



Pengaruh Penggunaan Plastik HDPE Sebagai Material Substitusi Agregat Halus dalam Pembuatan Bata Ringan CLC

Marsedes Purba*, Gallio Budianto, Samiran Samiran, Ricky Bakara, Asri Afriliany Surbakti, Sinta Marito Siagian

Politeknik Negeri Medan, Indonesia

Email: marsedespurba@polmed.ac.id*, galliobudianto@polmed.ac.id, samiran@polmed.ac.id, rickybakara@polmed.ac.id, asriafriany@polmed.ac.id, sintasiagian@polmed.ac.id

ABSTRAK

Krisis limbah plastik global dan kebutuhan akan material konstruksi berkelanjutan mendorong eksplorasi inovasi material ramah lingkungan. Penelitian ini berfokus pada penggunaan limbah plastik High-Density Polyethylene (HDPE) sebagai substitusi parsial agregat halus dalam produksi bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan menambahkan HDPE dalam proporsi 0%, 20%, 25%, dan 30% ke dalam campuran CLC untuk mengetahui pengaruhnya. Masing-masing variasi diuji untuk mengetahui kuat tekan, densitas kering, dan penyerapan air setelah proses curing selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan HDPE mempengaruhi sifat mekanik bata ringan secara signifikan, dengan kuat tekan yang menurun seiring peningkatan persentase HDPE. Nilai kuat tekan tertinggi adalah 2,035 MPa pada variasi 0% HDPE, sedangkan nilai terendah adalah 0,375 MPa pada variasi 30% HDPE, yang berada di bawah standar SNI 8640-2018 (minimum 1,8 MPa). Berat isi kering tertinggi adalah 1176,889 kg/m³ pada komposisi 0% HDPE, menunjukkan kerapatan yang optimal, sementara variasi dengan HDPE menunjukkan penurunan berat isi menjadi kisaran 620-726 kg/m³, yang masih memenuhi standar untuk aplikasi nonstruktural (700-800 kg/m³). Penambahan HDPE juga meningkatkan penyerapan air, dengan rata-rata tertinggi 18,61% pada variasi 25%, namun semua variasi masih memenuhi batas maksimum SNI sebesar 25%. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa biaya produksi meningkat seiring penambahan HDPE, dari Rp2.454,53 per buah (0% HDPE) hingga Rp5.115,53 per buah (30% HDPE). Dengan demikian, penggunaan limbah HDPE sebagai bahan pengganti menunjukkan potensi yang ramah lingkungan dalam konteks ekonomi sirkular, namun perlu dioptimalkan proporsinya untuk menjaga kualitas struktural bata ringan CLC dan mempertimbangkan aspek kelayakan ekonomi.

Kata kunci: Plastik HDPE; Bata Ringan CLC; Kuat Tekan; Berat Isi Kering; Penyerapan Air

ABSTRACT

The global plastic waste crisis and the need for sustainable construction materials drive the exploration of environmentally friendly material innovations. This study focuses on the use of High-Density Polyethylene (HDPE) plastic waste as a partial substitute for fine aggregate in the production of Cellular Lightweight Concrete (CLC) lightweight bricks. This study uses a laboratory experimental method by adding HDPE in proportions of 0%, 20%, 25%, and 30% into the CLC mixture to determine its effect on the physical and mechanical properties of the material. Each variation was tested to determine the compressive strength, dry density, and water absorption after a curing process for 28 days. The research results show that the addition of HDPE significantly affects the mechanical properties of lightweight bricks, with compressive strength decreasing with increasing HDPE percentage. The highest compressive strength value is 2.035 MPa in the 0% HDPE variation, while the lowest value is 0.375 MPa in the 30% HDPE variation, which is below the SNI 8640-2018 standard (minimum 1.8 MPa). The highest dry unit weight is 1176.889 kg/m³ in the 0% HDPE composition, indicating optimal density, while variations with HDPE show a decrease in unit weight to the range of 620-726 kg/m³, which still meets the standard for non-structural applications (700-800 kg/m³). The addition of HDPE also increased water absorption, with the highest average being 18.61% at the 25% variation, but all variations still meet the SNI maximum limit of 25%. Economic analysis shows that production costs increase with HDPE addition, from Rp2,454.53 per piece (0% HDPE) to Rp5,115.53 per piece (30% HDPE). Thus, the use of HDPE waste as a substitute material shows environmental potential in the context of circular economy, but the proportion needs to be

optimized to maintain the structural quality of CLC lightweight bricks and consider economic feasibility aspects.

Keywords:

HDPE Plastic; CLC Lightweight Bricks; Compressive Strength; Dry Unit Weight; Water Absorption

PENDAHULUAN

Limbah plastik, terutama *High-Density Polyethylene* (HDPE), telah menjadi isu lingkungan global yang sangat serius dan mendesak untuk diatasi. Limbah plastik HDPE yang digunakan luas dalam kemasan botol, wadah, dan produk rumah tangga memiliki sifat kuat dan tahan lama, namun sangat sulit terurai secara alamiah (Ahmad et al., 2024; Amjadi & Fatemi, 2021; Kroon et al., 2024; Malyuta et al., 2023; Oliveros-Gaviria et al., 2024). Proses dekomposisinya yang membutuhkan waktu hingga ratusan tahun menyebabkan pencemaran pada tanah, air, kemudian ekosistem, sehingga menimbulkan dampak serius terhadap keberlanjutan ekosistem. Di Indonesia, data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat timbunan sampah plastik mencapai lebih dari 11,6 juta ton per tahun, dengan tingkat daur ulang yang masih sangat rendah. Hal ini menegaskan perlunya langkah inovatif untuk mengelola limbah plastik secara efektif demi mengurangi beban lingkungan (Banerji et al., 2022; Saini et al., 2025; Vamsi et al., 2022).

Di sisi lain, industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang secara signifikan menyumbang terhadap eksploitasi sumber daya alam dan emisi karbon, khususnya melalui penggunaan material seperti pasir dan semen secara massif (Dinarjito, 2022; Famdale & Widyadana, 2023; Wimala & Imanuela, 2022). Penggunaan material konvensional yang tidak ramah lingkungan mendorong kebutuhan mendesak akan inovasi material konstruksi yang lebih berkelanjutan dan memiliki dampak ekologis minimal. Bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) muncul sebagai solusi alternatif yang menjanjikan karena bobotnya yang ringan, efisiensi bahan baku, dan sifat isolasi termal yang baik. Namun, untuk meningkatkan nilai ekologis bata ringan CLC, pemanfaatan limbah sebagai substitusi bahan baku merupakan strategi penting yang belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal (Aidi et al., 2022; Hunggurami et al., 2014; Pah et al., 2023; Roma Dearn et al., 2019).

Urgensi penelitian ini dapat dilihat dari tiga dimensi kritis yang saling berkaitan, yaitu pertama, dari perspektif lingkungan, di mana akumulasi limbah plastik HDPE terus meningkat dengan laju mengkhawatirkan dan Indonesia merupakan penghasil limbah plastik kedua terbesar di dunia dengan proyeksi peningkatan 5% per tahun hingga 2030 (Bank Dunia, 2020) serta dampak ekologis berupa pencemaran mikroplastik yang telah terdeteksi dalam air minum, tanah, bahkan jaringan tubuh manusia sehingga transformasi limbah HDPE menjadi material konstruksi fungsional dapat mengurangi volume limbah plastik di ekosistem; kedua, dari perspektif industri konstruksi, di mana ekstraksi agregat halus (pasir) telah mencapai tingkat tidak berkelanjutan yang menyebabkan degradasi sungai, erosi pantai, dan hilangnya habitat ekosistem akuatik secara global serta kerusakan lingkungan akibat penambangan pasir ilegal dan eksploitasi berlebihan di Indonesia (Kementerian ESDM, 2021) sehingga substitusi parsial agregat halus dengan

limbah HDPE dapat mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam terbatas ini dan mendukung ekonomi sirkular; serta ketiga, dari perspektif teknologi material, di mana optimalisasi proporsi HDPE dalam campuran bata ringan CLC masih memerlukan kajian empiris komprehensif karena penelitian spesifik tentang HDPE sebagai substitusi agregat halus dalam bata ringan CLC dengan evaluasi lengkap terhadap sifat mekanik, fisik, dan kelayakan ekonomi masih terbatas, khususnya dalam konteks Indonesia dengan standar SNI 8640-2018.

Pengintegrasian limbah plastik HDPE sebagai substitusi parsial agregat halus dalam pembuatan bata ringan CLC dapat menjadi inovasi terobosan yang memberikan manfaat ganda, yaitu mengurangi limbah plastik yang mencemari lingkungan sekaligus mengurangi konsumsi sumber daya alam dalam industri konstruksi (Erlangga et al., 2023; Fernando, 2020; Riyanto et al., 2021; Sri & Purwonugroho, 2018). Pengembangan material eco-friendly seperti ini sangat relevan dengan konsep circular economy yang bertujuan mengubah limbah menjadi sumber daya yang berguna, mengurangi polusi, serta menekan jejak karbon. Inovasi ini diharapkan menurunkan bobot bata ringan, memperbaiki sifat insulasi termal, serta mengurangi penggunaan bahan yang tidak terbarukan. Namun, tantangan utama dalam adopsi limbah HDPE adalah menjaga atau meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas bata ringan CLC agar tetap memenuhi standar kualitas seperti (SNI 8640, 2018), khususnya terkait dengan kuat tekan, berat isi, dan daya tahan terhadap penyerapan air. Studi ilmiah yang sistematis dan terukur perlu dilakukan untuk menentukan proporsi optimal HDPE sebagai material substitusi tanpa mengorbankan performa mekanis bata ringan.

Riset tentang pemanfaatan limbah plastik dalam material konstruksi telah berkembang dengan fokus pada aspek keberlanjutan dan performa teknis, dimana beberapa penelitian kunci memberikan fondasi teoretis dan empiris bagi penelitian ini. Studi fundamental oleh Vamsi et al. (2022) mengonfirmasi bahwa HDPE memiliki karakteristik mekanik superior dengan kekuatan tarik mencapai 20-25 MPa dan stabilitas dimensi unggul yang menjadikannya kandidat ideal untuk aplikasi struktural, sementara penelitian aplikatif oleh Saputra et al. (2021) berhasil mengoptimalkan formulasi bata cellular lightweight concrete (CLC) dengan substitusi 10% HDPE yang menghasilkan densitas memenuhi SNI 03-3449-2002 dan pengurangan bobot struktural hingga 15%, meski penelitian ini terbatas pada satu variasi proporsi dan belum mengeksplorasi efek variasi proporsi lebih tinggi terhadap trade-off antara pengurangan berat dan penurunan kuat tekan.

Riset terapan lebih lanjut oleh Abdel Tawab et al. (2020) mendemonstrasikan bahwa incorporasi HDPE mampu meningkatkan properti termal bata CLC dengan konduktivitas termal lebih rendah 30% dibandingkan bata konvensional, namun juga mengidentifikasi penurunan kuat tekan sebesar 12% akibat interferensi serat polimer dengan proses hidrasi semen, yang mengindikasikan mekanisme mikrostruktural kompleks dalam interaksi HDPE-matriks semen. Terobosan penelitian oleh Nurhayati (2020) dalam memodifikasi HDPE dengan rice husk ash (RHA) berhasil menciptakan komposit dengan water absorption hanya 3,2%—jauh di bawah batas maksimum SNI—

namun kompleksitas proses modifikasi menimbulkan pertanyaan tentang kelayakan ekonomi dan skalabilitas produksi massal. Studi Gu & Ozbakkaloglu (2016) tentang penggunaan agregat plastik daur ulang dalam beton menemukan bahwa ukuran partikel dan bentuk plastik memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik, di mana partikel lebih kecil dan berbentuk tidak beraturan cenderung menciptakan zona transisi interfasi lemah yang menjadi titik kritis inisiasi retak.

Dari tinjauan literatur tersebut, teridentifikasi beberapa gap pengetahuan yang akan diisi penelitian ini, yaitu: belum ada kajian sistematis tentang efek variasi proporsi HDPE (0%, 20%, 25%, 30%) terhadap sifat mekanik, fisik, dan ekonomi bata ringan CLC secara simultan dalam konteks standar Indonesia; penelitian terdahulu cenderung fokus pada satu atau dua aspek tanpa evaluasi komprehensif yang mencakup analisis kelayakan ekonomi; belum ada penelitian yang mengeksplorasi proporsi HDPE di atas 10% dalam bata ringan CLC dengan evaluasi lengkap terhadap compliance dengan SNI 8640-2018; serta mekanisme optimasi trade-off antara pengurangan berat, penurunan kuat tekan, dan peningkatan penyerapan air belum teridentifikasi dengan jelas untuk menentukan proporsi HDPE yang optimal.

Kebaruan penelitian ini terletak pada beberapa aspek orisinal yang membedakannya dari penelitian-penelitian sebelumnya. Pertama, penelitian ini mengeksplorasi rentang proporsi HDPE yang lebih luas (0%, 20%, 25%, 30%) untuk mengidentifikasi threshold optimal antara manfaat lingkungan (pengurangan limbah plastik dan agregat alam) dengan persyaratan teknis (kuat tekan dan penyerapan air sesuai SNI 8640-2018). Kedua, penelitian ini mengintegrasikan evaluasi multi-dimensi yang mencakup sifat mekanik (kuat tekan), sifat fisik (berat isi dan penyerapan air), dan analisis kelayakan ekonomi (biaya produksi per unit) dalam satu kerangka penelitian yang komprehensif. Ketiga, penelitian ini memberikan data empiris spesifik untuk konteks Indonesia dengan menggunakan standar SNI 8640-2018 sebagai benchmark, sehingga hasil penelitian dapat langsung diaplikasikan dalam industri konstruksi lokal. Keempat, penelitian ini menghasilkan kurva karakteristik hubungan antara proporsi HDPE dengan sifat-sifat kritis bata ringan CLC yang dapat menjadi acuan untuk optimasi desain campuran dalam aplikasi praktis.

Penelitian ini memiliki tujuan spesifik sebagai berikut: (1) Menganalisis pengaruh variasi proporsi HDPE (0%, 20%, 25%, 30%) terhadap kuat tekan bata ringan CLC dan membandingkannya dengan standar SNI 8640-2018; (2) Mengevaluasi pengaruh substitusi HDPE terhadap berat isi kering dan penyerapan air bata ringan CLC; (3) Mengidentifikasi proporsi HDPE optimal yang memberikan keseimbangan terbaik antara sifat mekanik, fisik, dan kelayakan ekonomi; (4) Memberikan rekomendasi teknis untuk aplikasi praktis limbah HDPE dalam produksi bata ringan CLC berkelanjutan.

Manfaat penelitian ini mencakup dimensi akademik, industri, dan lingkungan. Secara akademik, penelitian ini menyediakan data empiris komprehensif tentang karakteristik bata ringan CLC berbasis HDPE yang dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan. Secara industri, penelitian ini memberikan alternatif material konstruksi yang lebih berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah plastik, sekaligus

mengurangi ketergantungan pada agregat alam. Secara lingkungan, implementasi hasil penelitian ini berpotensi mengurangi volume limbah plastik HDPE yang mencemari ekosistem dan menurunkan emisi karbon dari ekstraksi agregat alam.

Implikasi penelitian ini bersifat multi-level. Pada level mikro, penelitian ini memberikan solusi teknis bagi produsen bata ringan untuk mengadopsi prinsip ekonomi sirkular dengan memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan baku. Pada level meso, penelitian ini mendukung industri konstruksi Indonesia dalam transisi menuju green building dan sustainable construction practices. Pada level makro, penelitian ini berkontribusi terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya Goal 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), Goal 11 (Sustainable Cities and Communities), Goal 12 (Responsible Consumption and Production), dan Goal 13 (Climate Action).

Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengkaji secara mendalam pengaruh substitusi agregat halus dengan limbah HDPE pada sifat fisik dan mekanik bata ringan CLC. Penelitian ini akan memberikan kontribusi ilmiah yang orisinal sekaligus solusi praktis bagi permasalahan limbah plastik dan kebutuhan pembangunan berkelanjutan dalam industri konstruksi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan pengembangan material ramah lingkungan yang dapat diimplementasikan secara luas dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimen dengan pengujian sampel di laboratorium yang dimulai dengan pengumpulan material campuran bata ringan. Riset dasar terkait pemanfaatan limbah HDPE (High-Density Polyethylene) sebagai material konstruksi berkelanjutan telah membuka paradigma baru dalam rekayasa material ramah lingkungan. Studi oleh (Vamsi et al., 2022) mengonfirmasi bahwa HDPE tidak hanya memiliki kekuatan tarik hingga 20-25 MPa dan ketahanan kimia yang tinggi terhadap asam-basa, tetapi juga stabilitas dimensi yang unggul dibandingkan material polimer lainnya, membuatnya ideal untuk aplikasi struktural. Temuan ini sejalan dengan penelitian Saputra et al. (2021) yang berhasil mengoptimalkan formulasi bata cellular lightweight concrete (CLC) dengan substitusi 10% HDPE, menghasilkan densitas 800-1000 kg/m³ yang memenuhi SNI 03-3449-2002, sekaligus mengurangi bobot struktural hingga 15%.

Inovasi ini semakin diperkuat oleh riset terapan, seperti studi (Abdel Tawab OF et al., 2020) yang mendemonstrasikan bahwa incorporasi HDPE mampu meningkatkan konduktivitas termal bata CLC menjadi 0,45 W/mK (lebih rendah 30% dari bata konvensional), meskipun terjadi penurunan kuat tekan sebesar 12% akibat interferensi serat polimer dengan hidrasi semen. Di sisi lain, terobosan (C Nurhayati, 2020) dalam memodifikasi HDPE dengan rice husk ash (RHA) berhasil menciptakan komposit dengan porositas tertutup, menghasilkan nilai water absorption hanya 3,2%—jauh di bawah batas maksimum SNI (15%). Penelitian ini tidak hanya menjawab tantangan teknis melalui uji akselerasi aging dan mikroskopi SEM-EDS untuk analisis degradasi, tetapi juga

menghadirkan analisis cost-benefit berbasis learning curve model dan perhitungan embodied carbon menggunakan database Ecoinvent v3.0, sehingga memberikan kerangka kelayakan multidimensi untuk implementasi industri berbasis ekonomi sirkular.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan, yang berlokasi di Jalan Almamater No.1 Kampus USU, Medan. Percobaan yang dilakukan yaitu dengan membuat bata ringan dengan 4 variasi yang masing-masing memiliki kadar campuran yang berbeda. Penelitian ini menggunakan rasio komposisi semen dan pasir sebesar 1:1,5. Bata ringan akan dibuat dengan menggantikan sebagian agregat halus dengan limbah plastik HDPE dalam beberapa variasi, yaitu 0%, 20%, 25%, dan 30%. Setiap variasi akan diwakili oleh 3 sampel bata ringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

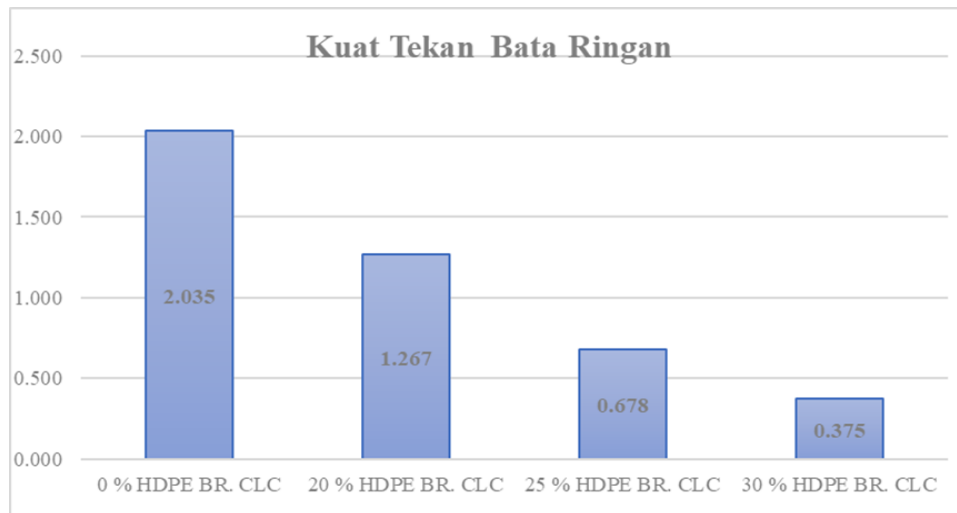
Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari menggunakan alat mesin tekan (*compression machine*). Proses pengujian dilakukan dengan memberikan beban yang ditekan secara perlahan ke permukaan benda uji dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm hingga mengalami kerusakan. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 1. Kuat tekan bata ringan

Variasi	Kode Benda uji	Weight (Gr)	A (mm ²)	Beban Aktual (kN)	Rata-Rata (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
0 %	A	3.499	22500	22	38.000	1.178	2.035
HDPE BR.	B	3.647	22500	29		1.553	
	C	4.143	22500	63		3.373	
CLC							
20 %	A	8.267	22500	42	23.667	2.249	1.267
HDPE BR.	B	9.089	22500	23		1.232	
	C	5.747	22500	6		0.321	
CLC							
25 %	A	7.443	22500	19	12.667	1.017	0.678
HDPE BR.	B	5.481	22500	6		0.321	
	C	6.323	22500	13		0.696	
CLC							
30 %	A	5.346	22500	6	7.000	0.321	0.375
HDPE BR.	B	6.814	22500	9		0.482	
	C	5.742	22500	6		0.321	

CLC



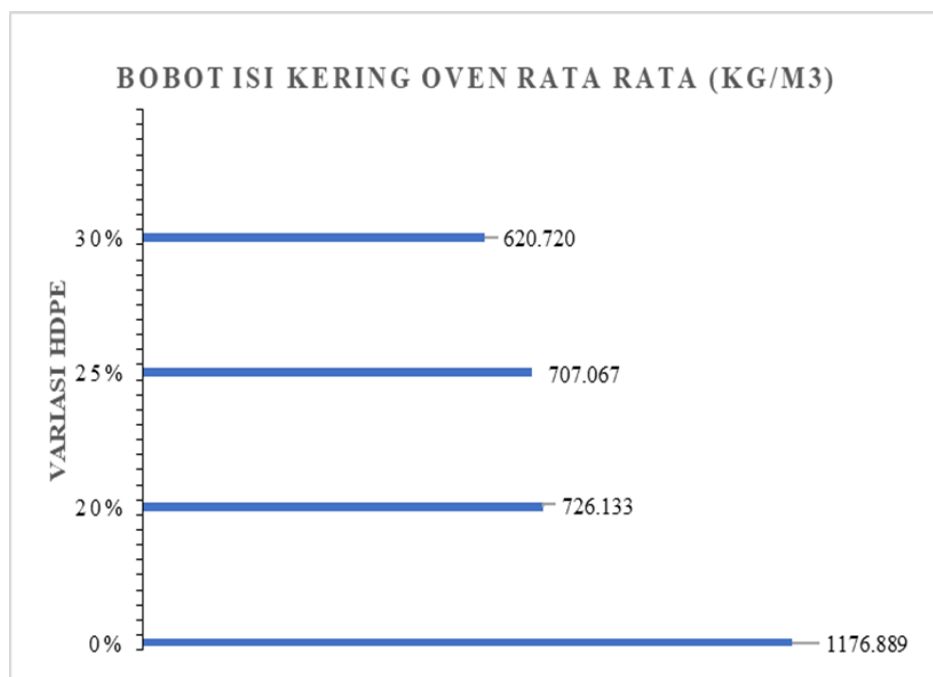
Gambar 1. Grafik kuat tekan bata ringan

Berat Jenis

Dalam penelitian ini, hasil pengujian berat jenis bata beton ringan berukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm setelah berumur 28 hari disajikan dalam tabel dan diagram berikut.

Variasi	Kode benda Uji	Volume	Bobot isi Kering oven (Kg)	Bobot isi Kering Oven (Kg/m ³)	Bobot Isi Kering Oven Rata Rata (Kg/m ³)
0%	A 0%	0.000125	0.1487	1189.600	1176.889
	B 0%	0.000125	0.1473	1178.400	
	C 0%	0.000125	0.1533	1226.400	
	D 0%	0.000125	0.1339	1071.200	
	E 0%	0.000125	0.1465	1172.000	
	F 0%	0.000125	0.1462	1169.600	
	G 0%	0.000125	0.1425	1140.000	
	H 0%	0.000125	0.1498	1198.400	
	I 0%	0.000125	0.1558	1246.400	
20%	A 20%	0.000125	0.1034	827.200	726.133
	B 20%	0.000125	0.0781	624.800	
	C 20%	0.000125	0.0924	739.200	
	D 20%	0.000125	0.0913	730.400	
	E 20%	0.000125	0.0992	793.600	
	F 20%	0.000125	0.072	576.000	
	G 20%	0.000125	0.0965	772.000	
	H 20%	0.000125	0.0815	652.000	
	I 20%	0.000125	0.1025	820.000	
25%	A 25%	0.000125	0.072	576.000	
	B 25%	0.000125	0.0965	772.000	
	C 25%	0.000125	0.0815	652.000	
	D 20%	0.000125	0.0924	739.200	
	E 25%	0.000125	0.0913	730.400	

25%	F 25%	0.000125	0.0992	793.600	707.067
	G 25%	0.000125	0.0872	697.600	
	H 25%	0.000125	0.09715	777.200	
	I 25%	0.000125	0.0782	625.600	
30%	A 30%	0.000125	0.0781	624.800	620.720
	B 30%	0.000125	0.07514	601.120	
	C 30%	0.000125	0.0824	659.200	
	D 30%	0.000125	0.0735	588.000	
	E 30%	0.000125	0.0985	788.000	
	F 30%	0.000125	0.0654	523.200	
	G 30%	0.000125	0.06535	522.800	
	H 30%	0.000125	0.06432	514.560	
	I 30%	0.000125	0.0956	764.800	



Gambar 2. Grafik bobot isi kering bata ringan

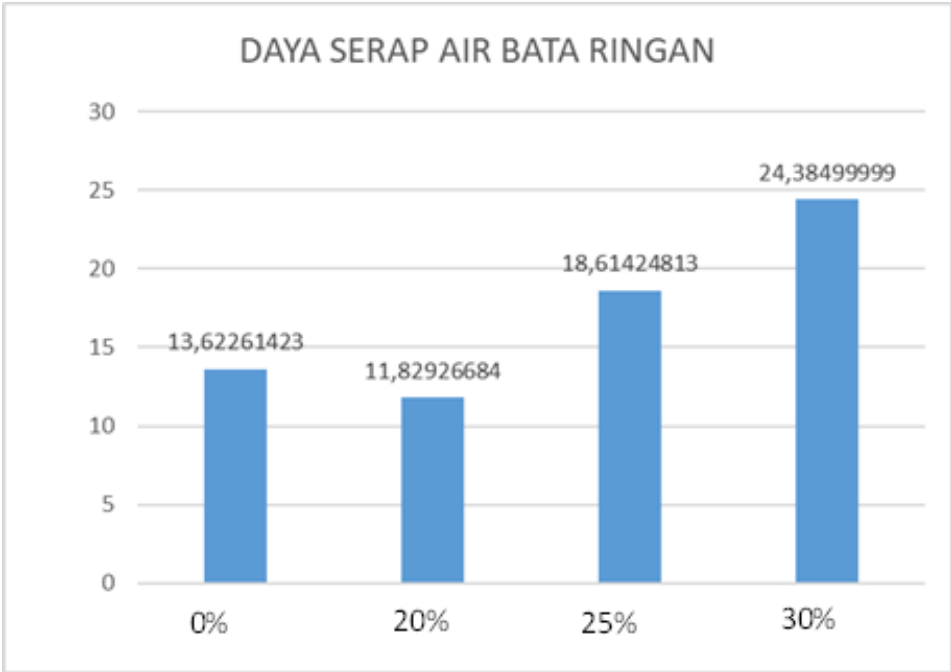
Uji Penyerapan air

Dalam penelitian ini, hasil pengujian daya serap air pada bata ringan yang telah dipotong dengan ukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm disajikan setelah melalui perlakuan pemanasan di oven pada suhu 110°C selama sekitar 24 jam, diikuti dengan proses perendaman selama sekitar 24 jam. Hasil pengujian ini ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya Serap Air Bata Ringan

Variasi	Kode benda Uji	Bobot isi Kering Oven (Kg/m ³)	Bobot isi Jenuh Air (Kg/m ³)	Penyerapan air (%)	Penyerapan air Rata rata (%)
0%	A 0%	1189,6	1330,4	11,83591123	13,62261423
	B 0%	1178,4	1293,6	9,775967413	
	C 0%	1226,4	1440	17,41682975	
	D 0%	1071,2	1201,6	12,17326363	
	E 0%	1172	1299,2	10,85324232	
	F 0%	1169,6	1332,8	13,95348837	
	G 0%	1140	1246,4	9,333333333	
	H 0%	1198,4	1408,8	17,55674232	
	I 0%	1246,4	1492	19,70474968	
20%	A 20%	827,2	892,8	7,930367505	11,82926684
	B 20%	624,8	705,6	12,93213828	
	C 20%	739,2	848	14,71861472	
	D 20%	730,4	824,8	12,92442497	
	E 20%	793,6	906,4	14,21370968	
	F 20%	576	638,4	10,83333333	
	G 20%	772	853,6	10,56994819	
	H 20%	652	729,6	11,90184049	
	I 20%	820	905,6	10,43902439	
25%	A 25%	1112,2	1367,8	22,98147815	18,61424813
	B 25%	1073,2	1271,3	18,45881476	
	C 25%	1076,9	1232	14,40245148	
30%	A 30%	998,7	1202,7	20,42655452	24,38499999
	B 30%	1013,2	1251,1	23,48006317	
	C 30%	1004,5	1298,3	29,24838228	

Tabel 3 hasil pengujian daya serap air menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE meningkatkan daya serap air pada bata ringan CLC. Variasi 0% HDPE memiliki daya serap rata-rata 13.62%, sedangkan variasi 20% HDPE meningkat menjadi 11.82%. Variasi 25% HDPE meningkat juga menjadi 18.61%, dan variasi 30% HDPE meningkat sedikit menjadi 24.38%. Ini menunjukkan bahwa penggunaan HDPE dapat meningkatkan kemampuan bata dalam menyerap air, yang berimplikasi pada performa dan daya tahan bata. Berdasarkan pengujian penyerapan air, bata ringan limbah plastik HDPE juga masih memenuhi standar SNI 8640-2018 dimana penyerapan bata ringan masih relatif lebih kecil dari 25 %.



Gambar 3. Grafik Daya Serap Air Bata Ringan

Data pada grafik 3 ini menunjukkan bahwa meskipun penambahan limbah HDPE dapat mengurangi daya serap air pada level awal, proporsi yang lebih tinggi justru meningkatkan daya serap air bata ringan. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa limbah plastik berkontribusi pada porositas material, sehingga meningkatkan kemampuan bata untuk menyerap air. Namun, hal ini juga dapat berimplikasi pada kekuatan dan ketahanan material, yang perlu dipertimbangkan dalam aplikasi konstruksi.

Analisa Ekonomis Produksi

Analisis ekonomi bertujuan menilai kelayakan finansial suatu proyek dengan membandingkan biaya produksi dan potensi penghematan untuk menentukan keuntungan yang diperoleh.

Tabel 4. Hasil Analisa Ekonomi Produksi Bata Ringan

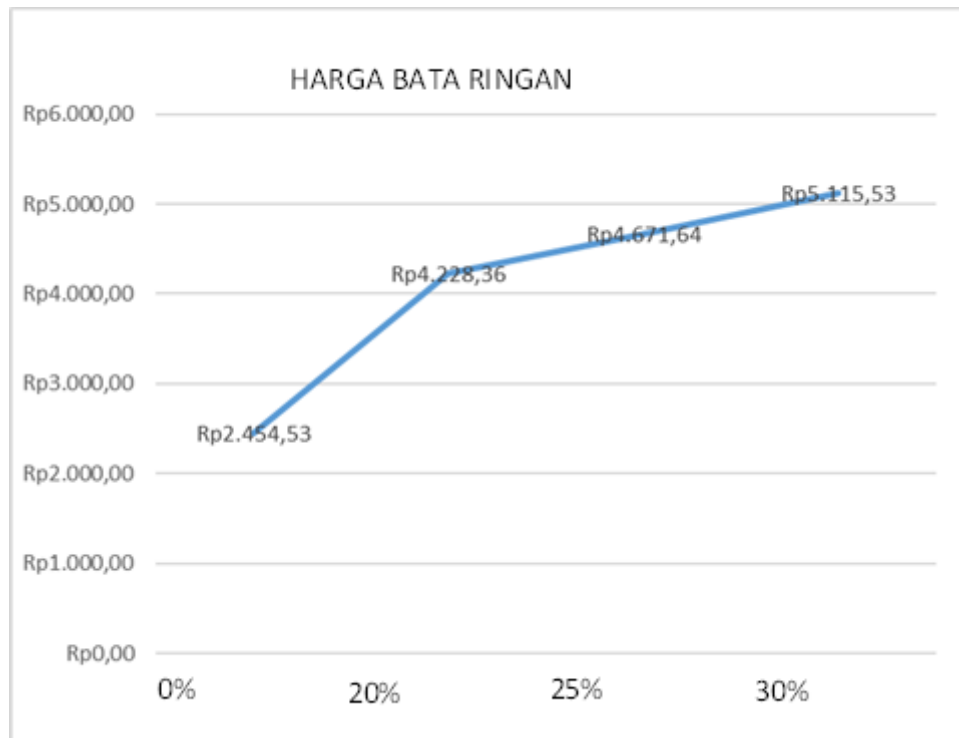
Variasi	Material	Jumlah Material (Kg)	Harga Satuan (Rp/Kg)	Harga Perbuah (Rp/Buah)	Harga Per 1 m³
0% HDP E	PCC	1,518	Rp1.500,00	Rp2.277,00	Rp675.000,00
	Pasir	1,518	Rp99,52	Rp151,07	Rp67.982,11
	Air	0,759	Rp1,00	Rp0,76	Rp225,00
	Foam Agent	0,0189	Rp1.360,00	Rp25,70	Rp7.650,00
	Harga			Rp2.454,53	Rp750.857,11
20% HDP E	PCC	1,518	Rp 1.500,00	Rp2.277,00	Rp675.000,00
	Pasir	1,215	Rp 99,52	Rp120,92	Rp 35.827,20
	Limbah Plastik	0,3037	Rp 5.940,00	Rp1.803,98	Rp 534.600,00
	Air	0,759	Rp 1,00	Rp0,76	Rp225,00
	Foam Agent	0,0189	Rp 1.360,00	Rp25,70	Rp7.650,00

Pengaruh Penggunaan Plastik HDPE Sebagai Material Substitusi Agregat Halus dalam
Pembuatan Bata Ringan CLC

Variasi	Material	Jumlah Material (Kg)	Harga Satuan (Rp/Kg)	Harga Perbuah (Rp/Buah)	Harga Per 1 m ³
25% HDP E		Harga		Rp4.228,36	Rp1.253.302,20
	PCC	1,518	Rp1.500,00	Rp2.277,00	Rp675.000,00
	Pasir	1,139	Rp99,52	Rp113,35	Rp33.588,00
	Limbah Plastik	0,3796	Rp5.940,00	Rp2.254,82	Rp668.250,00
	Air	0,759	Rp1,00	Rp0,76	Rp225,00
	Foam Agent	0,0189	Rp1.360,00	Rp25,70	Rp7.650,00
		Harga		Rp4.671,64	Rp1.384.713,00
30% HDP E	PCC	1,518	Rp1.500,00	Rp2.277,00	Rp675.000,00
	Pasir	1,0631	Rp99,52	Rp105,80	Rp31.348,80
	Limbah Plastik	0,4556	Rp5.940,00	Rp2.706,26	Rp801.900,00
	Air	0,759	Rp1,00	Rp0,76	Rp225,00
	Foam Agent	0,0189	Rp1.360,00	Rp25,70	Rp7.650,00
		Harga		Rp5.115,53	Rp1.516.123,80

Penambahan persentase HDPE dalam campuran material berdampak signifikan terhadap kenaikan biaya produksi. Dengan peningkatan kadar HDPE dari 0% hingga 30%, harga per buah dan harga per 1 m³ mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Untuk 0% HDPE (tanpa limbah plastik), total harga per buah adalah Rp 2.454,53 dengan harga per 1 m³ sebesar Rp750.857,11. Saat ditambahkan 20% HDPE, total harga per buah naik menjadi Rp4.228,36 dan harga per 1 m³ meningkat menjadi Rp1.253.302,20. Pada 25% HDPE, harga per buah bertambah lagi menjadi Rp4.671,64 dan harga per 1 m³ menjadi Rp1.384.713,00. Dengan penambahan 30% HDPE, harga per buah mencapai Rp5.115,53 dan harga per 1 m³ menjadi Rp1.516.123,80.

Kenaikan harga ini terutama disebabkan oleh peningkatan harga limbah plastik per satuan, yang meningkat seiring dengan bertambahnya persentase HDPE dalam campuran. Meskipun jumlah material lain seperti PCC, pasir, air, dan foam agent cenderung menurun atau tetap stabil, peningkatan harga limbah plastik memberikan kontribusi signifikan terhadap total biaya. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa penambahan HDPE meningkatkan biaya produksi secara bertahap, sehingga perlu dipertimbangkan antara keuntungan teknis dan dampak ekonomis dalam penggunaannya.



Gambar 4. Grafik Harga Bata Ringan

Grafik 4 harga bata ringan menunjukkan bahwa harga per buah meningkat seiring dengan bertambahnya persentase HDPE dalam campuran material. Pada 0% HDPE, harga bata ringan adalah Rp2.454,53 per buah, kemudian naik menjadi Rp4.228,36 pada 20% HDPE, Rp4.671,64 pada 25% HDPE, dan mencapai Rp5.115,53 pada 30% HDPE. Kenaikan harga ini bersifat hampir linier, mencerminkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE yang memiliki harga satuan tinggi secara konsisten meningkatkan biaya produksi. Dengan demikian, grafik ini menegaskan bahwa penggunaan HDPE dalam jumlah lebih besar akan berdampak signifikan pada kenaikan harga bata ringan, sehingga perlu dipertimbangkan secara matang agar keseimbangan antara keuntungan teknis dan biaya ekonomis dapat tercapai.

Data pada grafik 1 mencerminkan hubungan negatif antara jumlah limbah plastik yang ditambahkan dan kekuatan struktural bata ringan, di mana peningkatan kandungan limbah plastik berpotensi mengurangi kekuatan material. Hal ini penting untuk diperhatikan dalam aplikasi konstruksi yang memerlukan kekuatan struktural yang tinggi. Secara keseluruhan, meskipun penggunaan limbah plastik dalam konstruksi dapat memberikan solusi untuk mengurangi limbah dan meningkatkan sifat tertentu, penting untuk mempertimbangkan pengaruhnya terhadap kekuatan struktural agar dapat digunakan secara efektif dalam aplikasi yang memerlukan integritas material.

Tabel 2 hasil pengujian berat isi kering oven menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE dalam pembuatan bata ringan CLC berdampak pada penurunan bobot isi. Variasi 0% HDPE memiliki rata-rata bobot isi 830.83 kg/m³, sedangkan variasi 20% HDPE meningkat menjadi 793.00 kg/m³. Sedikit penurunan terlihat pada variasi

25% HDPE dengan rata-rata bobot 771.50 kg/m³, dan variasi 30% HDPE mencapai 756.83 kg/m³. Hasil berat isi kering oven bata ringan sudah memenuhi standar SNI 8640:2018 yang menetapkan berat isi di antara 700-800 Kg/m³ untuk aplikasi bata ringan nonstruktural.

Data Grafik 3 menunjukkan bahwa penambahan limbah HDPE (High- Density Polyethylene) mengurangi berat isi kering oven. Pada 0% HDPE, berat isi kering mencapai 830.83 kg/m³, tetapi menurun menjadi 793.00 kg/m³ pada 20% HDPE, 771.50 kg/m³ pada 25% HDPE, dan 756.83 kg/m³ pada 30% HDPE. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah HDPE berdampak negatif pada kepadatan material, di mana semakin tinggi proporsi HDPE, semakin rendah berat isi kering oven yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE sebesar 0%, 20%, 25%, dan 30% dalam pembuatan bata ringan CLC berpengaruh terhadap beberapa sifat material. Dari sisi mekanik, penambahan HDPE menurunkan kuat tekan bata ringan dari 2,035 MPa menjadi 1,267 MPa, yang berada di bawah standar minimum SNI 8640:2018 sebesar 1,8 MPa. Namun, berat isi bata ringan masih berada dalam rentang standar 700–800 kg/m³, yakni dari 830,83 kg/m³ menjadi 726,133 kg/m³, yang masih dapat direkomendasikan untuk aplikasi nonstruktural. Dalam hal durabilitas, penambahan HDPE menyebabkan peningkatan daya serap air dari 13,62% hingga 24,38%, meskipun semua nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas maksimal 25% sesuai SNI 8640:2018, sehingga masih dapat dipertimbangkan untuk aplikasi nonstruktural. Terakhir, penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik HDPE meningkatkan biaya produksi bata ringan, dengan harga per buah pada variasi 0% HDPE sebesar Rp2.454,53, yang meningkat menjadi Rp4.228,36 pada 20% HDPE, Rp4.671,64 pada 25% HDPE, dan Rp5.115,53 pada 30% HDPE.

REFERENSI

- Abdel Tawab, O. F., Amin, M. R., Ibrahim, M. M., Abdel Wahab, M., Abd El Rahman, E. N., Hassanien, R. H., Hatem, M. H., & Ghaly, A. E. (2020). Recycling waste plastic bags as a replacement for cement in production of building bricks and concrete blocks. *Journal of Waste Resources and Recycling*, 1(1), 1–13. <https://www.annexpublishers.com>
- Ahmad, H., Rostami-Tapeh-Esmaeil, E., & Rodrigue, D. (2024). The effect of chemical crosslinking on the properties of Rotomolded high density polyethylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(1). <https://doi.org/10.1002/app.54744>
- Aidi, U., Cahyo, W. N., & Immawan, T. (2022). Studi Tekno-Ekonomi Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Bata Konvensional. *Jurnal Optimalisasi*, 8(2). <https://doi.org/10.35308/jopt.v8i2.5652>
- Amjadi, M., & Fatemi, A. (2021). Creep behavior and modeling of high-density polyethylene (HDPE). *Polymer Testing*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.107031>

- Banerji, A. K., Topdar, P., & Datta, A. (2022). Effect of Axle Overloading on Pavement Structural Behaviour with Improved Clayey Subgrade Using PET Fibres. *Civil Engineering and Architecture*, 10(6). <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100614>
- Dinarjito, A. (2022). Struktur Pasar Industri Konstruksi Di Indonesia Tahun 2018-2021. *Jurnalku*, 2(3). <https://doi.org/10.54957/jurnalku.v2i3.279>
- Erlangga, Z., Rahmadi, F., & Lubis, D. A. (2023). Studi Nilai Massa Jenis Bahan Bakar Alternatif Minyak dari Proses Pirolisis Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2). <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i2.63528>
- Famdale, C. H., & Widyadana, I. G. A. (2023). Aplikasi Dan Tantangan Pengembangan Pada Industri Konstruksi Di Indonesia. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 10(2). <https://doi.org/10.9744/duts.10.2.156-173>
- Fernando, A. (2020). Plastic hand bag sebagai usaha pemanfaatan limbah plastik High-Density Polyethylene dan Low-Density Polyethylene. In *National Conference PKM Center Sebelas Maret University*.
- Hunggurami, E., Bunganaen, W., & Muskanan, R. Y. (2014). Studi Eksperimental Kuat Tekan Dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Dengan Tanah Putih Sebagai Agregat. *Jurnal Teknik Sipil*, III(2).
- Kroon, M., Hagman, A., Petersson, V., Andreasson, E., Almström, M., & Jutemar, E. P. (2024). Impact testing of high-density polyethylene structure. *International Journal of Impact Engineering*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2024.105033>
- Malyuta, D. A. I., Matteson, K. L., Ryan, C., Berry, M. P., & Bajwa, D. (2023). An investigation into the tensile properties of recycled high-density polyethylene (rHDPE) blended with talc filler. *Results in Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2023.100377>
- Oliveros-Gaviria, C., Cumbalaza, E., Mina-Hernandez, J. H., Valencia-Zapata, M. E., Suarez-Bonilla, J. N., & Martinez-Mera, N. (2024). Wood Plastic Composite Based on Recycled High-Density Polyethylene and Wood Waste (Sawdust). *Polymers*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/polym16223136>
- Pah, J. J. S., Ratrigis, C. I., & Sina, D. A. T. (2023). Tata Cara Rancangan Campur Untuk Membuat Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (Clc). *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1).
- Riyanto, A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2021). Analisis Sifat Fisik Daur Ulang Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 17(2). <https://doi.org/10.36499/jim.v17i2.5517>
- Roma Dearn, Reni Suryanita, & Ismediyanto. (2019). Analisis Sifat Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Menggunakan Program LUSAS V17. *Sainstek (e-Journal)*, 7(2). <https://doi.org/10.35583/js.v7i2.19>
- Saini, M., Aggarwal, P., Algburi, S., Asmari, A. F. Al, & Berwal, P. (2025). Volumetric and mechanical properties of bituminous concrete mixes with the addition of polyethylene terephthalate. *Case Studies in Construction Materials*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05013>
- Sri, & Purwonugroho, W. (2018). Pengolahan Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) dan Polypropylene (Pp) dengan metode Mix Plastic Coated Aggregate untuk meningkatkan kualitas aspal beton. *Skripsi*.

- Vamsi, S. A., Gopi, Y., Raheem, SK. A., Reddy, V. N., Kumar, Y. M., Rao, T. H., & Reddy, B. S. C. (2022). Behavior of Flexible Pavements by the Addition of Plastic Waste. *International Journal of Innovative Research in Engineering and Management*, 9(4). <https://doi.org/10.55524/ijirem.2022.9.4.23>
- Wimala, M., & Imanuela, K. (2022). Perkembangan Internet of Things di Industri Konstruksi. *Journal of Sustainable Construction*, 1(2). <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.5701>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).