *paving block* dengan variasi limbah yang dihasilkan tidak sesuai dengan [SNI 03-0691-1996](#) dari segi mutu berdasarkan tiga aspek pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu, M., Ibrahim, Y. E., Al-Atroush, M. E., & Alanazi, H. (2021). Mechanical Properties and Durability Performance of Concrete Containing Calcium Carbide Residue and Nano Silica. *Materials* 14(22), 1-28.
<https://doi.org/10.3390/ma14226960>
- Adani, T., Handayani, D., & Ilonka, W. A. (2024). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca dan Limbah Serbuk Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Paving Block. *Enviro: Journal of Tropical Environmental Research*, 25(2), 20-27.
<https://doi.org/10.20961/enviro.v25i2.85074>
- Arivalagan, S., & Sethuraman, V. S. (2020). Experimental Study on The Mechanical Properties of Concrete by Partial Replacement of Glass Powder as Fine Aggregate: an Environmental Friendly Approach. *Materials Today: Proceedings*, 45(7), 6035–6041.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.722>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 7656:2012: Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*.
<https://www.ocw.upj.ac.id/files/Textbook-CIV-203-SNI-7656-2012-Mix-Design.pdf>
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI 03-0691-1996: Bata Beton (Paving Block)*.
https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/110917/mod_resource/content/1/sni-03-0691-1996-paving-block.pdf
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 34-43.
<https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.34-43>
- Dueramae, S., Tangchirapat, W., & Jaturapitakkul, C. (2018). Strength and Heat Generation of Concrete Using Carbide Lime and Fly Ash as a New Cementitious Material Without Portland Cement. *Advanced Powder Technology*, 29(3), 672–681.
<https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.12.007>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*.
<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/pub>

[lic/data/komposisi](#)

- Makmur, A., Harahap, S., & Patriotika, F. (2022). Analisa Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *Statika*, 5(1), 96–106. <https://jurnal.ugn.ac.id/index.php/statika/article/view/914>
- Malik, M. I. (2013). Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates. *IOSR Journal of Engineering*, 3(7), 8–13. <https://doi.org/10.9790/3021-03760813>
- Pemerintah Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Rahman, F. A. (2014). *Penerapan Model Pembelajaran Demonstrasi Pada Mata Pelajaran Desain Grafis Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa*. Tugas Akhir, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. <http://repository.upi.edu/6018/>
- Safira, A. I. (2016). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Daya Serap Air, Keausan, dan Kuat Tekan Pada Paving Block*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/32841>
- Sergi, Y. H., Sultan, M. A., & Amin, M. (2024). Pemanfaatan Sludge Smelter Nikel Sebagai Material Dasar Pembuatan Paving Block. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 21–31. <https://doi.org/10.31849/siklus.v10i1.16307>
- Sultan, M. A., Tata, A., & Wanda, A. (2020). Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 95–102. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4552>
- Tamanna, N., Tuladhar, R., & Sivakugan, N. (2020). Performance of Recycled Waste Glass Sand as Partial Replacement of Sand in Concrete. *Construction and Building Materials*, 239, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>
- Taufik, H., Djauhari, Z., Sebayang, M., & Muhandis, M. (2017). Pengaruh Substitusi Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Beton. *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 5(1), 38–43. <https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/article/view/96>
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. <https://onsearch.id/Record/IOS4965.020360?widget=1>
- Tokede, B. B. P., & Wardhono, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Batu Bara dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Paving Block. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 40–48. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/22142>
- Wilda, K., Nasution, M. A., & Sitanggang, E. S. Y. (2022). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah B3 Las Karbit Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, 2(1), 35–43. <https://doi.org/10.51510/agregat.v2i1.563>



© 2024 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).