

Optimasi Pemanfaatan Pasir Mahakam Dan Limbah Bata Ringan Sebagai Agregat Halus Dalam Pembuatan *Paving Block*

Helmi Fazriyan^[1], Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana^{[1]*}, Pitoyo^[1]

^[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, 75124, Indonesia

Email: uwm216@umkt.ac.id*

*) Correspondent Author

Received: 04 July 2024; Revised: 16 November 2024; Accepted: 17 February 2025

How to cited this article:

Fazriyan, H., Liana, U.W.M., Pitoyo, P. (2025). Optimasi Pemanfaatan Pasir Mahakam Dan Limbah Bata Ringan Sebagai Agregat Halus Dalam Pembuatan Paving Block. Jurnal Teknik Sipil, 21(2), 277–290. <https://doi.org/10.28932/jts.v21i2.9314>

ABSTRAK

Dengan meningkatnya proyek konstruksi yang menggunakan bata ringan, jumlah limbah yang dihasilkan pun bertambah. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengevaluasi penggunaan limbah bata ringan sebagai pengganti pasir Mahakam dalam pembuatan *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996. Metode eksperimen digunakan dengan benda uji kontrol tanpa limbah bata ringan dan benda uji penelitian dengan variasi limbah bata ringan. Komposisi campuran adalah 1pc:6ps dengan fas 0,35, serta limbah bata ringan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat pasir. Pembuatan *paving block* menggunakan alat pemadat manual. Pengujian kuat tekan dilakukan pada usia 3, 7, dan 28 hari, sementara pengujian penyerapan dilakukan dengan perendaman selama 1 hari. Hasil menunjukkan bahwa *paving block* dengan 50% limbah bata ringan memiliki kuat tekan tertinggi pada usia 28 hari, yaitu 47,81 MPa, dan termasuk kelas A. Penambahan limbah bata ringan juga meningkatkan daya serap air *paving block*, dengan penyerapan terendah pada campuran 25% sebesar 2,17%, juga terklasifikasi sebagai kelas A. Temuan ini menunjukkan potensi penggunaan limbah bata ringan dalam pembuatan *paving block* yang ramah lingkungan.

Kata kunci: kuat tekan, limbah bata ringan, pasir Mahakam, penyerapan, *paving block*.

ABSTRACT. Optimization of Mahakam Sand and Lightweight Brick Waste Utilization as Fine Aggregates in the Production of Class D Paving blocks. In the increase in construction projects using lightweight bricks, the amount of waste generated has also increased. To address this issue, this research evaluates the use of lightweight brick waste as a replacement for Mahakam sand in the production of paving blocks according to SNI 03-0691-1996. The experimental method was used with control test objects without lightweight brick waste and test objects with varying amounts of lightweight brick waste. The mixture composition was 1pc:6ps with a water-cement ratio of 0,35, and lightweight brick waste constituting 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of the sand weight. The Paving blocks were made using manual compaction tools. Compressive strength testing was conducted at 3, 7, and 28 days, while absorption testing was done by soaking for 1 day. The results showed that paving blocks with 50% lightweight brick waste had the highest compressive strength at 28 days, reaching 47,81 MPa, classified as class A. The addition of lightweight brick waste also increased the water absorption of the Paving blocks, with the lowest absorption in the 25% mixture at 2,17%, also classified as class A. These findings demonstrate the potential for using lightweight brick waste in the production of environmentally friendly paving blocks.

Keywords: compressive strength, lightweight brick waste, Mahakam sand, absorption, *paving block*.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material yang umumnya digunakan dalam konstruksi bangunan dan jalan. Ketergantungan yang semakin tinggi terhadap beton dapat mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air, yang pada gilirannya dapat memicu risiko banjir (Adilah, 2020). Beberapa langkah telah diambil untuk mengatasi masalah ini, termasuk menghasilkan *paving block* untuk memperkuat jalan serta meningkatkan estetika di area perkotaan, seperti jalan di dalam kota, permukiman penduduk, taman, halaman, area parkir, kawasan perkantoran, pabrik, serta lingkungan sekolah (Nofrianto & Hutrio, 2023).

Sungai Mahakam merupakan salah satu sungai terpanjang dan terbesar di Kalimantan Timur, dengan panjang sekitar 920 km. Sungai ini melintasi beberapa kabupaten dan kota, termasuk Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, dan Kota Samarinda. Peran Sungai Mahakam sangat penting salah satunya yaitu sebagai jalur pengangkutan batu bara dari tempat penyimpanan ke laut untuk perusahaan-perusahaan yang beroperasi di sepanjang sungai tersebut. Dampaknya, terjadi pencemaran lingkungan di sungai Mahakam karena partikel-partikel batu bara larut atau tercampur dengan air sungai dan mengendap di dasar sungai (Sudibyo & Pranoto, 2018).

Pasir Mahakam memiliki peranan penting sebagai bahan bangunan di komunitas lokal. Namun, ketika terkontaminasi oleh partikel batu bara, pasir ini memiliki dampak negatif sebagai bahan bangunan. Dampak tersebut termasuk partikel batu bara yang sangat halus dan mengkilap, berbeda dengan agregat halus/pasir yang seharusnya memiliki permukaan yang kasar sesuai dengan standar yang berlaku untuk bahan bangunan selain itu kekerasan karbon atau abrasi yang melebihi 40%, sedangkan standar maksimum untuk bahan bangunan adalah 40% (Sudibyo & Pranoto, 2018), kandungan dari batu bara juga memiliki kemampuan menyerap yang sangat tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Ku meh et al., (2022) yang mencatat bahwa kemampuan penyerapan air batu bara mencapai 26,38%, jauh melebihi batasan yang ditetapkan dalam ketentuan BS 812-2:1995 yang membatasi daya serap air agregat hingga tidak lebih dari 3%. Dampak negatif yang diakibatkan oleh pasir Mahakam dapat memengaruhi sifat-sifat beton. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pasir Mahakam terhadap mutu *paving block* yang dihasilkan.

Pemanfaatan pasir Mahakam dalam proses pembuatan *paving block* merupakan alternatif berkelanjutan dibandingkan dengan menggunakan pasir alam konvensional. Penggunaan sumber daya lokal seperti pasir Mahakam memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada pasir dari tempat lain, mengurangi dampak transportasi terhadap lingkungan, dan mendukung kelestarian lingkungan (Effendi et al., 2020).

Bata ringan saat ini menjadi pilihan utama sebagai bahan konstruksi bangunan, menggantikan bata merah. Hal ini disebabkan karena penggunaan bata ringan lebih mudah, efisien dalam penghematan bahan, dan lebih efisien dalam waktu pengerjaannya (Subagiono et al., 2020). Dengan meningkatnya jumlah proyek konstruksi dari sektor pemerintah, swasta, maupun proyek-proyek konstruksi pribadi yang menggunakan bahan bata ringan, jumlah limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Namun, hingga saat ini, penanganan limbah bata ringan masih menjadi masalah yang belum terselesaikan sepenuhnya. Limbah sering kali dibiarkan menumpuk dan dijual dengan harga rendah, terutama dalam skala penjualan besar (Priyono & Agustapraja, 2021). Limbah bata ringan sering kali muncul dalam proses konstruksi sebagai hasil dari kerusakan atau potongan saat pengerjaan elemen dinding bata ringan (Zaidayanti et al., 2023). Untuk mengatasi permasalahan limbah ini, solusi yang dapat diadopsi adalah mengubah limbah bata ringan tersebut menjadi produk dengan nilai tambah (Haqiqi & Ghozi, 2022). Karena itu, penelitian ini akan difokuskan pada mengeksplorasi penggunaan limbah bata ringan sebagai substitusi pasir Mahakam dalam produksi *paving block*.

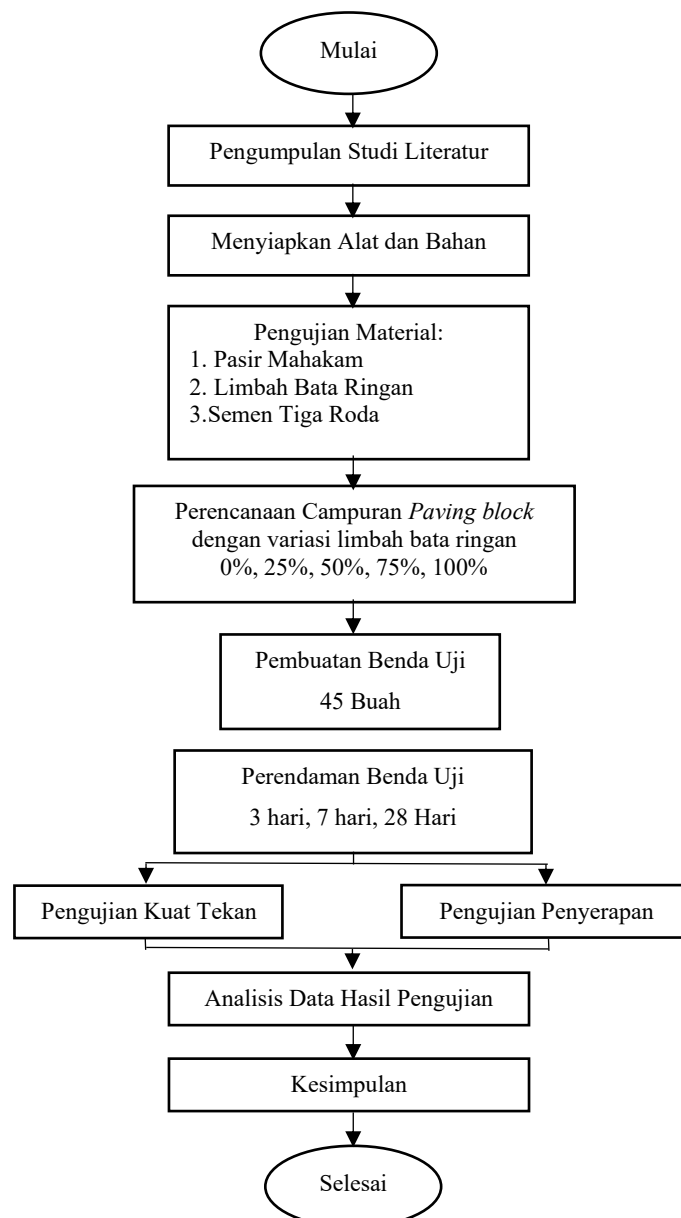
Limbah bata ringan yang menjadi fokus penelitian ini merupakan hasil dari sisa potongan yang dihasilkan selama proses produksi bata ringan. Jika tidak dikelola dengan baik, potongan-potongan ini dapat menumpuk dan menimbulkan masalah lingkungan di sekitar masyarakat. Bertambahnya jumlah limbah ini tidak hanya sulit didaur ulang secara efisien, tetapi juga menimbulkan tantangan ekonomi karena memiliki nilai jual yang rendah (Rahman et al., 2021).

Berdasarkan SNI-03-0691-1996, klasifikasi *paving block* dibedakan berdasarkan mutu kelas A untuk jalan, B untuk parkir, C untuk pejalan kaki dan D untuk taman dan penggunaan lain dengan kuat tekan rata-rata dan penyerapan air sebagai berikut mutu kelas A (40 MPa dan serapan air 3%) mutu kelas B (20 MPa dan serapan air 6%), mutu kelas C (15 MPa dan serapan air 8%) dan mutu kelas D (10 MPa dan serapan air 10%).

Penggabungan pasir Mahakam dan limbah bata ringan dalam produksi *paving block* bertujuan menciptakan sistem produksi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, memanfaatkan limbah bata ringan dan sumber daya lokal seperti pasir Mahakam untuk menghasilkan produk konstruksi berkualitas. Kolaborasi ini mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan serta efisiensi industri konstruksi secara keseluruhan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, yang beralamat di Jalan Ir. H. Juanda, Samarinda. Penelitian ini mengadopsi metode kuantitatif melalui teknik eksperimen laboratorium yang melibatkan beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Pembuatan Sampel

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian *paving block* adalah Timbangan digital, oven, saringan, gelas pengukur, mesin pengayak, cawan, cetakan beton berbentuk silinder, alat perojok, artco, bak pencampur, mesin Los Angeles, 1 set Cetakan *paving block* berbentuk hexagonal dengan ukuran 20x23x6 cm, mesin uji kuat tekan. Adapun bahan-bahan yang di gunakan adalah semen dengan merek tiga roda, pasir jenis Mahakam, limbah bata ringan yang telah di ayak dengan saringan no.4 dan air.

Setelah alat dan bahan di siapkan langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian material. Pengujian material di lakukan untuk memahami sifat material yang digunakan dan mengumpulkan variabel yang diperlukan dalam perhitungan desain campuran *paving block*. Setelah mendapatkan hasil pengujian material langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan campuran *paving block*. Campuran limbah bata ringan digunakan sebagai kombinasi dengan pasir dalam pembuatan *paving block*. Perhitungan dilakukan dengan perbandingan campuran 1 pc : 6 ps dan faktor air-semen sebesar 0,35 dari berat semen. Dalam penelitian ini, campuran *paving block* menggunakan 5 variasi penambahan limbah bata ringan, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat pasir. Limbah bata ringan diolah menjadi butiran halus dengan ukuran lolos ayakan 4,80 mm (No. 4). Berikut perhitungan kebutuhan material campuran *paving block* untuk 1 benda uji.

Perhitungan volume benda uji:

Volume Benda Uji (Hexagonal)	$= 3 \times a \times b \times h$	
	$= 3 \times 10 \times 11,5 \times 6$	$= 2.070 \text{ cm}^3$
Faktor Pencampuran	$= 1,2 \times 2.070$	$= 2.484 \text{ cm}^3$
Kebutuhan Semen	$= \frac{1}{7} \times 2.484 \text{ cm}^3$	$= 354,86 \text{ cm}^3$
Kebutuhan Pasir	$= \frac{6}{7} \times 2.484 \text{ cm}^3$	$= 2.129,14 \text{ cm}^3$

Dari hasil pengujian material, ditemukan bahwa berat volume semen adalah $1,22 \text{ gr/cm}^3$ dan berat volume pasir adalah $1,31 \text{ gr/cm}^3$. Untuk menetapkan kebutuhan pasir dan semen dalam campuran dengan perbandingan 1 pc : 6 ps penentuan dilakukan berdasarkan berat. Oleh karena itu, hasil perhitungan volume dikalikan dengan berat volumenya adalah sebagai berikut.

Kebutuhan pasir dan semen terhadap berat volumenya.

Kebutuhan Semen	$= 354,86 \times 1,22 \text{ gr/cm}^3$	$= 431,86 \text{ gr}$
Kebutuhan Pasir	$= 2.129,14 \times 1,31 \text{ gr/cm}^3$	$= 2.789,18 \text{ gr}$

Sementara itu, dalam menentukan kebutuhan limbah bata ringan, perhitungan dilakukan dengan menggunakan perbandingan terhadap berat pasir yang digunakan. Perhitungan kebutuhan limbah bata ringan didasarkan pada presentase dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$25\% = \frac{25}{100} \times 2.789,18 = 697,29 \text{ gr/cm}^3$$

Rekap kebutuhan bahan untuk campuran *Paving block* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Campuran Paving Block

Campuran Limbah Bata Ringan (%)	Semen (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)	Limbah Bata Ringan (gr/cm ³)	Air (gr/cm ³)
0%	431,86	2.789,18	0,00	151,15
25%	431,86	2.091,88	697,29	151,15
50%	431,86	1.394,59	1.394,59	151,15
75%	431,86	697,29	2.091,88	151,15
100%	431,86	0,00	2.789,18	151,15
Total	2.159,31	6.972,94	6.972,94	755,76

Setelah perhitungan kebutuhan material didapatkan maka proses pembuatan benda uji dapat di lakukan. Proses pembuatan atau pembentukan benda uji dilakukan secara manual menggunakan cetakan *paving block* yang telah disiapkan. Campuran agregat halus dimasukkan ke dalam cetakan secara manual, kemudian secara bertahap dipadatkan dengan alat pemadat manual seperti pemukul atau alat penggetar sederhana. Penggunaan alat pemadat manual ini berperan penting dalam mengisi celah atau rongga yang ada pada benda uji dengan lebih merata. Selama proses pemadatan, dilakukan penggetaran manual untuk memastikan distribusi agregat yang merata dan menghilangkan kemungkinan terjadinya celah udara.

2.2 Pengujian *Paving Block*

Benda uji yang telah mengeras kemudian akan menjalani proses perawatan. Perawatan ini dilakukan dengan merendam benda uji di dalam bak perendaman yang diisi dengan air dari PDAM, memastikan bahwa seluruh permukaannya terendam. Proses perendaman akan dilakukan selama beberapa periode, yakni 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Setelah periode perawatan selesai, benda uji akan dikeluarkan dari bak perendaman kemudian sampel dimasukkan ke dalam oven untuk melanjutkan proses pengujian penyerapan.

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan *paving block* yang telah melalui proses perendaman pada usia 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Pengujian ini menggunakan alat mesin uji kuat tekan. Uji kuat tekan mengacu pada SNI 03–0691–1996. Nilai kuat tekan *paving block* diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_t = \left(\frac{B_m}{L_p} \right) \quad (1)$$

Keterangan :

K_t = Kuat tekan (MPa)

B_m = Beban maksimum (N)

L_p = Luas penampang (mm²)

Selain itu untuk menentukan klasifikasi *paving block* salah satu persyaratannya adalah pengujian penyerapan air. Pengujian daya serap air pada *paving block* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan *paving block* dalam menyerap air, sebuah faktor penting dalam menentukan kualitas dan keandalan struktur. Pengujian ini menggunakan beberapa alat di antaranya adalah timbangan digital dan oven. Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 Bata Beton (*paving block*) untuk memastikan konsistensi dan keakuratan hasil. Untuk menganalisis penyerapan benda uji dapat digunakan rumus berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \left(\frac{\text{Bub} - \text{Buk}}{\text{Buk}} \right) \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan :

Bub = Benda uji basah (gr)

Buk = Benda uji kering oven (gr)

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Material

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada semen, agregat halus, dan limbah bata ringan yang lolos saringan no.4. Hasil pengujian material dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standarisasi	Hasil Pengujian		Satuan
		Pasir Mahakam	Limbah Bata Ringan	
Kadar Lumpur	SNI 03-2816-1992	3,15	-	%
Modulus Kehalusan	ASTM C136-2012	1,49	1,74	%
Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 1970:2008			
a.Berat Jenis Curah		2,15	1,00	gr
b.Berat Jenis Kering Permukaan		2,29	1,47	gr
c.Berat Jenis Semu		2,49	1,83	gr
d.Penyerapan Air		6,53	42,26	%
Berat Volume	SNI 03-1973-2008			
a.Dengan Rojokan		1,36	1,105	gr/cm ³
b.Tanpa Rojokan		1,26	0,796	gr/cm ³
Kadar Air	SNI 03-1971-1990	5,54	30,55	%
Kelembaban	ASTM C556-89	5,25	23,40	%

Tabel 3. Hasil Pengujian Semen Tiga Roda

Pengujian	Standarisasi	Semen Tiga Roda	Satuan
Berat Volume	SNI 03-1973-2008		
a.Dengan Rojokan		1,26	gr/cm ³
b.Tanpa Rojokan		1,18	gr/cm ³
Berat Jenis	SNI 15-2531-1991	3,16	gr/cm ³
Konsistensi Normal	SNI 03-68260-2002	28	%
Waktu Ikut	SNI 03-6827-2002	75	menit
Waktu Keras	SNI 03-6827-2003	150	menit

3.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1PC : 6Ps menggunakan penambangan limbah bata ringan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Sebanyak 45 benda uji digunakan dalam pengujian ini, Menurut standar SNI 03-0691-1996, salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk *paving block* ialah menjalani pengujian kuat tekan. Selama pengujian, terdapat beberapa faktor kesalahan yang dapat mengurangi kinerja optimal *paving block*, seperti kualitas material, rasio air semen, umur *paving block*, jenis dan jumlah semen, serta karakteristik dan jumlah agregat yang digunakan dalam produksi *paving block* (Damayanti & Khatulistiani, 2022). Hasil pengujian kuat tekan *paving block* tersaji dengan pembacaan kode benda uji S2-25 menyatakan sampel nomor 2 pada variabel 25% limbah bata ringan dalam Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6 dan Gambar 2 Menyajikan grafik perkembangan kuat tekan dari umur ke 3 hari, 7 hari, dan 28 hari.

Tabel 4. Hasil Uji Tekan *Paving Block* 3 Hari

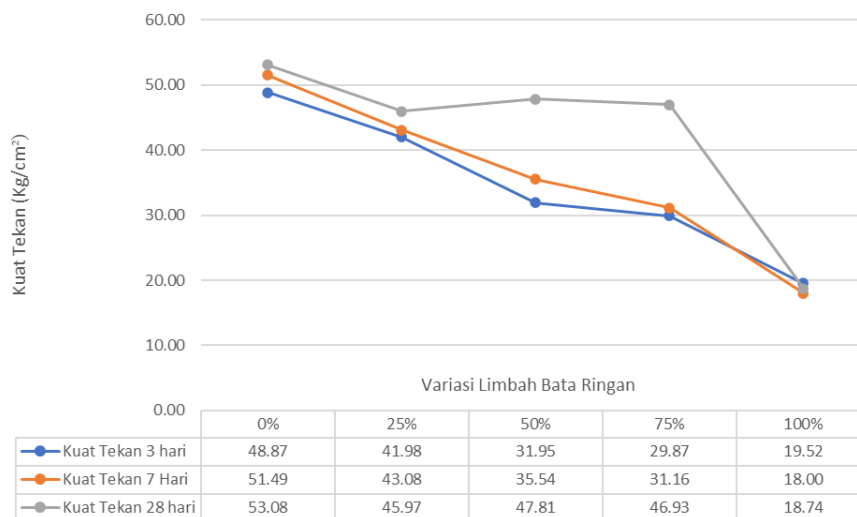
Kode Benda Uji	Luas Bidang Tekan mm ²	Berat Benda Uji gr	Beban Maksimal N	Kuat Tekan Mpa	Rata-Rata Mpa	Mutu <i>Paving Block</i> (SNI 03-169101996)
S1-0	3.435,96	3.640	180.500	52,53		
S2-0	3.435,96	3.630	170.000	49,48	48,87	A
S3-0	3.435,96	3.620	153.200	44,59		
S1-25	3.435,96	3.250	135.700	39,49		
S2-25	3.435,96	3.260	151.100	43,98	41,98	A
S3-25	3.435,96	3.270	145.900	42,46		
S1-50	3.435,96	3.060	112.100	32,63		
S2-50	3.435,96	3.010	102.000	29,69	31,95	B
S3-50	3.435,96	3.060	115.200	33,53		
S1-75	3.435,96	2.940	98.300	28,61		
S2-75	3.435,96	2.960	106.900	31,11	29,87	B
S3-75	3.435,96	3.000	102.700	29,89		
S1-100	3.435,96	2.810	51.400	14,96		
S2-100	3.435,96	2.880	75.500	21,97	19,52	B
S3-100	3.435,96	2.900	74.300	21,62		

Tabel 5. Hasil Uji Tekan *Paving Block* 7 Hari

Kode Benda Uji	Luas Bidang Tekan mm ²	Berat Benda Uji gr	Beban Maksimal N	Kuat Tekan N/mm	Rata-Rata N/mm	Mutu <i>Paving Block</i> (SNI 03-169101996)
S1-0	3.435,96	3.850	178.900	52,07	51,49	A
S2-0	3.435,96	3.910	182.000	52,97		
S3-0	3.435,96	3.900	169.900	49,45		
S1-25	3.435,96	3.680	123.200	35,86	43,08	A
S2-25	3.435,96	3.790	161.800	47,09		
S3-25	3.435,96	3.720	159.100	46,3		
S1-50	3.435,96	3.570	116.800	33,99	35,54	A
S2-50	3.435,96	3.580	120.200	34,98		
S3-50	3.435,96	3.610	129.300	37,63		
S1-75	3.435,96	3.480	95.300	27,74	31,16	B
S2-75	3.435,96	3.500	110.300	32,1		
S3-75	3.435,96	3.490	115.600	33,64		
S1-100	3.435,96	3.300	60.400	17,58	18	B
S2-100	3.435,96	3.240	63.600	18,51		
S3-100	3.435,96	3.210	61.500	16,94		

Tabel 6. Hasil Uji Tekan *Paving Block* 28 Hari

Kode Benda Uji	Luas Bidang Tekan mm ²	Berat Benda Uji gr	Beban Maksimal N	Kuat Tekan N/mm	Rata-Rata N/mm	Mutu <i>Paving Block</i> (SNI 03-169101996)
S1-0	3.435,96	3.260	181.500	52,82	53,08	A
S2-0	3.435,96	3.350	194.200	56,52		
S3-0	3.435,96	3.200	171.400	49,88		
S1-25	3.435,96	3.110	138.200	40,22	45,97	A
S2-25	3.435,96	3.210	172.500	50,2		
S3-25	3.435,96	3.100	163.200	47,5		
S1-50	3.435,96	3.430	164.800	47,96	47,81	A
S2-50	3.435,96	3.490	221.300	64,41		
S3-50	3.435,96	3.140	106.700	31,05		
S1-75	3.435,96	3.160	155.900	45,37	46,93	A
S2-75	3.435,96	3.270	178.900	52,07		
S3-75	3.435,96	3.170	149.000	43,36		
S1-100	3.435,96	3.020	67.400	19,62	18,74	B
S2-100	3.435,96	2.770	58.300	16,97		
S3-100	3.435,96	3.020	67.500	19,65		



Gambar 2. Grafik kuat tekan *paving block*

Dengan melihat Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak limbah bata ringan yang ditambahkan, maka semakin menurun kuat tekannya. Perendaman sampel *paving block* semua variabel limbah bata ringan selama 28 hari menghasilkan kuat tekan tertinggi dibandingkan dengan waktu perendaman lainnya kecuali pada variabel limbah bata ringan 100%. Pada perendaman 3 hari dan 7 hari, kuat tekan *paving block* menurun seiring ditambahkan limbah bata ringan pada campuran *paving block*. Namun, pada sampel dengan komposisi 50% dan 75% limbah bata ringan pada usia 28 hari, benda uji menunjukkan peningkatan kuat tekan. *Paving block* dengan tambahan limbah bata ringan sebanyak 50% mencapai kekuatan tekan tertinggi, yaitu 47,81 MPa pada usia 28 hari. Meskipun demikian, nilai ini menurun sekitar 10% dibandingkan dengan *paving block* tanpa limbah bata ringan pada waktu perendaman yang sama. Sampel benda uji yang menggunakan 75% limbah bata ringan memiliki nilai kuat tekan 46,93 MPa yang tidak berbeda jauh yaitu hanya sekitar 1% dengan sampel benda uji dengan 50% limbah bata ringan.

Penambahan limbah bata ringan ke dalam campuran *paving block* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan akhir melalui dua faktor utama, yaitu struktur kimia dan fisik dari limbah tersebut. Pertama, limbah bata ringan cenderung memiliki struktur yang lebih porous dibandingkan dengan agregat halus pada umumnya. Porositas yang lebih tinggi ini dapat mengurangi kepadatan keseluruhan *paving block*, membuatnya lebih rentan terhadap tekanan. Hal ini terbukti dengan semakin ringannya berat benda uji seiring dengan penambahan limbah bata ringan. Kedua, komposisi kimia limbah bata ringan dapat mempengaruhi ikatan antara partikel semen dan agregat dalam *paving block*. Jika limbah bata ringan mengandung bahan tambahan yang mengganggu proses pengikatan ini, maka dapat mengakibatkan kekuatan ikatan yang lebih rendah antar butir semen dan agregat, sehingga menurunkan kekuatan keseluruhan *paving block*.

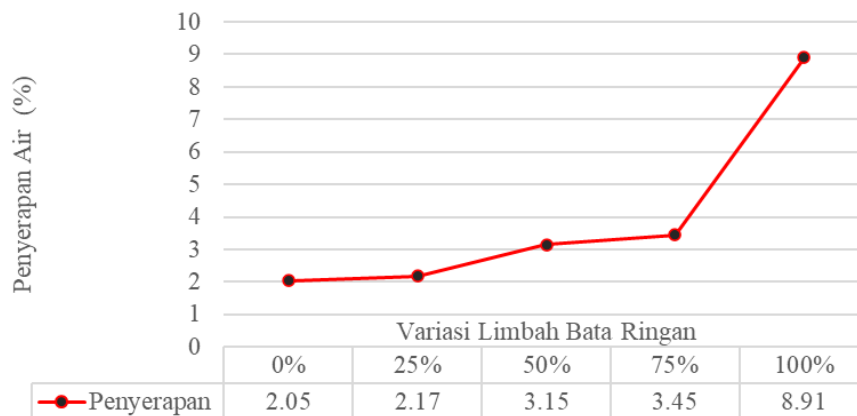
Dari hasil grafik pada Gambar 2, dapat ditarik kesimpulan bahwa limbah bata ringan tidak dapat sepenuhnya menggantikan fungsi pasir sebagai bahan campuran *paving block*. Namun, dengan variasi penambahan tertentu, limbah bata ringan mampu mempertahankan nilai kuat tekan dalam kelas yang sama. Limbah bata ringan lebih cocok dijadikan sebagai bahan tambahan, bukan sebagai bahan pengganti. *Paving block* dengan penambahan limbah bata ringan mampu bersaing dengan *paving block* yang ada di pasaran pada kondisi tertentu, yaitu pada variasi limbah bata ringan sebesar 50%, karena memiliki nilai kuat tekan yang hampir sama dengan hasil kuat tekan *paving block* normal. Menurut SNI 03-0961-1996, *paving block* yang dihasilkan tergolong ke dalam *paving block* dengan mutu A pada variasi 0%, 25%, 50%, dan 75% pada usia 28 hari, yang dapat digunakan sebagai elemen baik non-struktural maupun struktural dalam konstruksi, termasuk area jalan yang sering dilalui oleh kendaraan besar dalam lalu lintas padat.

3.3 Hasil Pengujian Penyerapan

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-0691-1996 bertujuan untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menyerap air melalui pori-porinya. *Paving block* yang telah direndam selama ± 24 jam ditimbang beratnya, kemudian dikeringkan di oven selama ± 24 jam dan ditimbang kembali. Hasil dari pengujian daya serap air dari setiap variabel komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 7 dan untuk grafik peningkatan penyerapan *paving block* dapat di lihat pada Gambar 3. Pembacaan kode benda uji S-25 menunjukkan sampel dengan variasi 25% limbah bata ringan.

Tabel 7. Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Kode Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Serapan Air (%)	Mutu <i>Paving Block</i> (SNI 03-1691-1996)
S-0	3.990	3.910	2,05	A
S-25	3.760	3.680	2,17	A
S-50	3.600	3.600	3,15	B
S-75	3.600	3.480	3,45	B
S-100	3.300	3.030	8,91	D



Gambar 3. Grafik penyerapan air *paving block*

Dari data uji penyerapan air, terlihat bahwa *paving block* dengan penambahan limbah bata ringan menunjukkan peningkatan kemampuan penyerapan air seiring dengan peningkatan persentase limbah bata ringan dalam campuran. Secara khusus, *paving block* tanpa tambahan limbah bata ringan memiliki tingkat penyerapan air yang sedikit lebih rendah, yakni sebesar 2.05%, dibandingkan dengan *paving block* yang telah ditambahkan dengan 25% limbah bata ringan, yang mencapai tingkat penyerapan air sebesar 2.17%. Peningkatan penyerapan air terus berlangsung seiring dengan peningkatan persentase limbah bata ringan dalam campuran *paving block*. *paving block* dengan penambahan 50% limbah bata ringan mencapai penyerapan air sebesar 3.15%, sedangkan pada penambahan 75%, penyerapan air meningkat menjadi 3.45%. Paling signifikan, *paving block* dengan penambahan 100% limbah bata ringan mencapai tingkat penyerapan air tertinggi, mencapai 8.91%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak limbah bata ringan yang ditambahkan, semakin tinggi kemampuan *paving block* untuk menyerap air.

Data uji penyerapan air pada *paving block* dengan penambahan limbah bata ringan menggambarkan dampak langsung dari variasi limbah tersebut terhadap sifat-sifat hidrofilik (kemampuan untuk menyerap air) dari *paving block*. Secara umum, penambahan limbah bata ringan cenderung meningkatkan kemampuan penyerapan air *paving block*. Hal ini dapat terjadi karena limbah bata ringan memiliki porositas yang lebih tinggi daripada agregat konvensional yang digunakan dalam *paving block*. Porositas ini memungkinkan lebih banyak ruang kosong di antara butiran limbah bata ringan dalam struktur *paving block*, yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan *paving block* untuk menyerap air.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi yang telah dilaksanakan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Hasil kuat tekan tertinggi pada *paving block* dengan variabel 50% limbah bata ringan yaitu 47,81 MPa pada umur rendaman 28 hari dan masuk pada klasifikasi *paving block* kelas A. *Paving block* kelas ini dapat dimanfaatkan sebagai elemen baik non-struktural maupun struktural dalam konstruksi, yang sering kali berperan dalam menopang beban berat, seperti area jalan yang sering dilalui oleh kendaraan besar dalam lalu lintas padat.
2. Penambahan limbah bata ringan pada *paving block* secara signifikan meningkatkan kemampuan daya serap air dibandingkan dengan *paving block* normal yang tidak mengandung limbah bata ringan. Terdapat hubungan positif antara jumlah limbah bata ringan yang ditambahkan dan tingkat peningkatan daya serap air dari *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar daya serap air dari *paving block* limbah bata ringan normal, 25%, 50%, 75% dan 100% limbah bata ringan secara berturut-turut adalah 2.05%, 2.17%, 3.15%, 3.45%, dan 8,91%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, F. (2020). *Pengaruh Campuran Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dalam Pembuatan Paving block Dengan Metode Tekanan*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1989). *SNI ASTM C556-89. Metode Pengujian Kelembaban Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1990). *SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1991). *SNI 15-2531-1991. Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1992). *SNI 03-2816-1992. Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1996). *SNI 03-0691-1996. Bata Beton (Paving block)*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2002). *SNI 03-6827-2002. Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Dengan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2002). *SNI 13-6827-2002. Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2008). *SNI 03-1973-2008. Cara Uji Berat Isi Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*. Jakarta, s.n.

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2008). *SNI 1970-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*. Jakarta, s.n.
- Badan Standarisasi Nasional(BSN), 2012. *SNI ASTM C136-2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Jakarta, s.n.
- Effendi, R., Haryanto, B. & Abdi, F. N. (2020). Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Laterit Sebagai Agregat Kasar dan Pasir Mahakam Sebagai Agregat Halus. *Jurnal Teknologi Sipil*, 4(1), pp. 47-56.
- Haqiqi, R. I. & Ghози, M. (2022). Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Campuran Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 6(2), pp. 111-118.
- Ku Meh, K. M. F., Shahidan, S., Shamsuddin, S.-M. ., Mohd Zuki, S. S. ., & Senin, M. S. . (2022). An experimental investigation of coal bottom ash as sand replacement. *GEOMATE Journal*, 23(99), 17–24.
- Retrieved from <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/3515>
- Nofrianto, H. & Hutrio. (2023). Analisis Mutu *Paving block* Dengan Variasi Agregat Halus. *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 1(1), pp. 54-62.
- Priyono, S. A. & Agustapraja, H. R. (2021). Limbah Bata Ringan untuk Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-250. *Jurnal Teknik*, 19(1), pp. 23-31.
- Rahman, N., Dristy, N. & Alam, M. A. (2021). Transforming Waste Into Walth: Recycled Corete in Sustainable Construction. *International Conference on Planning, Architecture & Civil Engineering*, pp. 1-6.
- Subagiono, Y., Harnedi, M. & Suryanita, R. (2020). Perilaku Mekanik Bata Ringan Dengan Penambahan Silica Fume. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16(3), pp. 194-204.
- Sudibyo, A. & Pranoto, Y. (2018). Kajian Pengaruh Penceran Butiran Batu Bara Pada Sungai Mahakam Sebagai Bahan Konstruksi Beton. *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan*, 8(1), pp. 207-211.
- Zaidayanti, A., Riyanto, S. & Suryad, A. (2023). Pengaruh Pemakaian Limbah Bata Ringan dan Bahan Tambah Silica Fume Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Hancur. *Jurnal Online Skripsi*, 4(1), pp. 253-258.