

Pemanfaatan Limbah Paving Sebagai Alternatif Agregat Halus Terhadap Kuat Beton

Miftachul Ulumuddin¹, Januar Sasongko^{2*}

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan
Jl. Yudharta No. 07, Sengonagung, Purwosari, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author:
*januar@yudharta.ac.id



This is an open access article under the CC BY license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

ABSTRAK

Kebutuhan beton sebagai bahan utama konstruksi mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya, yang menyebabkan eksploitasi pasir alam secara berlebihan dan berdampak buruk pada lingkungan. Di sisi lain, limbah konstruksi seperti paving block bekas dari pembongkaran jalan dan trotoar menumpuk tanpa pemanfaatan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan limbah paving sebagai pengganti parsial agregat halus (pasir) terhadap kuat tekan beton, dengan variasi komposisi limbah paving sebesar 5%, 10%, dan 15%. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen di laboratorium, dengan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari sesuai SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah paving sebesar 15% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 7 hari sebesar 20,70 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 27,98 MPa, melebihi beton normal (0%) yang hanya mencapai 26,90 MPa. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah paving memiliki potensi sebagai bahan alternatif agregat halus yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mampu meningkatkan kekuatan beton secara signifikan.

Kata Kunci : *Limbah paving, Agregat halus, Kuat tekan beton, Daur ulang*

ABSTRACT

The demand for concrete as a primary construction material has increased significantly each year, leading to the excessive exploitation of natural sand and resulting in adverse environmental impacts. On the other hand, construction waste such as used paving blocks from road and sidewalk demolitions continues to accumulate without optimal reuse. This study aims to analyze the utilization of paving waste as a partial replacement for fine aggregate (sand) and its effect on the compressive strength of concrete, using paving waste variations of 5%, 10%, and 15%. The research method employed an experimental approach in the laboratory, with compressive strength tests conducted at 7 and 28 days in accordance with SNI 03-2834-2000. The test results show that concrete with 15% paving waste substitution achieved the highest compressive strength, reaching 20.70 MPa at 7 days and 27.98 MPa at 28 days, exceeding that of normal concrete (0%) which only reached 26.90 MPa. These findings indicate that paving waste has potential as an environmentally friendly alternative to fine aggregate, while also significantly enhancing the compressive strength of concrete.

Keywords: *Paving waste, Fine aggregate, Compressive strength, Recycling*

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi paling dominan dalam pembangunan infrastruktur, karena memiliki kekuatan tekan tinggi, kemudahan dalam pembentukan, dan daya tahan yang baik terhadap cuaca ekstrem (Katiandagho et al., 2024). Komposisi beton terdiri dari semen, air, agregat kasar, dan agregat halus, seperti pasir yang umumnya berasal dari alam (Soares et al., 2023). Namun, peningkatan kebutuhan beton secara nasional yang mencapai lebih dari 5% setiap tahun (Lianasari, 2024), menyebabkan eksploitasi agregat alam semakin intensif, khususnya pada pasir sungai. Akibatnya, terjadi kerusakan ekosistem perairan, sedimentasi sungai, serta degradasi lingkungan yang signifikan (Sholihah & Irawanto, 2025).

Masalah lingkungan akibat penambangan pasir diperparah oleh meningkatnya jumlah limbah konstruksi, seperti puing bangunan dan limbah paving block bekas, yang seringkali hanya dibuang ke tempat pembuangan akhir tanpa proses daur ulang (Louzi et al., 2022). Berdasarkan data BPS RI (2022) menyatakan bahwa sektor konstruksi menyumbang sekitar 30% dari total limbah padat di kota-kota besar di Indonesia. Limbah paving block dari pembongkaran trotoar, proyek renovasi, serta peremajaan infrastruktur jalan kota menyumbang jumlah signifikan dari limbah ini (Hutahaean & Setiawati, 2023). Sayangnya, potensi pemanfaatan limbah paving sebagai material substitusi dalam konstruksi, khususnya sebagai agregat halus beton, belum banyak diteliti secara empiris di Indonesia.

Pemanfaatan limbah paving sebagai substitusi agregat halus dapat menjadi solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam dan mendukung konsep konstruksi berkelanjutan (Majid et al., 2021). Limbah paving memiliki struktur mineralogis dan sifat mekanik yang memungkinkan untuk didaur ulang menjadi agregat halus dengan karakteristik serupa pasir (Prasetya et al., 2024). Substitusi ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat mengurangi biaya produksi beton secara signifikan (Tommy et al., 2025). Selain itu, pendekatan ini sejalan dengan prinsip Circular Economy dan Sustainable Development Goals (SDGs) bidang infrastruktur dan industri (Kurnia et al., 2023).

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan eksperimental dengan variasi komposisi limbah paving sebesar 5%, 10%, dan 15% sebagai pengganti parsial pasir. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder ukuran 15 cm × 30 cm sesuai standar SNI 03-2834-2000. Penelitian sebelumnya oleh Firda et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan limbah padat sebagai agregat dalam beton mampu mempertahankan kuat tekan pada kisaran standar konstruksi ringan. Namun, masih dibutuhkan penelitian lanjutan untuk menguji konsistensi kuat tekan pada berbagai tingkat variasi limbah paving, yang menjadi fokus utama dalam studi ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan limbah paving sebagai campuran pengganti pasir terhadap kuat tekan beton, serta menentukan persentase optimalnya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi material beton daur ulang yang mendukung pembangunan ramah lingkungan dan efisiensi biaya. Secara praktis, temuan ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan kebijakan pengelolaan limbah konstruksi dan mendorong penerapan green concrete dalam proyek infrastruktur. Dengan demikian, penelitian ini memiliki urgensi tinggi baik dari aspek teoritis maupun implementatif dalam mendukung sistem konstruksi berkelanjutan di Indonesia.

METODE

Jenis dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah paving sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. Metode eksperimen digunakan karena penelitian ini melibatkan perlakuan langsung terhadap campuran beton melalui berbagai variasi komposisi limbah paving. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Beton PT. Duta Bangsa Mandiri, Malang, yang memiliki fasilitas pengujian material beton sesuai dengan standar. Penelitian dilaksanakan selama dua bulan, dimulai dari tahap persiapan material, pencampuran, pengecoran, perawatan benda uji hingga pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari.

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase limbah paving yang digunakan untuk menggantikan sebagian agregat halus, yaitu sebesar 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15%. Variabel terikat adalah kuat tekan beton yang diukur dalam satuan Mega Pascal (MPa) pada umur 7 dan 28 hari. Sementara itu, variabel kontrol meliputi jenis semen (Portland Cement tipe I), jumlah air, agregat kasar (kerikil 10–20 mm), serta metode perawatan beton yang mengikuti prosedur standar.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen Portland tipe I, agregat halus berupa pasir alam dan limbah paving yang telah dihancurkan, agregat kasar berupa kerikil bergradasi 10/20 mm, serta air bersih untuk proses pencampuran dan curing. Limbah paving diperoleh dari bongkaran trotoar dan dihancurkan secara manual hingga menyerupai ukuran pasir. Alat yang digunakan meliputi cetakan beton berbentuk silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm), molen pengaduk beton, timbangan digital, ayakan standar (saringan) untuk analisa gradasi, alat uji tekan beton, oven laboratorium, serta piknometer untuk uji berat jenis dan daya serap agregat.

Tahapan Penelitian

Tahapan awal dalam penelitian ini dimulai dari proses persiapan material, termasuk pengumpulan limbah paving, pemilahan, serta proses penghancuran limbah menjadi butiran yang mendekati ukuran agregat halus. Limbah paving kemudian diayak untuk memperoleh fraksi yang sesuai sebagai substitusi pasir. Di sisi lain, agregat halus berupa pasir alami juga dikarakterisasi melalui uji laboratorium untuk mengetahui parameter teknisnya. Pengujian terhadap agregat halus ini meliputi kadar air, berat jenis, berat isi (gembur dan padat), kadar lumpur, daya serap, serta analisis gradasi berdasarkan saringan bertingkat. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memastikan bahwa limbah paving layak digunakan sebagai pengganti parsial pasir dalam campuran beton berdasarkan spesifikasi teknis SNI 03-2834-2000.

Tahapan selanjutnya adalah penyusunan proporsi campuran beton atau mix design. Penentuan campuran dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000 untuk mutu beton rencana sebesar F_c 25 MPa. Campuran beton dasar terdiri dari semen Portland tipe I, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil 10–20 mm), dan air. Perhitungan komposisi bahan dilakukan untuk kebutuhan 1 m³ beton, kemudian diskalakan menjadi volume benda uji (4 silinder beton). Variasi substitusi limbah paving yang digunakan adalah 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15% dari total berat pasir. Komponen lain (semen, air, dan agregat kasar) dijaga tetap agar variabel yang diamati benar-benar dipengaruhi oleh substitusi agregat halus saja.

Setelah desain campuran ditetapkan, proses pencampuran beton dilakukan menggunakan molen untuk memastikan homogenitas campuran. Benda uji beton dicetak ke dalam silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, kemudian didiamkan selama 24 jam sebelum dilakukan perendaman (*curing*) dalam air selama periode 7 dan 28 hari. Proses perendaman dilakukan dalam kolam *curing* yang dijaga pada suhu ruangan. Setelah mencapai umur yang ditentukan, benda uji dikeluarkan dan dikeringkan sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.

Pengujian kuat tekan beton merupakan tahapan akhir dalam penelitian ini dan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) berkapasitas 2000 kN. Uji tekan dilakukan terhadap dua sampel untuk setiap variasi pada masing-masing umur (7 dan 28 hari). Nilai kuat tekan beton dihitung berdasarkan hasil beban maksimum yang diterima benda uji hingga mengalami kehancuran, menggunakan rumus:

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

keterangan:

F'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum saat beton hancur (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Setelah data diperoleh, seluruh hasil kuat tekan dicatat dan dianalisis dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi limbah paving terhadap kekuatan tekan beton secara kuantitatif dan membantu menentukan proporsi optimal dalam penerapan limbah sebagai agregat halus alternatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari serangkaian pengujian laboratorium yang dilakukan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan limbah paving sebagai pengganti parsial agregat halus dalam campuran beton. Hasil penelitian difokuskan pada tiga aspek utama: karakteristik agregat halus sebagai bahan dasar, perencanaan dan formulasi campuran beton (mix design), serta hasil uji kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari. Setiap hasil yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan limbah paving terhadap mutu akhir beton. Hasil pengujian ini menjadi dasar dalam menjawab rumusan masalah dan membuktikan hipotesis terkait efektivitas penggunaan limbah paving terhadap kekuatan beton.

Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian awal dilakukan terhadap agregat halus (pasir) untuk mengetahui kesesuaian karakteristik fisiknya sebelum dilakukan substitusi dengan limbah paving. Hasil pengujian kadar air agregat halus disajikan pada Tabel 1. Dua sampel pengujian menunjukkan kadar air masing-masing sebesar 0,6% dan 0,4%, dengan rata-rata sebesar 0,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa kelembaban agregat masih dalam batas standar untuk kondisi SSD (Saturated Surface Dry), sehingga tidak berpengaruh negatif terhadap kebutuhan air dalam pencampuran beton. Kondisi ini penting agar perhitungan rasio air-semen (w/c ratio) tetap akurat.

Tabel 1. Kadar Air Agregat Halus

Nomor Test	Berat Pasir SSD (gr)	Berat Pasir Kering Oven (gr)	Kadar Air (%)
I	500	497	0,6
II	500	498	0,4
Rata-rata	-	-	0,5

Selanjutnya, Tabel 2 menyajikan hasil uji berat isi agregat halus. Nilai berat isi gembur rata-rata sebesar 1,92 kg/L menunjukkan tingkat kepadatan butiran pasir yang baik. Nilai ini memberikan indikasi bahwa pasir memiliki distribusi ukuran yang relatif seragam dan tidak terlalu longgar. Berat isi menjadi parameter penting dalam menentukan volume material dalam campuran beton. Nilai yang stabil memperkuat keyakinan bahwa pasir tersebut cocok digunakan dalam formulasi campuran beton yang konsisten dan terkontrol.

Tabel 2. Berat Volume Agregat Halus

Benda Uji	W1 (Kg)	W2 (Kg)	W2-W1 (Kg)	Volume (L)	BV (Kg/L)
I	5,58	16,50	10,92	5,6	1,95
II	5,58	16,38	10,80	5,6	1,93
III	5,58	16,06	10,48	5,6	1,87
Rata-rata	-	-	-	-	1,92

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis gradasi atau distribusi ukuran partikel agregat halus. Hasilnya menunjukkan bahwa agregat termasuk dalam Zona II dengan modulus kehalusan (FM) sebesar 2,76. Zona II mengindikasikan pasir yang ideal untuk beton berkualitas menengah hingga tinggi, dengan keseimbangan antara ukuran partikel halus dan kasar. Nilai FM ini mendukung asumsi bahwa pasir dapat menghasilkan beton dengan workability baik dan kekuatan optimal. Distribusi butiran pasir juga memastikan terjadinya interlocking antar partikel yang efektif dalam struktur beton.

Tabel 3. Analisis Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gr)	(%) Tertahan	Total Tertahan (%)	Lolos (%)	Spesifikasi
19,1 mm (3/4)	12,5	0,25	0,625	99,375	100
4,75 mm (No.4)	135,0	6,775	7,4	92,6	90-100
2,36 mm (No.8)	236,5	11,825	19,225	80,775	75-100
1,18 mm (No.16)	290,0	0,025	0,625	99	55-90
0,6 mm (No.30)	394,5	7	7,4	92,6	40-85
0,3 mm (No.50)	403,5	12	19	81	10-40
0,15 mm (No.100)	294,5	14,5	34	66	0-10
PAN	233	19,725	53,45	46,375	-
TOTAL	2000,0		FM = 2,76		Zona II

Tabel 4 dan 5 menunjukkan hasil pengujian berat jenis dan kadar lumpur agregat halus. Berat jenis pasir sebesar 2,57 berada dalam kisaran standar untuk agregat normal. Nilai resapan air sebesar 1,83% juga menunjukkan bahwa pasir tidak memiliki porositas tinggi sehingga tidak menyerap air berlebih dalam campuran. Kadar lumpur pasir yang sangat rendah, yakni 0,04%, menegaskan kebersihan agregat halus ini dan menjamin tidak akan terjadi gangguan pada ikatan antar partikel semen. Ini menunjukkan bahwa agregat halus sangat layak digunakan baik dalam kondisi normal maupun pada campuran beton modifikasi.

Tabel 4. Berat Jenis dan Resapan Agregat Halus

Uraian	Berat (gram)
Berat Pasir SSD	500
Berat Picno + Pasir + Air	1945,5
Berat Picno + Air	1640
Berat Pasir Kering Oven	491
Berat Jenis SSD	2,57
Resapan (%)	1,83

Tabel 5. Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan	Nilai
Berat Sebelum Dicuci (A)	500 gr
Berat Sesudah Dicuci (B)	480 gr
Kadar Lumpur $(A-B/A \times 100)$	0,04%

Desain Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan acuan dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000 dengan mutu rencana beton sebesar F_c 25 MPa. Standar tersebut memberikan panduan teknis dalam menentukan komposisi material beton yang optimal, termasuk pengaturan proporsi agregat kasar, agregat halus, air, dan semen. Komposisi campuran dasar beton yang digunakan terdiri dari semen sebanyak 380 kg/m^3 , air 205 liter/m^3 , pasir (agregat halus) 916 kg/m^3 , dan kerikil (agregat kasar) 1074 kg/m^3 . Tujuan utama dari perancangan ini adalah memastikan bahwa beton yang dihasilkan memiliki kuat tekan sesuai standar struktur bangunan menengah dan daya kerja (workability) yang stabil dalam proses pengecoran.

Tabel 6. Komposisi Beton per m^3 dan Volume Sampel ($0,021 \text{ m}^3$)

Bahan	Komposisi per m^3	Satuan	Komposisi untuk Sampel
Semen	380	Kg	8,06
Air	205	Liter	4,35
Pasir	916	Kg	19,43
Kerikil $\frac{1}{2}$	1074	Kg	22,78

Berdasarkan kebutuhan sampel untuk pengujian kuat tekan, volume beton yang digunakan dalam penelitian ini dihitung sebesar $0,021 \text{ m}^3$, yang berasal dari 4 benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Oleh karena itu, seluruh komposisi material per meter kubik dikonversi ke skala kecil sesuai dengan volume sampel. Misalnya, kebutuhan semen untuk volume $0,021 \text{ m}^3$ adalah sekitar 8,06 kg, sedangkan kebutuhan pasir, air, dan kerikil masing-masing sebesar 19,43 kg, 4,34 liter, dan 22,78 kg. Penyesuaian ini dilakukan agar hasil pengujian dapat mencerminkan proporsi material sebagaimana dalam skala produksi nyata, meskipun dalam jumlah terbatas.

Penggunaan limbah paving sebagai agregat halus substitusi dilakukan dengan variasi persentase sebesar 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15%. Dalam setiap variasi, jumlah limbah paving menggantikan sebagian dari total berat pasir secara proporsional, sementara jumlah air, semen, dan agregat kasar dijaga tetap konstan. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa satu-satunya variabel bebas dalam penelitian adalah komposisi limbah paving, sehingga pengaruhnya terhadap kuat tekan beton dapat dianalisis secara isolatif dan objektif. Perubahan komposisi pada masing-masing campuran ditunjukkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Mix Design dengan Substitusi Limbah Paving

Persentase Limbah	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Ltr)	Semen (Kg)	Limbah (Kg)
0%	19,43	22,78	4,34	8,06	0,00
5%	18,46	22,78	4,34	8,06	0,97
10%	17,49	22,78	4,34	8,06	1,94
15%	16,52	22,78	4,34	8,06	2,91

Tabel di atas memperlihatkan bahwa semakin besar persentase limbah paving yang digunakan, maka jumlah pasir dalam campuran berkurang dengan proporsi yang sama. Sebagai contoh, pada substitusi 5% limbah paving, jumlah pasir yang digunakan menurun dari 19,43 kg menjadi 18,46 kg, sementara limbah paving ditambahkan sebesar 0,97 kg. Hal serupa terjadi pada variasi 10% dan 15%, di mana limbah paving ditambahkan masing-masing sebesar 1,94 kg dan 2,91 kg, dengan pengurangan pasir yang sepadan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi performa mekanis beton dengan kandungan limbah paving tanpa adanya distorsi akibat perubahan komponen lainnya, sehingga hasil uji kuat tekan yang diperoleh dapat diatribusikan secara langsung terhadap keberadaan limbah paving sebagai material alternatif.

Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton merupakan tahapan krusial dalam penelitian ini, karena bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah paving sebagai substitusi parsial agregat halus terhadap performa mekanik beton. Metode pengujian dilakukan berdasarkan prosedur standar menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada dua waktu, yaitu pada umur 7 hari dan 28 hari, guna mengamati kekuatan awal dan kekuatan akhir beton. Hal ini penting karena kuat tekan beton umumnya mengalami peningkatan signifikan seiring waktu, seiring dengan proses hidrasi semen yang berlangsung lebih sempurna.

Benda uji dibagi menjadi empat variasi berdasarkan persentase penggantian pasir dengan limbah paving, yaitu 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15%. Setiap variasi diuji menggunakan dua benda uji pada masing-masing umur pengujian, sehingga diperoleh hasil rata-rata kuat tekan yang representatif. Tabel 8 menyajikan data hasil kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari dari masing-masing variasi campuran. Nilai-nilai yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk menentukan komposisi optimal dan efektivitas penggunaan limbah paving sebagai agregat halus alternatif.

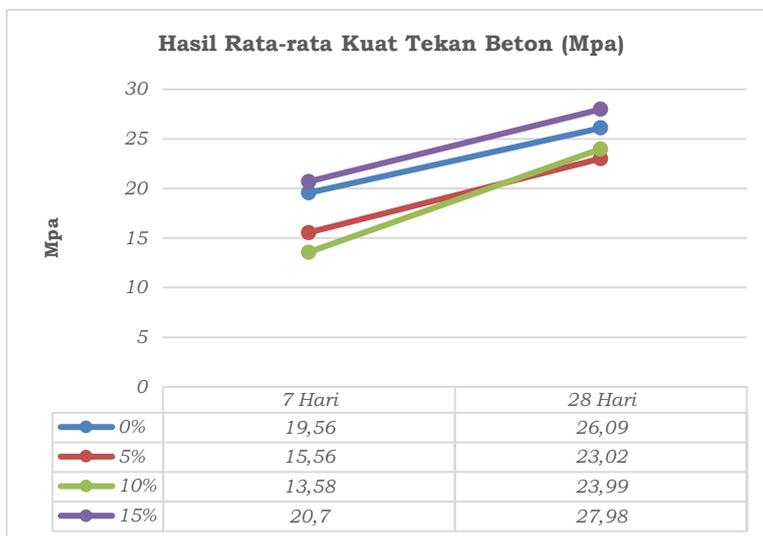
Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (MPa)

Umur Beton	Sampel	0%	5%	10%	15%
7 Hari	I	19,02	15,02	12,07	20,21
	II	20,10	16,10	15,10	21,20
	Rata-rata	19,56	15,56	13,58	20,70
28 Hari	I	27,35	23,10	23,68	26,57
	II	26,45	23,30	24,30	29,40
	Rata-rata	26,90	23,20	23,99	27,98

Berdasarkan hasil pada Tabel 8, dapat dilihat bahwa pada umur 7 hari, beton dengan campuran kontrol (0%) menunjukkan kuat tekan tertinggi yaitu 19,56 MPa, sementara variasi 10% memiliki nilai terendah sebesar 13,58 MPa. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada usia muda beton, substitusi pasir dengan limbah paving belum memberikan kekuatan optimal, yang mungkin disebabkan oleh rendahnya reaktivitas awal dari partikel limbah paving. Menariknya, pada variasi 15%, kuat tekan justru melonjak hingga 20,70 MPa, melampaui beton normal. Hal ini dapat dijelaskan oleh efek pengisian (*filler effect*) dan kontribusi interlocking dari tekstur

permukaan limbah paving yang kasar, yang berkontribusi terhadap peningkatan densitas mikrostruktur beton.

Pada umur 28 hari, tren yang berbeda mulai muncul. Semua variasi dengan limbah paving menunjukkan peningkatan kekuatan tekan dibandingkan pada umur 7 hari, yang mengindikasikan proses hidrasi yang berkelanjutan. Variasi 15% kembali mencatat nilai tertinggi sebesar 27,98 MPa, bahkan melampaui beton normal yang hanya sebesar 26,90 MPa. Variasi 10% dan 5% juga mencatat hasil yang mendekati beton kontrol, masing-masing sebesar 23,99 MPa dan 23,20 MPa. Fakta ini menunjukkan bahwa limbah paving memiliki potensi untuk memperkuat beton seiring dengan bertambahnya waktu pengerasan, menjadikannya material yang layak digunakan dalam konsep green concrete berbasis daur ulang.



Gambar 1. Hasil Rata-rata Kuat Tekan Beton (Mpa)

Grafik di atas memperlihatkan perbandingan kekuatan tekan beton pada setiap variasi dan umur uji. Terlihat bahwa peningkatan kekuatan beton paling signifikan terjadi pada campuran 15%, baik pada umur 7 hari maupun 28 hari. Hal ini memperkuat temuan bahwa penggunaan limbah paving tidak hanya dapat menjadi solusi alternatif untuk mengurangi eksploitasi pasir alam, tetapi juga meningkatkan performa jangka panjang beton. Maka dari itu, penggunaan limbah paving sebesar 15% sebagai pengganti parsial agregat halus dinyatakan sebagai komposisi paling optimal dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan limbah paving sebagai alternatif agregat halus dalam campuran beton memberikan dampak yang signifikan terhadap karakteristik mekanik, khususnya kuat tekan beton. Berdasarkan hasil uji laboratorium, agregat halus dan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar teknis dan layak sebagai bahan penyusun beton. Variasi campuran limbah paving sebesar 5%, 10%, dan 15% menunjukkan pengaruh berbeda terhadap performa beton, di mana pada umur 7 hari, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh dari campuran 15% limbah paving sebesar 20,70 MPa. Pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton dengan campuran 15% limbah paving kembali menunjukkan hasil paling optimal, yakni mencapai 27,98 MPa, lebih tinggi dari beton normal yang hanya mencatatkan 26,90 MPa.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah paving sebagai substitusi parsial pasir hingga 15% dapat meningkatkan kekuatan akhir beton tanpa menurunkan kualitas pada umur muda secara signifikan. Temuan ini menegaskan bahwa limbah paving tidak hanya memiliki potensi sebagai bahan bangunan alternatif yang ekonomis, tetapi juga berkontribusi dalam upaya pengurangan eksploitasi pasir alam serta pengelolaan limbah konstruksi secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

BPS RI. (2022). *Konstruksi Dalam Angka 2022*. BPS RI.

Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1–8.

Hutahaean, M., & Setiawati, N. (2023). Pengelolaan Limbah Konstruksi Infrastruktur berbasis Circular Economy di Metropolitan Rebana. *Prosiding Seminar Nasional WJES*, 1(01), 120.

Katiandagho, M., Wati, D. A. M., Sihite, B., Melvin, Adji, D. H., & Sidabutar, Y. F. (2024). Analisis Durabilitas Beton Jalan Pada Lingkungan Tropis :Wilayah Mangsang Indah Kota Batam. *Zona Sipil: Program Studi Teknik Sipil Universitas Batam*, 14(1). <https://doi.org/10.37776/zs.v14i1.1472>

Kurnia, S., Alamsyahbana, M. I., Chartady, R., Arifin, S. V., & Sesaria, M. I. (2023). Circular solutions for decent work and economic growth: Lessons from Sustainable Development Goals (SDG) 8. *Academia Open*, 8(1), 10–21070.

Lianasari, A. E. (2024). Studi Pustaka Potensi High Volume Fly ash Concrete Sebagai Material Beton Yang Sustainable Untuk Diterapkan Di Indonesia. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 1(2). <https://doi.org/10.62603/konteks.v1i2.28>

Louzi, N., Alzoubi, H. M., El Khatib, M., Ghazal, T. M., Alshurideh, M., & Kukunuru, S. (2022). Psychological Health and Environmental Effect of using Green Recycled Amassed Concrete on Construction. *Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities*, 5(SpecialIssue2), 163–175.

Majid, A. N., Roestaman, & Permana, S. (2021). Penggunaan Agregat Halus EX Paving Block untuk Campuran Beton. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 440–450. <https://jurnal.itg.ac.id/>

Prasetya, B. T., Anisah, & Lenggogeni. (2024). Analisis Pembuatan Paving Block Menggunakan Campuran Limbah Pecahan Keramik & Pasir Silika sebagai Pengganti Sebagian Pasir terhadap Kuat Tekan (Literature Review). *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(1), 76–87. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i1.313>

Sholihah, L., & Irawanto, R. (2025). IDENTIFIKASI PERMASALAHAN DAN PENGELOLAAN SUNGAI WELANG. *Envirous*, 5(2), 8–13. <https://doi.org/10.33005/envirous.v5i2.337>

Soares, M. M., Anggreni, M. Y., & Salu, E. (2023). ANALISA PERBEDAAN PENGGUNAAN PASIR SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON (Pasir Sungai lau-Hata Liquica dan Laklo Liquica dengan Kuat Tekan Beton Rencana 25 MPa dan 30 MPa). *Jurnal Teknik Gradien*, 15(01), 65–74. https://doi.org/10.47329/teknik_gradien.v15i01.1016

Tommy, A. S., Jaya, R. P., & Zainudin, A. (2025). Pemanfaatan Bahan Daur Ulang dalam Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Arsitektur*, 1(1), 45–60. <https://doi.org/10.51903/4yg5fy46>