

Pemanfaatan Hasil Peleburan Sampah Kantong Plastik sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus pada Beton Mutu Sedang

Hernita Matana¹, Israel Padang², Indriyanto Sombolinggi³, Novriel Antariza⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja

Email: hernita@ukitoraja.ac.id;^{1*} israel@ukitoraja.ac.id;² indriyanto.s19@gmail.com;³ novrielantariza04@gmail.com;⁴

ABSTRAK

Pemanfaatan hasil peleburan sampah kantong plastik sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton mutu sedang merupakan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan lingkungan akibat limbah plastik yang sulit terurai dan eksploitasi pasir alam yang terus meningkat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh substitusi parsial agregat halus menggunakan hasil peleburan limbah kantong plastik terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton mutu sedang. Pengujian dilakukan di laboratorium menggunakan variasi substitusi LDPE 0%, 5%, 10%, dan 15%, sesuai standar SNI, pada umur beton 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agregat LDPE secara signifikan menurunkan kuat tekan beton, dari 18,90 N/mm² pada beton normal menjadi 11,89 N/mm² (LDPE 5%), 10,21 N/mm² (LDPE 10%), dan 9,77 N/mm² (LDPE 15%), dengan hubungan kadar LDPE dan kuat tekan dimodelkan melalui persamaan regresi kuadratik ($R^2 = 0,9845$). Kuat tarik belah juga menurun konsisten, dari 1,6 N/mm² menjadi 0,9 N/mm² pada LDPE 15%. Kuat lentur menunjukkan pola berbeda: pada LDPE 5% nilainya masih setara beton normal (2,933 N/mm²), sebelum menurun menjadi 1,732 N/mm² pada LDPE 15%. Penurunan ketiga parameter mekanis ini diindikasikan disebabkan oleh ikatan yang kurang optimal antara agregat plastik dan pasta semen serta meningkatnya porositas dalam matriks beton. Penelitian ini melengkapi kajian terdahulu yang umumnya berfokus pada produk non-struktural, dengan menyajikan karakterisasi mekanis beton mutu sedang secara komprehensif untuk substitusi agregat plastik LDPE.

Kata Kunci: limbah plastik LDPE, substitusi agregat halus, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur

ABSTRACT

The utilization of melted plastic bag waste as a partial substitute for fine aggregate in medium-strength concrete is an innovative solution to address environmental issues caused by plastic waste, which is difficult to decompose, and the increasing exploitation of natural sand. This research aims to determine the effect of partial fine aggregate substitution using melted plastic bag waste on the compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength of medium-strength concrete. Laboratory testing was conducted using LDPE substitution variations of 0%, 5%, 10%, and 15%, in accordance with SNI standards, at 28 days of concrete age. The results show that the use of LDPE aggregate significantly reduces compressive strength, from 18.90 N/mm² in normal concrete to 11.89 N/mm² (LDPE 5%), 10.21 N/mm² (LDPE 10%), and 9.77 N/mm² (LDPE 15%), with the relationship between LDPE content and compressive strength modelled through a quadratic regression equation ($R^2 = 0.9845$). Splitting tensile strength also decreased consistently, from 1.6 N/mm² to 0.9 N/mm² at 15% LDPE. Flexural strength showed a different pattern: at 5% LDPE, the value remained equivalent to normal concrete (2.933 N/mm²), before decreasing to 1.732 N/mm² at 15% LDPE. The decline in all three mechanical parameters is indicated to result from sub-optimal bonding between the plastic aggregate and cement paste, along with increased porosity in the concrete matrix. This research complements previous studies that generally focused on non-structural products, by providing a comprehensive mechanical characterization of medium-strength concrete with LDPE plastic aggregate substitution.

Key words: LDPE plastic waste, fine aggregate substitution, compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength

Submitted: 29 April 2026	Reviewed: 02 Juni 2026	Revised: 15 Juli 2026	Published: 01 Agustus 2026
------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

PENDAHULUAN

Pertumbuhan sektor konstruksi meningkatkan kebutuhan material beton sebagai bahan utama pembangunan infrastruktur. Beton banyak digunakan karena memiliki kuat tekan yang baik, mudah dibentuk, tahan lama, dan bahan

penyusunnya relatif mudah diperoleh (DepoBeta, 2022; Hartono et al., 2022). Secara umum, beton tersusun atas semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Agregat halus berupa pasir berperan penting dalam mengisi rongga, meningkatkan kepadatan campuran, serta

memengaruhi sifat mekanis beton, termasuk kuat tarik belah dan kuat lentur (Malak et al., 2025; Puspitasari & Firstiana, 2025).

Namun, peningkatan kebutuhan pasir alam sebagai agregat halus menimbulkan persoalan lingkungan. Eksploitasi pasir secara berlebihan dapat menyebabkan perubahan morfologi sungai, erosi tebing, degradasi dasar sungai, kerusakan habitat, serta penurunan kualitas lingkungan. (Fahima et al., 2024; Wibowo & Nugroho, 2023). Oleh karena itu, diperlukan alternatif material pengganti sebagian pasir yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan tetap mampu mempertahankan performa beton (Padmalal & Maya, 2014; United Nations Environment Programme [UNEP], 2022).

Di sisi lain, limbah plastik masih menjadi permasalahan lingkungan yang serius karena sulit terurai secara alami dan volumenya terus meningkat. Salah satu jenis limbah plastik yang banyak dijumpai adalah kantong plastik sekali pakai. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat mencemari tanah, saluran air, sungai, dan kawasan permukiman. Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan campuran beton menjadi salah satu alternatif pengelolaan limbah sekaligus mendukung konsep material konstruksi berkelanjutan (Honta et al., 2025; Matana et al., 2025).

Beberapa penelitian nasional menunjukkan bahwa limbah plastik memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam produk berbasis semen, seperti beton, batako, paving block, dan beton ringan. Padang et al. (2024) memanfaatkan limbah plastik HDPE sebagai substitusi parsial agregat halus pada campuran batako. Honta et al. (2025) juga mengolah limbah kantong plastik menjadi agregat halus untuk produksi batako ramah lingkungan. Selain itu, Puspitasari dan Firstiana (2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah plastik HDPE dapat menurunkan berat isi beton ringan, sedangkan Prasetyo et al. (2024) melaporkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE berpengaruh terhadap kuat tekan paving block.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa limbah plastik dapat digunakan sebagai material alternatif dalam campuran berbasis semen, tetapi kadar penggunaannya perlu dikontrol. Penambahan plastik dalam jumlah tertentu dapat membantu mengurangi berat material dan memanfaatkan limbah, namun peningkatan kadar plastik yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan kinerja mekanis beton karena lemahnya ikatan antara plastik dan pasta semen (Damayanti et al., 2024; Padang et al. (2024).

Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar kajian masih berfokus pada batako, paving block, beton ringan, atau penggunaan plastik dalam bentuk cacahan. Kajian mengenai hasil peleburan sampah kantong plastik sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton mutu sedang masih terbatas, terutama yang meninjau parameter kuat tarik belah dan kuat lentur beton. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi parsial agregat halus menggunakan hasil peleburan sampah kantong plastik terhadap performa beton mutu sedang.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan hasil peleburan sampah kantong plastik sebagai substitusi parsial agregat halus terhadap kuat tarik belah dan kuat lentur beton mutu sedang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pemanfaatan limbah plastik, mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam, serta mendukung pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh penggunaan hasil peleburan limbah kantong plastik sebagai substitusi parsial agregat halus terhadap kuat tarik belah dan kuat lentur beton mutu sedang. Metode eksperimen dipilih untuk mengetahui perubahan karakteristik mekanik beton akibat variasi substitusi limbah plastik LDPE pada campuran beton.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja. Penelitian dilakukan selama periode pelaksanaan eksperimen laboratorium hingga umur beton mencapai 28 hari. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan pada Desember 2025 s/d Maret 2026.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan limbah kantong plastik jenis Low Density Polyethylene (LDPE). Limbah kantong plastik diperoleh dari limbah plastik bekas yang sudah tidak digunakan. Sebelum digunakan, limbah plastik dicuci dan dikeringkan untuk menghilangkan kotoran yang menempel.

Pengolahan Limbah Plastik

Limbah kantong plastik LDPE yang telah dibersihkan kemudian dilebur menggunakan

metode pembakaran hingga mencair dan membentuk butiran menyerupai agregat halus. Setelah dingin, hasil peleburan disaring menggunakan saringan No. 4 untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Material hasil saringan tersebut digunakan sebagai substitusi parsial agregat halus dalam campuran beton.



Gambar 1. Agregat hasil peleburan plastik

Variasi Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan variasi substitusi parsial agregat halus menggunakan limbah plastik LDPE sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap berat agregat halus. Campuran beton direncanakan berdasarkan metode perancangan campuran beton normal sesuai SNI 7656:2012.

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan terdiri atas:

- Silinder beton berukuran 10 cm × 20 cm sebanyak 12 benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah.
- Balok beton berukuran 15 cm × 15 cm × 60 cm sebanyak 12 benda uji untuk pengujian kuat lentur.

Setelah proses pencetakan, benda uji dirawat (curing) selama 28 hari sesuai standar perawatan beton sebelum dilakukan pengujian.



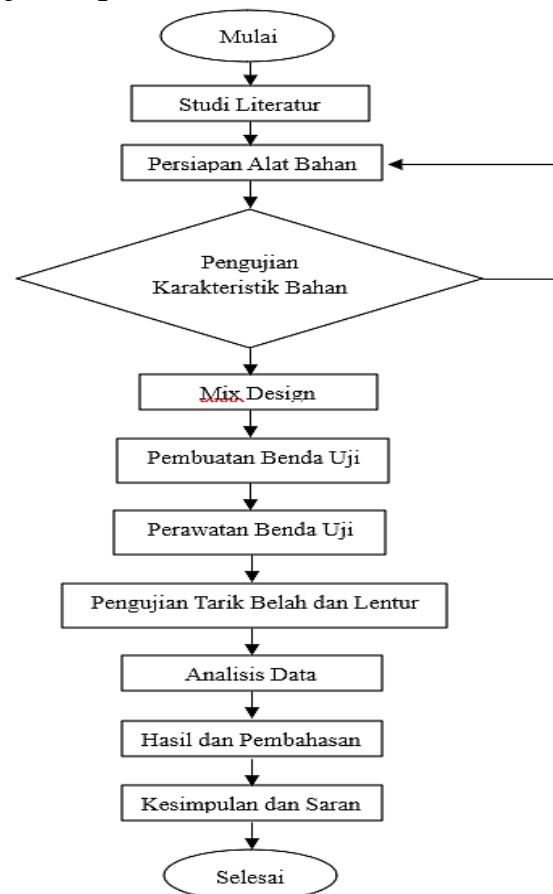
Gambar 2. Benda uji silinder dan balok

Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- Pengujian kuat tekan beton silinder menggunakan standar SNI 1974:2011
- Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan standar SNI 2491-2014 tentang Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.
- Pengujian kuat lentur beton menggunakan standar SNI 4431-2011 tentang Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal dengan dua titik pembebanan.

Secara garis besar tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut :



Gambar 3. Bagan alir penelitian

Tabel 1. Proporsi campuran 1 buah silinder (10×20 cm), mutu rencana 20 MPa

Variasi	Semen (Kg)	Air (Kg)	Pasir Awal (Kg)	LDPE (Kg)	Pasir setelah substitusi (kg)	Batu Pecah (kg)
BN	0,467	0,290	1,378	-	1,378	1,569
LDPE 5%	0,467	0,290	1,378	0,0689	1,3091	1,569
LDPE 10%	0,467	0,290	1,378	0,1378	1,2402	1,569
LDPE 15%	0,467	0,290	1,378	0,2067	1,1713	1,569

Tabel 2. Proporsi campuran 1 buah balok ($15 \times 15 \times 60$ cm), mutu rencana 20 MPa

Variasi	Semen (Kg)	Air (Kg)	Pasir Awal (Kg)	LDPE (Kg)	Pasir setelah substitusi (kg)	Batu Pecah (kg)
BN	0,467	0,290	1,378	-	1,378	1,569
LDPE 5%	0,467	0,290	1,378	0,0689	1,3091	1,569
LDPE 10%	0,467	0,290	1,378	0,1378	1,2402	1,569
LDPE 15%	0,467	0,290	1,378	0,2067	1,1713	1,569

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Material

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar menunjukkan bahwa seluruh parameter memenuhi syarat yang ditetapkan. Kadar air sebesar 0,78% dan kadar lumpur 1,76% masih berada dalam batas standar, sehingga agregat cukup bersih dan layak digunakan. Nilai bobot isi, berat jenis, berat jenis SSD, berat jenis semu, serta penyerapan juga memenuhi persyaratan. Dengan demikian, agregat kasar yang digunakan memenuhi standar sebagai bahan penyusun beton mutu sedang.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	0,2%-5%	0,78 %	memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,2%-2%	1,76 %	memenuhi
3	Bobot Isi:			
	- Kondisi Lepas	1,2-1,9 gr/cm ³	1,33 gram/cm ³	memenuhi
4	- Kondisi Padat	1,2-1,9 gr/cm ³	1,43 gram/cm ³	memenuhi
5	Berat Jenis	1,6-3,1 gr/cm ³	2,46 gr/cm ³	memenuhi
6	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	1,6-3,2 gr/cm ³	2,49 gr/cm ³	memenuhi
7	Berat Jenis Semu	1,6-3,1 gr/cm ³	2,53 gr/cm ³	memenuhi
8	Penyerapan	0,2%-2%	1,14 %	memenuhi

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar menunjukkan bahwa seluruh parameter — kadar air, kadar lumpur, bobot isi (kondisi lepas dan padat), berat jenis, berat jenis SSD, berat jenis semu, serta penyerapan — berada dalam rentang syarat yang ditetapkan sesuai dengan SNI. Dengan demikian, agregat kasar yang digunakan

memenuhi standar sebagai bahan penyusun beton mutu sedang, sehingga variasi kinerja mekanis pada pengujian selanjutnya dapat dipastikan berasal dari pengaruh substitusi LDPE, bukan dari mutu agregat kasar itu sendiri.

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	3%-5%	3,12 %	memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,2%-2%	0,36 %	memenuhi
3	Bobot Isi:			
	- Kondisi Lepas	1,2-1,9 gr/cm ³	1,42 gram/c m ³	memenuhi
	- Kondisi Padat	1,2-1,9 gr/cm ³	1,49 gram/c m ³	memenuhi
5	Berat Jenis	1,6-3,1 gr/cm ³	2,32 gr/cm ³	memenuhi
6	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	1,6-3,2 gr/cm ³	2,33 gr/cm ³	memenuhi
7	Berat Jenis Semu	1,6-3,1 gr/cm ³	2,34 gr/cm ³	memenuhi
8	Penyerapan	0,2%-5%	0,40 %	memenuhi

Hasil pengujian karakteristik agregat halus menunjukkan bahwa seluruh parameter — kadar air, kadar lumpur, bobot isi, berat jenis, berat jenis SSD, berat jenis semu, serta penyerapan — juga berada dalam rentang syarat sesuai dengan SNI. Dengan demikian, agregat halus yang digunakan layak sebagai material penyusun beton mutu sedang dan menjadi baseline yang valid untuk mengevaluasi pengaruh substitusi sebagian agregat halus dengan LDPE terhadap gradasi campuran pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisa saringan campuran agregat halus (pasir) dengan plastik LDPE

No. Saringan	Agregat Pasir (%)	Agregat Halus + Plastik LDPE 5% (%)	Agregat Halus + Plastik LDPE 10% (%)	Agregat Halus+ Plastik LDPE 15% (%)	Rentang
No. 4 (4,75mm)	100	100	100	100	90-100
No. 8 (2,36mm)	98.1	93	92.137	89.291	75-100
No. 16 (1,18mm)	92	80.5	84.616	79.855	55-90
No. 30 (0,60mm)	79.9	53.34	68.445	63.606	35-59
No. 50 (0,30mm)	55.1	22.017	31.8	22.94	8-30
No. 100 (0,15mm)	4.7	3.324	2.667	2.193	0-10
No. 200 (0,075mm)	0.3	1.018	0	0.55	0

Hasil analisis saringan (Tabel 5) menunjukkan bahwa agregat pasir murni sudah memenuhi rentang gradasi pada saringan No. 4, No. 8, dan No. 100, namun melampaui batas atas rentang pada saringan No. 16 (92% terhadap batas 90%), No. 30 (79,9% terhadap batas 59%), dan No. 50 (55,1% terhadap batas 30%) mengindikasikan gradasi pasir asli tergolong relatif kasar untuk beberapa ukuran butir menengah.

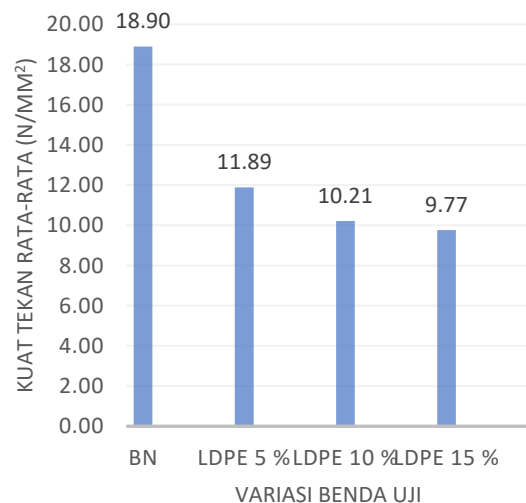
Penambahan plastik LDPE justru memperbaiki kesesuaian gradasi pada sebagian besar titik: pada substitusi 5%, seluruh nilai berada dalam rentang yang disyaratkan, termasuk pada saringan No. 16 dan No. 30 yang sebelumnya tidak terpenuhi oleh pasir murni. Pada substitusi 10% dan 15%, perbaikan serupa terjadi pada saringan No. 16 dan No. 50, meskipun No. 30 masih melampaui batas atas (68,445% dan 63,606% terhadap batas 59%). Pada saringan No. 200, seluruh varian campuran LDPE menunjukkan nilai yang sedikit menyimpang dari rentang (0–1,018%), namun mengingat rentang yang disyaratkan sangat sempit (0%) dan besaran deviasinya kecil, hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh variasi ukuran butiran hasil peleburan yang tidak sepenuhnya seragam, bukan indikasi masalah gradasi yang signifikan.

Hasil Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Beton dan Kuat lentur

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton

Kode	Sam pel	A (mm ²)	P (N)	F ['] c (N/mm ²)	F ['] c Rata-rata (N/mm ²)
BN	1	7.850	150000	19,11	18,90
	2	7.850	145000	18,47	
	3	7.850	150000	19,11	
LDPE 5 %	1	7.850	95000	12,10	11,89
	2	7.850	95000	12,10	
	3	7.850	90000	11,46	
LDPE 10 %	1	7.850	80000	10,19	10,21
	2	7.850	80500	10,25	
	3	7.850	80000	10,19	
LDPE 15 %	1	7.850	80000	10,99	9,77
	2	7.850	75000	9,55	
	3	7.850	75000	9,55	

Tabel 6 menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar substitusi LDPE. Beton normal (BN) mencapai kuat tekan tertinggi sebesar 18,90 N/mm², yang menurun signifikan menjadi 11,89 N/mm² pada penambahan LDPE 5%, penurunan lebih dari sepertiga hanya pada kadar substitusi terendah. Penurunan berlanjut secara lebih landai pada LDPE 10% (10,21 N/mm²) dan LDPE 15% (9,77 N/mm²). Penurunan ini diindikasikan disebabkan oleh ikatan yang kurang optimal antara partikel plastik dan pasta semen serta meningkatnya porositas pada campuran beton.

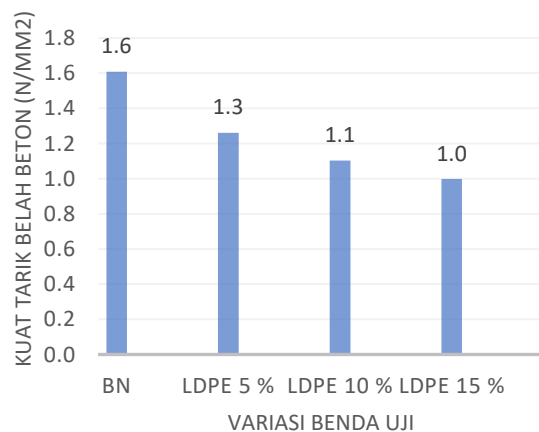


Gambar 4. Grafik nilai kuat tekan beton benda uji

Gambar 4 memvisualisasikan tren penurunan kuat tekan tersebut, yang dimodelkan melalui persamaan regresi kuadratik $y = 0,0657x^2 - 1,5669x + 18,6966$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9845 — menunjukkan bahwa 98,45% variasi kuat tekan dapat dijelaskan oleh kadar substitusi LDPE. Koefisien x negatif menegaskan tren penurunan, sementara koefisien x^2 positif yang kecil menunjukkan laju penurunan yang melambat pada kadar substitusi lebih tinggi, sejalan dengan pola penurunan tajam di awal (BN ke LDPE 5%) yang kemudian melandai. Persamaan ini hanya berlaku pada rentang kadar substitusi yang diuji (0–15%) dan tidak dimaksudkan untuk ekstrapolasi di luar rentang tersebut.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tarik belah (28 hari)

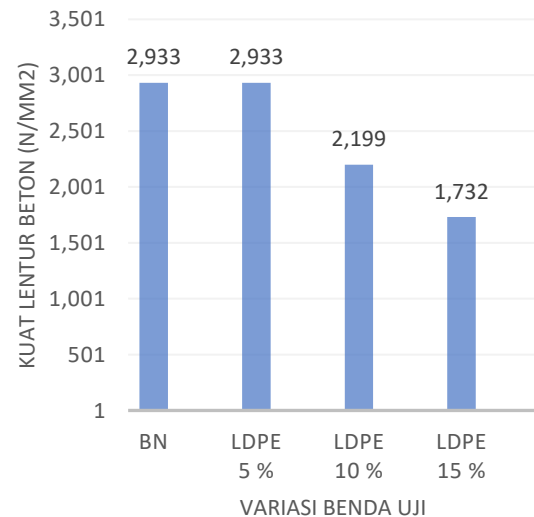
Kode	Sam pel	L (mm)	D (mm)	P (N)	Fct (N/mm ²)	Fct Rata- rata (N/mm ²)
BN	1	202	100	53.000	1,677	1,6
	2	202	100	50.000	1,577	
	3	202	100	50.000	1,577	
LDPE 5 %	1	202	100	40.000	1,261	1,2
	2	202	100	40.000	1,261	
	3	202	100	40.000	1,261	
LDPE 10 %	1	202	100	35.000	1,104	1,0
	2	202	100	35.000	1,104	
	3	202	100	35.000	1,104	
LDPE 15 %	1	202	100	35.000	1,104	0,9
	2	202	100	30.000	0,946	
	3	202	100	30.000	0,946	

**Gambar 5.** Grafik nilai kuat tarik belah benda uji

Tabel 7 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton (fct) juga mengalami penurunan konsisten seiring bertambahnya kadar substitusi LDPE, dari 1,6 N/mm² pada beton normal (BN) menjadi 1,2 N/mm² pada LDPE 5%, 1,0 N/mm² pada LDPE 10%, dan 0,9 N/mm² pada LDPE 15%. Pola penurunan ini sejalan dengan tren yang teramati pada kuat tekan beton, di mana penurunan paling tajam terjadi pada tahap awal substitusi (BN ke LDPE 5%) dan kemudian melandai pada kadar yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa mekanisme pelemahan akibat ikatan plastik-pasta semen yang kurang optimal memengaruhi kedua parameter mekanis secara serupa. Penurunan kuat tarik belah ini kemungkinan disebabkan oleh lemahnya ikatan antarmuka (interfacial bond) antara permukaan plastik LDPE yang licin dan pasta semen, sehingga tegangan tarik tidak dapat ditransfer secara efektif melalui matriks beton, serta bertambahnya rongga udara di sekitar butiran plastik yang menjadi titik awal retak saat beton menerima gaya tarik.

Tabel 8. Hasil pengujian kuat lentur beton (28 hari)

Kode	L (mm)	b (mm)	b (mm)	Beban (N)	Kuat Lentur Rata- rata (N/mm ²)
BN	1	45	15	22.000	2,933
	2	45	15	22.000	
LDPE 5 %	1	45	15	22.000	2,933
	2	45	15	22.000	
LDPE 10 %	1	45	15	18.000	2,199
	2	45	15	15.000	
LDPE 15 %	1	45	15	14.000	1,732
	2	45	15	12.000	

**Gambar 6.** Grafik kuat lentur beton

Beton normal (BN) dan beton dengan penambahan LDPE 5% menunjukkan kuat lentur yang identik dan paling tinggi, yaitu 2.933 N/mm². Ini menunjukkan bahwa penambahan LDPE hingga 5% tidak mengurangi bahkan mempertahankan kinerja kuat lentur beton dibandingkan dengan beton normal. Hal ini bisa menjadi indikasi bahwa pada persentase rendah, agregat plastik mungkin bertindak sebagai pengisi atau bahkan memperbaiki distribusi tegangan pada skala mikro, atau efek negatifnya belum dominan. Namun, ketika persentase agregat plastik LDPE ditingkatkan menjadi 10%, kuat lentur beton mengalami penurunan menjadi 2.199 N/mm². Penurunan ini menandakan bahwa pada kadar tertentu, sifat-sifat agregat plastik yang berbeda mulai memberikan dampak negatif yang lebih signifikan terhadap kemampuan beton dalam menahan gaya lentur. Penurunan yang paling drastis terlihat pada variasi dengan substitusi LDPE tertinggi, yaitu 15%, yang menghasilkan kuat lentur beton terendah sebesar 1.732 N/mm². Angka ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat plastik LDPE dalam jumlah yang lebih besar (di atas 5% atau 10%) secara substansial

mengurangi ketahanan beton terhadap lentur karena kurangnya ikatan yang baik antara plastik dan pasta semen, atau perbedaan modulus elastisitas yang besar. Penurunan kuat lentur kemungkinan disebabkan oleh karakteristik LDPE yang berbeda dari agregat alami, seperti kekakuan yang lebih rendah dan potensi pembentukan rongga atau zona lemah pada antarmuka agregat-pasta semen, yang mengurangi kapasitas beban lentur keseluruhan dari material komposit.

Diskusi Umum

Temuan penelitian ini sejalan dengan sejumlah penelitian terdahulu yang mengkaji pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan substitusi pada material berbasis semen. Padang et al. (2024) melaporkan bahwa substitusi parsial agregat halus dengan limbah plastik HDPE pada campuran batako juga menyebabkan penurunan sifat mekanis seiring peningkatan kadar plastik, yang dikaitkan dengan lemahnya ikatan antara permukaan plastik dan pasta semen, mekanisme yang konsisten dengan pola penurunan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada penelitian ini. Demikian pula, Prasetyo et al. (2024) menemukan bahwa penambahan limbah plastik HDPE menurunkan kuat tekan paving block, memperkuat indikasi bahwa plastik jenis polietilen (baik HDPE maupun LDPE) memiliki karakteristik ikatan antarmuka yang serupa terhadap matriks semen. Malak et al. (2025), yang menggunakan limbah plastik PVC sebagai pengganti sebagian agregat halus, turut melaporkan perubahan karakteristik mekanis beton akibat perbedaan sifat fisik antara plastik dan agregat alami, sejalan dengan pola yang teramati pada penelitian ini.

Berbeda dari penelitian ini yang berfokus pada beton mutu sedang, sebagian besar penelitian terdahulu menguji plastik pada produk non-struktural seperti batako (Honta et al., 2025) dan paving block (Prasetyo et al., 2024), atau menyoroti pengaruhnya terhadap berat isi beton ringan (Puspitasari & Firstiana, 2025), tanpa mengkaji kuat tarik belah maupun kuat lentur secara mendalam. Dengan demikian, penelitian ini melengkapi kajian terdahulu dengan menyajikan data kuat tekan, tarik belah, dan lentur secara komprehensif untuk agregat hasil peleburan limbah kantong plastik LDPE, sekaligus mengonfirmasi bahwa kadar substitusi rendah (5%) memberikan hasil yang paling mendekati kinerja beton normal, sejalan dengan prinsip umum yang disampaikan Damayanti et al. (2024) bahwa penggunaan limbah plastik dalam kadar terkontrol dapat mempertahankan kinerja

mekanis beton tanpa mengorbankan tujuan keberlanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton serta analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan agregat limbah plastik *Low-Density Polyethylene (LDPE)* sebagai substitusi agregat halus secara signifikan mempengaruhi karakteristik mekanis beton. Kuat tekan beton rata-rata menurun dari 18,90 N/mm² pada beton normal (BN) menjadi 11,89 N/mm² pada LDPE 5%, 10,21 N/mm² pada LDPE 10%, dan 9,77 N/mm² pada LDPE 15%, dengan pola penurunan yang dimodelkan melalui persamaan regresi kuadratik ($R^2 = 0,9845$) yang menunjukkan laju penurunan paling tajam terjadi pada kadar substitusi rendah. Pola serupa teramati pada kuat tarik belah, yang menurun dari 1,6 N/mm² (BN) menjadi 1,2 N/mm² (LDPE 5%), 1,0 N/mm² (LDPE 10%), dan 0,9 N/mm² (LDPE 15%). Kuat lentur menunjukkan pola yang sedikit berbeda: pada LDPE 5% nilainya masih setara dengan beton normal (2,933 N/mm²), sebelum menurun signifikan menjadi 2,199 N/mm² pada LDPE 10% dan 1,732 N/mm² pada LDPE 15%. Secara keseluruhan, ketiga parameter mekanis menunjukkan arah tren yang konsisten berupa penurunan kinerja seiring bertambahnya kadar substitusi LDPE, yang diindikasikan disebabkan oleh ikatan antarmuka yang kurang optimal antara partikel plastik dan pasta semen serta meningkatnya porositas dalam matriks beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, R. A., Sudirman, S., & Amin, M. (2024). Kuat tekan beton menggunakan sampah plastik sebagai pengganti agregat kasar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(1), 140–148. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.4193>
- DepoBeta. (2022). *Material beton untuk konstruksi bangunan*. <https://depobeta.com/magazine/artikel/magazine-article-material-beton-untuk-konstruksi-bangunan/>
- Fahima, S., Tanjung, J. C., Sinatrya, A., Wulan, I. R., Ngadisih, N., & Lestari, P. (2024). Kajian dampak penambangan pasir terhadap kualitas air sungai untuk irigasi di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(1), 284–293. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v12i1.74095>
- Hartono, J., Masrianto, M., Widuri, I. L., Dhanardono, B., & Santoso, H. T. (2022). Alternatif perencanaan komposisi campuran beton dengan gabungan bahan tambah kimia tipe F dan D agar waktu buka acuan

- dipercepat. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 39(1), 1–13.
<https://binamarga.pu.go.id/jurnal/index.php/jurnaljalanjembatan/article/view/998>
- Honta, Z. L., Padang, I., Palembang, M. T., Panggalo, P., & Suleman, H. (2025). Pengolahan limbah kantong plastik menjadi agregat halus untuk produksi batako ramah lingkungan. *SCEJ (Shell Civil Engineering Journal)*, 10(1), 20–27.
<https://doi.org/10.35326/scej.v10i1.7296>
- Kusuma, S. S., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2024). Pengaruh Penggunaan Polyethylene Terephthalate sebagai Agregat Halus terhadap Kuat Lentur Beton. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 8(2), 249–254.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15097>
- Malak, M., Kadarningsih, R., & Utama, K. A. (2025). Karakteristik beton yang menggunakan limbah plastik PVC sebagai pengganti sebagian agregat halus. *Composite Journal*, 5(1), 30–36.
<https://doi.org/10.37905/cj.v5i1.142>
- Matana, H., Bua, R. T., Pasorong, I., & Saputra, W. (2025). Pengembangan genteng inovatif berbasis limbah plastik dengan admixture untuk pengurangan sampah dan peningkatan kualitas. *SCEJ (Shell Civil Engineering Journal)*, 10(1), 43–51.
<https://doi.org/10.35326/scej.v10i1.7306>
- Padang, I., Matana, H., Pongbura, S. B., & Marthen, A. (2024). Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanis Campuran Batako. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (Online)*, 3(3), 1720–1726.
<https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/view/2941>
- Padmalal, D., & Maya, K. (2014). *Sand mining: Environmental impacts and selected case studies*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-9144-1>
- Prasetyo, E. P., Al Fathoni, M. A. S., & Afriandini, B. (2024). Pengaruh penambahan limbah plastik jenis HDPE (*high density polyethylene*) terhadap kuat tekan paving block. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 9–14.
<https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/CIVENG/article/view/14647>
- Puspitasari, I., & Firstiana, A. (2025). Kajian eksperimental pemanfaatan sampah plastik HDPE terhadap berat isi beton ringan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 43–52.
<https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/13594>
- SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Standar Nasional Indonesia, 2011.
- SNI 2491: 2014 Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. Standar Nasional Indonesia, 2014.
- SNI 4431-2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. Standar Nasional Indonesia, 2011.
- SNI 7656 : 2012 Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa. Standar Nasional Indonesia 2012.
- Sultan, M. A., Hi Bayan, I. N. A., Gaus, A., Saputra, M. T. Y., & Irnawaty, I. (2025). Efek Penambahan Serat Polypropylene terhadap Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 9(1), 79–86.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v9i1.17098>
- United Nations Environment Programme. (2022). Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. UNEP GRID-Geneva.
<https://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis>
- Wibowo, A., & Nugroho, A. (2023). Analisis kerusakan lingkungan fisik pada penambangan pasir sungai di wilayah Kalurahan Sendangsari Kapanewon Pajangan Kabupaten Bantul. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1), 17–26.
<https://doi.org/10.37412/jrl.v23i1.174>