

Pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) serta limbah tulang ayam di Kota Semarang sebagai substitusi parsial campuran pada bata hebel

Nurul Hadi Sofyan^{a*}, Nazhiifa Firdha Cahyaputri^a, Shifa Fauziyah^a, Hartono^a

^{a*,a} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:
sofyanawward@gmail.com

Article history:

Received : 6 June 2025
Revised : 24 September 2025
Accepted : 25 September 2025
Publish : 30 September 2025

Keywords:

Cellular lightweight concrete, chicken bone ash waste, compressive strength, HDPE plastic waste, sustainable material

ABSTRACT

Human activities that increase every year naturally generate a large amount of plastic waste, primarily consisting of HDPE (*High Density Polyethylene*) plastic waste. Additionally, chicken bone waste, which is rarely utilized and often left to accumulate, is also produced. Utilizing HDPE plastic waste and chicken bone waste as partial substitutes in the mixture for CLC bricks is one solution to reduce waste and greenhouse gas (CO₂) emissions during the cement production process. The aim of this research is to utilize and determine the optimal percentage variation of the mixture of ash from the combustion of chicken bone waste, which contains more than 50% CaO, as a partial cement substitute, and HDPE plastic waste, which is hard, solid, lightweight, and resistant to high temperatures, as a partial fine aggregate substitute in the production of CLC bricks that meet Indonesian National Standard (SNI) specifications, with a total of 15 samples. The method used in this research is an experimental method using cube test specimens measuring 15 x 15 x 15 cm with variations in the percentage of chicken bone ash waste (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%) and HDPE plastic waste (0%, 0.4%, 0.8%, 1%, 1.2%) from cement and fine aggregate, referring to SNI 8640-2018. The expected outcome of this research is CLC bricks with the specific gravity, absorption, and average compressive strength of class IB CLC bricks.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pada pembangunan konstruksi di Indonesia, dinding merupakan suatu hal penting dalam bangunan. Penggunaan material penyusun dinding juga menjadi salah satu pengaruh kekuatan dan efisiensi pekerjaan konstruksi. Seiring dengan berkembangnya dunia konstruksi di Indonesia, material penyusun dinding dalam dunia konstruksi juga mengalami perkembangan, salah satunya adalah maraknya penggunaan material bata hebel sebagai alternatif pengganti batu bata. Kegiatan manusia yang meningkat tiap tahun tentu menghasilkan limbah plastik dalam jumlah yang besar dengan rata-rata jenis limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*). Terdapat juga limbah dari tulang ayam yang jarang dimanfaatkan dan dibiarkan menumpuk. Pemanfaatan limbah plastik HDPE serta limbah tulang ayam sebagai substitusi parsial campuran bata hebel merupakan salah satu solusi dalam mengurangi limbah dan emisi gas rumah kaca (CO₂) saat proses produksi semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar % campuran optimum bata hebel inovasi dengan campuran limbah plastik HDPE yang bersifat keras, solid, ringan, dan tahan panas sebagai substitusi parsial agregat halus serta abu limbah tulang ayam yang mengandung Kalsium dan Silika sebagai substitusi parsial semen yang memiliki mutu yang sama atau bahkan lebih baik dari bata hebel biasanya yang diukur melalui uji berat jenis, kuat tekan, dan daya serap sesuai SNI 8640-2018. Disamping itu juga untuk mengetahui biaya produksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan bata hebel inovasi dan konvensional.

2. Data dan metode

2.1. Merancang *Mix Design*

Mix Design pada pembuatan bata ringan mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm. Benda uji memiliki 5 variasi komposisi yaitu substitusi parsial semen dengan variasi campuran abu tulang terhadap berat normal semen yang dibutuhkan. Kemudian substitusi parsial pasir dengan variasi campuran plastik HDPE. Adapun hasil *mix design* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design*

Bahan	Variasi (Abu Tulang Ayam ...% dari semen) : (Plastik HDPE..% dari pasir)					Satuan
	0%: 0% (1)	2,5%: 0,4% (2)	5%: 0,8% (3)	7,5%: 1% (4)	10%: 1,2% (5)	
Semen <i>Portland Type 1</i>	843,75	822,65625	801,5625	780,46875	759,375	gram
Air	337,5	337,5	337,5	337,5	337,5	ml
Pasir	4320	4302,72	4285,44	4276,8	4268,16	gram
Foaming Agent + air	1350	1350	1350	1350	1350	ml
Limbah Plastik HDPE	0	17,28	34,56	43,2	51,84	gram
Limbah Abu Tulang Ayam	0	21,0938	42,1875	63,2813	84,375	gram

2.2. Pengolahan Abu Tulang Ayam

Dilakukan pembersihan limbah tulang ayam dengan cara merebus limbah tulang ayam agar tulang terlepas dari sisa daging yang masih menempel pada tulang. Limbah tulang ayam yang telah bersih dari daging yang masih menempel dikeringkan dengan cara dijemur atau dengan oven kemudian disangrai. Sangrai tulang ayam hingga menjadi abu. Kemudian lakukan analisis butir dengan ketentuan lolos saringan nomor 200 dengan ukuran 0,075 mm.

2.3. Pengolahan Limbah Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Dilakukan pemilahan limbah plastik HDPE yang masih layak digunakan. Kemudian proses pencacahan plastik HDPE. Pencacahan plastik dilakukan hingga sesuai syarat yaitu lolos saringan nomor 4 dengan ukuran 4,75 mm.

2.4. Pembuatan Benda Uji

Adapun pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan penyusun bata ringan.
- 2) Menimbang seluruh bahan sesuai dengan *job mix* yang telah dirancang.
- 3) Melakukan pencampuran material dan masukkan *foaming agent* yang telah diaktifkan.
- 4) Menyiapkan moulding cetakan kubus 15x15x15 cm.
- 5) Pencetakan bata ringan sembari diketok dengan palu bagian luar cetakan untuk pencegahan rongga udara dalam cetakan.
- 6) Buka cetakan setelah berumur 24 jam.

2.5. Massa Jenis (*Densitas*) dan Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 7 hari. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penyerapan yang terjadi pada bata ringan konvensional dan bata ringan inovasi. Uji penyerapan ini menggunakan wadah yang diberi air setinggi 50 cm dengan benda uji diletakkan di dalamnya selama 24 jam. Setelah itu ditimbang dan kemudian benda uji dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Timbang benda uji setelah keluar dari oven dan hitung daya serap dan massa jenisnya. Lakukan perhitungan perbandingan beban sebelum dengan sesudah penyerapan.

2.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur bata ringan mencapai 14 hari. Pengujian ini mencari hasil terbaik dari beberapa sampel benda uji yang diberi tekanan pada titik tengah benda uji, benda uji diberi tekanan hingga patah atau terdapat retakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh penggunaan abu tulang ayam dan plastik HDPE sebagai substitusi semen dan agregat halus dalam pembuatan bata ringan memiliki keunggulan dalam menghasilkan kualitas nilai massa jenis, daya serap air, dan kuat tekan yang lebih tinggi.

3.1. Pengujian Berat Jenis (Densitas)

Pengujian massa jenis menggunakan 3 sampel setiap variasi bata ringan dengan bahan substitusi abu tulang ayam dan plastik HDPE dengan persentase berbeda pada setiap variasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui massa jenis bata hebel pada penelitian ini. Berikut hasil perhitungan berat jenis rata-rata bata ringan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Berat Jenis Rata-Rata Bata Ringan

Tipe Variasi	Berat Jenis Rata-Rata (kg/m ³)	Standar SNI 8640-2018 (kg/m ³)	Keterangan
1	1344,691	1200 - 1400	Memenuhi
Tipe Variasi	Berat Jenis Rata-Rata (kg/m ³)	Standar SNI 8640-2018 (kg/m ³)	Keterangan
2	1322,963	1200 - 1400	Memenuhi
3	1322,667	1200 - 1400	Memenuhi
4	1318,123	1200 - 1400	Memenuhi
5	1316,049	1200 - 1400	Memenuhi

Hasil pengujian densitas (berat jenis) ditunjukkan pada gambar 1. Diketahui bahwa hasil pengujian mengalami penurunan densitas seiring dengan penambahan campuran abu tulang ayam dan plastik HDPE. Densitas paling tinggi ditunjukkan pada variasi 1 atau bata ringan normal tanpa substitusi abu tulang ayam dan plastik HDPE yaitu sebesar 1344.691 kg/m³. Kemudian mengalami penurunan hingga nilai densitas bata paling rendah terjadi pada variasi 5 (10% : 1.2%) yaitu sebesar 1316.05 kg/m³. Diketahui juga berat jenis seluruh variasi bata ringan penelitian ini telah memenuhi standar SNI 8640-2018 dan dapat diklasifikasikan termasuk dalam kategori berat 1300 kg/m³ atau bata ringan dengan kepadatan tinggi.

3.2. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air bata ringan dilakukan pada umur 7 hari. Dengan jumlah sampel uji 3 buah sampel. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penyerapan yang terjadi pada bata ringan konvensional dengan bata ringan inovasi. Berikut hasil uji penyerapan air benda uji bata ringan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data rata-rata berat bata ringan

Tipe Variasi	Berat nominal (kg)	Berat setelah direndam (kg)	Berat oven kering (kg)
1	5,734	6,097	4,538
2	5,567	5,094	4,465
3	5,247	5,345	4,464
4	5,162	5,457	4,448
5	5,384	5,457	4,441

Berdasarkan hasil uji penyerapan pada Tabel 2, didapatkan hasil penyerapan air terkecil pada variasi 2 (2.5% : 0.4%) sebesar 14,110%, sedangkan penyerapan air terbesar pada variasi 5 (10% : 1,2%) sebesar 22,880%. Dalam uji penyerapan air bata ringan, hasil uji terbaik adalah benda uji dengan persentase penyerapan paling rendah (variasi 2). Sehingga benda uji variasi 2 memiliki daya serap terbaik. Nilai rata-rata daya serap pada seluruh variasi masih sesuai SNI 8640-2018 yaitu <25%.

3.3. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur bata ringan mencapai 14 hari. Menggunakan sampel uji 3 buah sampel yang telah diuji densitas dan massa jenisnya terlebih dahulu. Hasil pengujian ini didapatkan dengan menghitung beban maksimal (P) dibagi dengan luas penampang (A). Berikut hasil uji kuat tekan benda uji bata ringan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data rata-rata berat bata ringan

Tipe Variasi	Beban tekan (N)	Luas (mm ²)	Kuat tekan (MPa) 14 hari	Kuat tekan (MPa) 28 hari
1	73667	22500	3,27	3,72
2	82000	22500	3,64	4,14
3	88000	22500	3,91	4,44
4	62333	22500	3,01	3,42
5	38667	22500	1,72	1,95

Hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan dapat ditunjukkan pada grafik 3. Diketahui bahwa nilai kuat tekan bata ringan hari ke 14 tertinggi pada variasi 2 yaitu sebesar 3.91 MPa dan pada hari ke 28 sebesar 4.44 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan bata ringan hari ke 14 terendah pada variasi 5 yaitu sebesar 1.72 MPa dan pada hari ke 28 sebesar 1.95 MPa. Diketahui bahwa kuat tekan bata ringan variasi 2 (2.5% : 0.4%) meningkat dibandingkan dengan bata ringan variasi 1 atau konvensional. Namun, semakin banyak kandungan abu tulang ayam dan plastik HDPE dalam bata ringan maka akan semakin menurun pula kuat tekannya dan akan terus menerus menurun. Diketahui variasi bata ringan 1, 2, 3, dan 4 memiliki nilai kuat tekan rata-rata pada hari 28 yang masih dalam standar bata ringan struktural kelas IB pada SNI 8640-2018 dengan nilai kuat tekan rata-rata minimal sebesar 4 MPa. Namun, pada variasi 5 (10% : 1.2%) nilai kuat tekan rata-rata pada hari 28 menurun hingga 1.95 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata ini tidak sesuai dengan standar nilai kuat tekan rata-rata bata ringan kelas IB, maupun kelas lainnya atau dapat diartikan tidak sesuai SNI 8640-2018.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan abu tulang ayam dan plastik HDPE dalam bata ringan dapat meningkatkan nilai kuat tekan rata-ratanya daripada bata ringan normal. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan Ca dan Si dalam abu tulang ayam dapat menggantikan kandungan Ca dan Si dalam semen. Abu tulang ayam juga memiliki daya ikat yang hampir sama dengan semen, walaupun tidak sekuat semen. Kandungan plastik HDPE dalam bata ringan juga meningkatkan daya kuat tekan pada bata ringan. Hal ini dikarenakan plastik HDPE bersifat keras. Namun, apabila kandungan plastik HDPE dalam bata ringan terlalu banyak, maka akan menurunkan kuat tekannya dikarenakan plastik HDPE tidak memiliki daya ikat yang baik, walaupun abu tulang ayam memiliki daya ikat yang relatif tinggi. Sehingga dalam penelitian ini, dapat diketahui bahwa penambahan abu tulang ayam dan plastik HDPE ke dalam campuran bata ringan dapat meningkatkan kuat tekan dengan persentase tertentu.

3.4. Analisis mutu dan biaya pembuatan bata ringan

Mutu dari suatu bahan bangunan sangat diperlukan guna menunjang kualitas dari bahan tersebut. Sama halnya dengan mutu dari bata ringan yang sesuai SNI 8640-2018. Analisis mutu pada bata ringan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Harga Produksi

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
1	1968,75	972,00	5,4	0	0	3214,29	6160,44
2	1919,53	968,11	5,4	0	907,2	3214,29	7014,53

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
4	1821,09	962,28	5,4	0	2268	3214,29	8271,06
5	1771,88	960,34	5,4	0	2721,6	3214,29	8673,5

Hasil yang didapatkan dalam analisis perhitungan biaya pada penelitian bata ringan menggunakan abu tulang ayam dan plastik HDPE didapatkan harga produksi sejumlah: Variasi 1/bata ringan konvensional sebesar Rp 6.160,44, Variasi 2 sebesar Rp 7.014,53, Variasi 3 sebesar Rp 7.868,62, Variasi 4 sebesar Rp 8.271,06, dan Variasi 5 sebesar Rp 8.673,5. Dapat diketahui bahwa harga produksi yang dikeluarkan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan plastik HDPE yang digunakan bukan berasal dari limbah tetapi menggunakan biji plastik HDPE dari *e-commerce* dan kendala mesin pencacah limbah plastik HDPE belum tersedia di kota penelitian berlangsung.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang berjudul “Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Abu Tulang Ayam Sebagai Bahan Substitusi Dari Berat Semen” (Ulinuha, dkk. 2022), kandungan abu tulang ayam dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan beton sampai dengan persentase abu tulang ayam sebesar 5%. Pada penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis Thermosetting Terhadap Mutu Bata Ringan (Hebel)” (Supriyadi, dkk. 2020), penambahan plastik sebesar 1% pada bata ringan dapat meningkatkan kuat tekan bata ringan, tetapi >1% akan menurunkan kuat tekan bata ringan.

Dalam penelitian ini, dapat diketahui bahwa variasi optimum yaitu pada variasi 2 (2.5% : 0.4%). Kandungan abu tulang ayam sebesar 5% tidak menjadi variasi optimum pada penelitian ini seperti yang dikatakan pada penelitian sebelumnya. Namun, bata ringan dengan kandungan tulang ayam dengan persentase >5% hingga 7.5% masih termasuk ke dalam standar SNI 8640-2018 walaupun kualitas daya serap dan kuat tekannya semakin menurun. Begitupula dengan kandungan plastik HDPE dalam variasi 2 yaitu sebesar 0.4%. Kandungan plastik HDPE dengan persentase 1% dalam bata ringan tidak menjadi variasi optimum. Namun, kandungan plastik HDPE >0.4% hingga 1% masih termasuk dalam standar SNI 8640-2018 walaupun kualitas daya serap dan kuat tekannya menurun. Hal ini dikarenakan persentase abu tulang ayam dan plastik HDPE bila dicampurkan terlalu banyak maka akan menurunkan kualitas dari daya serap dan kuat tekan. Abu tulang ayam memiliki kandungan Ca dan Si dengan daya ikat yang besar namun tidak sebesar daya ikat semen (ulinuha,dkk, 2022). Abu tulang ayam juga merupakan zat organik. Sedangkan plastik HDPE merupakan zat anorganik dan memiliki sifat keras, kuat, dan ringan. Namun plastik HDPE memiliki daya ikat kecil dikarenakan plastik sulit homogen bila dicampur dengan bahan yang lain atau bahan organik (Aulia, 2021) yang membuat kedua bahan tadi tidak dapat homogen dan optimum pada persentase tertentu saja.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapatkan variasi optimum yaitu variasi 2 (2.5% : 0.4%) dengan massa jenis (densitas) rata-rata berat jenis lebih rendah yaitu sebesar 1322,963 kg/m³ daripada bata ringan konvensional variasi 1 atau variasi normal dengan nilai rata-rata berat jenis sebesar 1344.691 kg/m³. Nilai penyerapan air terjadi pada variasi 2 atau optimum yaitu dengan kandungan abu tulang ayam 2.5% dan plastik HDPE 0.4% sebesar 14,11% dan lebih rendah dari variasi normal yaitu sebesar 17,176%, nilai kuat tekan rata-rata variasi 2 hari 14 sebesar 3.91 MPa dimana nilai rata-rata kuat tekan bata ringan mengalami kenaikan dari variasi 1 atau normal sebesar 3.27 Mpa. Harga produksi yang dibutuhkan untuk membuat variasi optimum sebesar Rp 7014,53.00. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan limbah plastik HDPE dan melakukan pencacahan limbah plastik HDPE, sehingga dapat menekan biaya produksi. Disarankan menggunakan pasir berjenis silika agar memiliki massa jenis yang lebih ringan dari pasir biasa. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan variasi persentase abu tulang ayam dan plastik HDPE yang berbanding terbalik sehingga dapat diketahui secara spesifik kandungan mana yang sangat berpengaruh.

Ucapan terima kasih

Kami panjatkan puji syukur kepada Allah SWT karena atas kehendaknya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis. Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Referensi

- Almufid. (2018). INOVASI BETON MUTU TINGGI RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI PENUNJANG PEMBANGUNAN NASIONAL. *Jurnal Teknik : Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7, 36–41.
- Aulia, T. (2021). *PENGARUH PEMANFAATAN BIJI PLASTIK HDPE*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15-0302-2004 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Semen Portland Pozolan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8640:2018 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding*. www.bsn.go.id
- Budhiono, B. & R. C. (2006). *Perbandingan Analisis Biaya dan Waktu pada Pengerjaan Dinding Batu Bata Konvensional dan Hebel*.
- Ibtihal Ulinuha, ul, & Widodo, P. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN ABU TULANG AYAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI DARI BERAT SEMEN. In *Jurnal Ilmiah REAKTIP* (Vol. 2, Issue 2).
- ibthihal ulinuha, ul, & widodo, P. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN ABU TULANG AYAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI DARI BERAT SEMEN. In *Jurnal Ilmiah REAKTIP* (Vol. 2, Issue 2).
- Kusuma, G. A. (2019, May 14). *Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block)*. <https://Dspace.Uii.Ac.Id/>.
- Paramita, Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1, 23–26.
- Patanga, A., & Yuliarti, N. (2016). *Pembuatan, Aplikasi, dan Bisnis Pupuk Organik*.
- Rommel, E. (2015, April 22). *Making Lightweight Aggregate Concrete From Artificial Plastic*. *Jurnal Gamma*.
- Sultan, M. A., Tata, A., & Wanda, A. (2020). Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 95–102. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4552>
- Wardana, A. K., Kartini, W., & Astawa, M. D. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Pengganti Agregat Kasar Tertentu Pada Campuran Beton Ringan. *Kern Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7. <http://kern.upnjatim.ac.id>