

Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Pet dan Styrofoam Untuk Pembuatan Batafoam (Eco-Brick) Dengan Substitusi Serbuk Kapur Terhadap Reduksi Limbah Di Surakarta

Jonathan Anugrah Hendrata^{1*}, Dewi Handayani², Hendramawat Aski Safarizki³, Willy Anastasya Ilonka⁴

¹Sekolah Vokasi, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta, Indonesia 57125

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) - Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia, 57126

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia, 57521

⁴Program Magister Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta, Indonesia 57125

Received: 20/02/2025 Accepted: 09/03/2025

Abstrak

Dalam industri modern yang semakin sadar akan lingkungan, sektor konstruksi menghadapi tekanan untuk mengadopsi praktik yang lebih ramah lingkungan. Konsep ramah lingkungan mengacu pada penggunaan limbah sebagai material penyusun bahan konstruksi. Menurut Badan Pusat Statistik Surakarta, total sampah yang dihasilkan pada tahun 2023 sebesar 120.011,77 ton, 13% diantaranya terdiri dari sampah plastik atau sekitar 15.601,53 ton. Untuk itu diperlukan pengolahan limbah sebagai alternatif bahan konstruksi, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh pengurangan limbah plastik dalam pembuatan batako. Rencana penelitian ini melakukan eksperimen dengan memanfaatkan limbah plastik Polyethylene Terephthalat (PET) dan plastik polystyrene (styrofoam) sebagai substitusi agregat halus serta menambahkan serbuk batu kapur sebagai substitusi semen. Penelitian ini menggunakan inovasi material plastik PET 5%, serbuk kapur 9%, dan variasi styrofoam 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1%. Dari hasil pengujian didapat kuat tekan optimal sebesar 8,28 MPa atau 84,43 kg/cm² dengan komposisi inovasi material plastik PET 5%, styrofoam 0,5%, serta serbuk kapur 9%. Nilai daya serap yang optimal diperoleh sebesar 2,12% dengan komposisi inovasi material plastik PET 5%, styrofoam 0,25%, serta serbuk kapur 9%. Dari penelitian yang dilakukan, jumlah pengurangan limbah plastik PET dan styrofoam sebesar 23,235% atau sekitar 3.624,962 ton dari jumlah sampah plastik di Surakarta.

Kata kunci: Batako, limbah plastik Polyethylene Terephthalat, limbah styrofoam, serbuk kapur.

Abstrak

In an increasingly environmentally conscious modern industry, the construction sector is facing pressure to adopt greener practices. The concept of eco-friendliness refers to the use of waste as a constituent material for construction materials. According to the Surakarta Central Bureau of Statistics, the total waste generated in 2023 is 120,011.77 tonnes, 13% of which consists of plastic waste or around 15,601.53 tonnes. For this reason, waste processing is needed as an alternative construction material, so this research aims to get the effect of reducing plastic waste on brick making. This research plan conducts experiments by utilising Polyethylene Terephthalat (PET) plastic waste and polystyrene plastic (styrofoam) as a substitute for fine aggregate and adding limestone powder as a substitute for cement. This research used 5% PET plastic material innovation, 9% limestone powder, and 0%; 0.25%; 0.5%; 0.75%; and 1% styrofoam variation. From the test results, the optimal compressive strength was obtained at 8.28 MPa or 84.43 kg/cm² with the composition of 5% PET plastic material innovation, 0.5% styrofoam, and 9% limestone powder. The optimal absorption value was obtained at 2.12% with an innovative composition of 5% PET plastic, 0.25% Styrofoam, and 9% limestone powder. From the research conducted, the amount of PET and Styrofoam plastic waste reduction is 23.235% or about 3,624.962 tonnes from the amount of plastic waste in Surakarta.

* Corresponding author: jonathananugrah1712@student.uns.ac.id

Keywords: Concrete blocks, polyethylene terephthalate plastic waste, styrofoam waste, lime powder.

PENDAHULUAN

Di tengah era industri modern yang ditandai oleh perubahan iklim dan meningkatnya kesadaran lingkungan, industri konstruksi dihadapkan pada tuntutan untuk mengadopsi praktik yang lebih ramah lingkungan (Alim, 2024). Mengadopsi praktik ramah lingkungan dapat dilakukan dengan memilih bahan konstruksi yang dikategorikan sebagai *green material* (Mustafa, 2024). *Green material* memiliki sifat ramah lingkungan karena dalam pembuatannya menggunakan bahan daur ulang dan rendah emisi karbon selama siklus pemakaiannya (Mahendra dkk, 2024). Batako merupakan salah satu bahan material yang dapat dibuat dengan campuran bahan daur ulang (Ngii dkk, 2024). Pembuatan batako dengan bahan campuran bahan daur ulang merupakan kemajuan dalam mewujudkan konstruksi ramah lingkungan. Pemanfaatan kembali material bekas menawarkan berbagai keuntungan, termasuk pengurangan biaya secara signifikan serta peningkatan nilai dan kualitas produk akhir (Fadhilah dkk, 2024).

Saat ini, dengan meningkatnya permasalahan penumpukan sampah, penggunaan bahan daur ulang dalam pembuatan material konstruksi menjadi salah satu upaya efektif untuk mengurangi limbah dan mendukung pembangunan berkelanjutan (Wanti, 2025). Indonesia, sebagai negara dengan produksi limbah plastik terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok, terutama menghasilkan limbah plastik jenis *polyethylene* (Padang, 2024). *Polyethylene* merupakan polimer yang terdiri dari rantai panjang monomer etilena dan memiliki sifat termoplastis, elastis, tahan air, tidak berbau, sedikit buram hingga transparan, tahan terhadap benturan, serta mampu bertahan pada suhu hingga 135° Celsius (Christoper, 1981). Dari penelitian yang dilakukan oleh Kadirun dkk pada tahun 2021 tentang studi experimental pembuatan batako menggunakan botol plastik PET diperoleh bahwa dengan menggunakan persentase plastik PET 0% menghasilkan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 78,97 kg/cm²; hasil kuat tekan tersebut menurun pada variasi PET 10% pada umur 28 hari sebesar 49,34 kg/cm² atau menurun sebesar 40% dari batako konvensional.

Selain PET terdapat limbah plastik yang membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai, yaitu *styrofoam*, tergolong dalam jenis plastik *polistirena* (PS) (Dinanti dkk, 2024). *Styrofoam* merupakan bahan yang sangat sulit terurai secara alami, di mana proses dekomposisinya di dalam tanah dapat memakan waktu mulai dari 500 tahun hingga mencapai 1 juta tahun. (Widayoko & Yuliani, 2024). *Styrofoam* tergolong dalam penyumbang sampah terbanyak nomor 5 di dunia dari beragam jenis sampah (Daud dkk, 2024). Di 18 kota di Indonesia, produksi sampah *Styrofoam* diperkirakan mencapai 270.000 hingga 590.000 ton, jumlah yang melebihi jenis limbah lainnya (Daud dkk, 2024). *Styrofoam* biasanya digunakan sebagai pembungkus makanan atau minuman karena awet, mudah didapat, murah, dan lebih praktis untuk sekali pemakaian (Indraswati, 2017). Hal tersebut yang mempengaruhi jumlah peningkatan produksi *styrofoam* setiap tahunnya, yaitu tingginya jumlah produksi yang berbanding lurus dengan permintaan pasar. *Styrofoam* membahayakan bagi makhluk hidup maupun lingkungan karena pada penggunaannya menghasilkan senyawa Cloro Fluoro Carbon (CFC) yang dapat memberikan dampak efek rumah kaca (Della dkk, 2023). Upaya pemanfaatan *styrofoam* biasanya digunakan sebagai lem lateks, bingkai foto, vas bunga, dan lain lain. Namun pada pemanfaatan tersebut tidak membutuhkan jumlah *styrofoam* yang masif, sehingga permasalahan limbah *styrofoam* masih belum mampu diatasi secara maksimal.

Batu kapur adalah salah satu bahan alam yang melimpah dan telah lama digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, terutama dalam pembuatan semen (Hamdi dkk, 2022). Batu kapur memiliki komposisi kimia yang kaya akan Kalsium Karbonat (CaCO₃), yang memberikan sifat-sifat fisik dan kimia yang bermanfaat bagi material konstruksi (Megawati dkk, 2019). Di lain sisi, meskipun memiliki banyak manfaat, batu kapur juga dapat menimbulkan beberapa bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika tidak ditangani dengan benar.

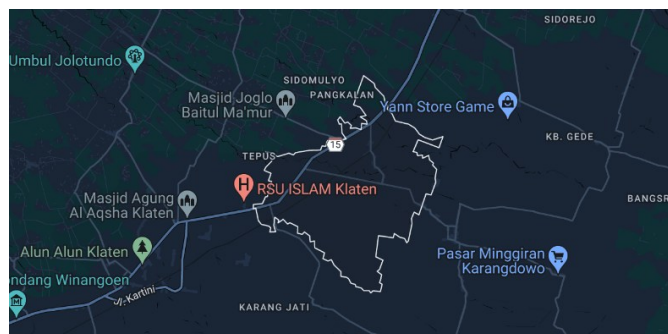
Pemanfaatan bahan konstruksi ramah lingkungan menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang timbul akibat akumulasi sampah. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam

industri konstruksi untuk mengatasi permasalahan tersebut secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat tekan serta daya serap air pada batako yang dibuat dengan campuran plastik PET, styrofoam, dan batu kapur. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi potensi penggunaan bahan-bahan tersebut sebagai inovasi dalam mengurangi jumlah sampah dan mendukung pembangunan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Batako sebagai salah satu bahan bangunan telah menjadi fokus penelitian yang signifikan dalam bidang rekayasa material. Terdapat dua jenis batako: batako pejal dengan penampang pejal lebih dari 75% luas penampang bata dan batako berongga yang memiliki luas lubang lebih dari 25% luas penampang bata. Dalam penelitian ini menggunakan benda uji batako pejal yang memiliki dimensi 30 cm x 10 cm x 15 cm. Batako dalam penelitian ini dibuat dengan komposisi pasir : semen : air = 75% : 20% : 5%, dengan variasi substitusi material kapur sebesar 9% dari berat semen, 5% plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) dari berat pasir, dan penggunaan *styrofoam* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari total berat pasir. Proses penelitian dimulai dari Februari 2024 untuk perencanaan campuran mix design dan penyusunan kajian pustaka. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji yang dimulai pada bulan April 2024. Pembuatan benda uji dilakukan di tempat produksi batako Pak Trimo, Sukoharjo.

Benda uji dibuat sebanyak 6 buah, di mana 3 buah dilakukan pengujian daya serap, dan 3 buah lainnya untuk pengujian kuat tekan. Direncanakan, pengujian daya serap dan kuat tekan batako dilakukan pada umur perawatan 28 hari. Pengujian material dan pengujian benda uji dilaksanakan di Laboratorium Bahan Program Studi Teknik Sipil, Gedung 5 Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Peta lokasi pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi pembuatan benda uji

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan eksperimen berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan proses eksperimen, komposisi material, dan penulisan. Eksperimen dilakukan terhadap 6 benda uji tiap variasi dan ditarik kesimpulan dari data yang diperoleh.

Data yang dipakai menggunakan data primer yang diolah berdasarkan penelitian sebelumnya. Komposisi material juga tidak terlepas dari aturan berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding. Berikut merupakan rencana persentase desain yang akan digunakan pada tiap variasi batako yaitu:

Tabel 1. Komposisi Campuran Batako

No.	Komposisi
1	S 91% + KP 9% + PS 90% + PET 5%
2	S 91% + KP 9% + PS 94,75% + PET 5% + ST 0,25%
3	S 91% + KP 9% + PS 94,5% + PET 5% + ST 0,5%

No.	Komposisi
4	S 91% + KP 9% + PS 94,25% + PET 5% + ST 0,75%
5	S 91% + KP 9% + PS 94% + PET 5% + ST 1%

Keterangan :

S : Semen
 PS : Pasir
 KP : Kapur
 PET : Plastik PET
 ST : *Styrofoam*

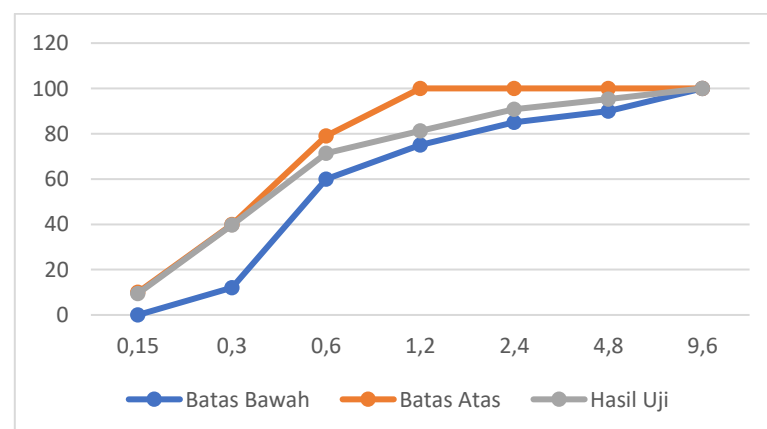
Setelah dilakukan pembuatan batako, perawatan benda uji dilakukan selama 28 hari setelah pembuatan. Perawatan dilakukan untuk menjaga kelembaban benda uji dengan cara melakukan penyiraman benda uji menggunakan air selama 2 hari sekali. Perawatan ini juga mengoptimalkan benda uji agar tidak terjadi retak maupun keropos.

Selama masa perawatan, benda uji harus ditempatkan di atas permukaan yang datar dan stabil untuk menghindari deformasi. Benda uji tidak boleh digeser atau dipindahkan secara kasar karena dapat merusak integritas strukturalnya. Setelah masa curing selesai, benda uji siap untuk diuji sesuai dengan prosedur yang ditentukan, seperti uji kuat tekan. Proses perawatan yang tepat ini sangat penting untuk mendapatkan hasil uji yang akurat dan representatif dari kualitas batako yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Gradasi Pasir

Pengujian gradasi pasir adalah proses krusial yang bertujuan menentukan distribusi ukuran butiran pasir dalam sebuah sampel. Proses ini memastikan bahwa pasir yang digunakan dalam pembuatan batako memiliki komposisi butiran yang sesuai dengan standar yang berlaku, seperti yang tercantum dalam SK SNI M-08-989-F Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum. Gradasi pasir yang baik memastikan pengisian ruang kosong secara efisien, sehingga meningkatkan kekuatan dan stabilitas batako. Pengujian dilakukan dengan menggunakan serangkaian ayakan dengan ukuran lubang yang berbeda, di mana pasir disaring melalui ayakan-ayakan tersebut.

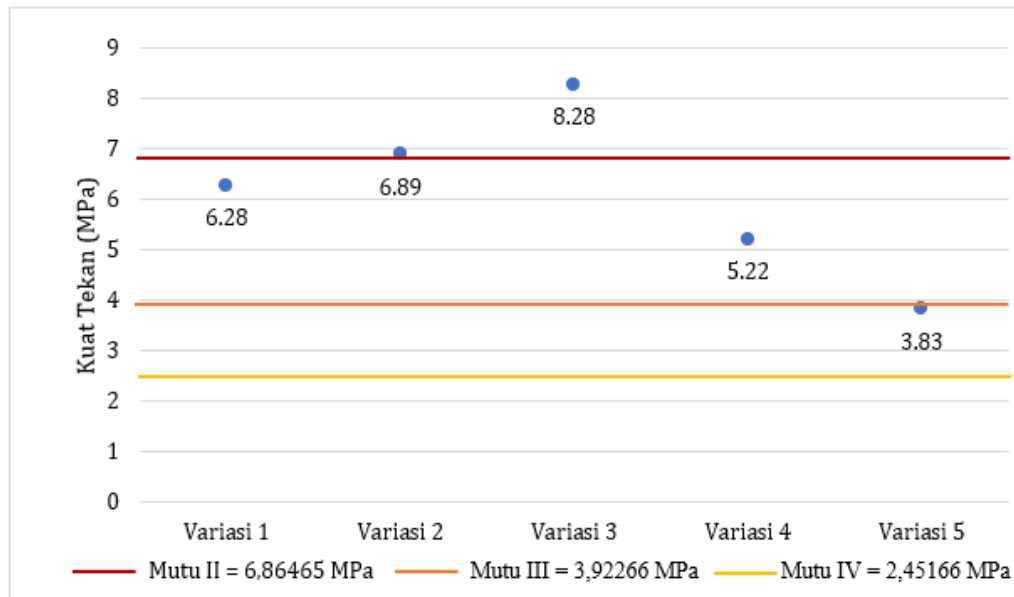


Gambar 2. Grafik Gradasi Pasir

Dilihat grafik tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa pasir yang digunakan tergolong dalam Zona III dengan kondisi pasir yang agak halus berdasarkan SNI 03-2834-2002. Kondisi pasir tersebut masih aman untuk digunakan sebagai material penyusun batako.

Pengujian Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan ketika berumur 28 hari dengan jumlah benda uji pada setiap variasi berjumlah 6 buah. Pengujian kuat tekan batako dilakukan di Laboratorium Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.



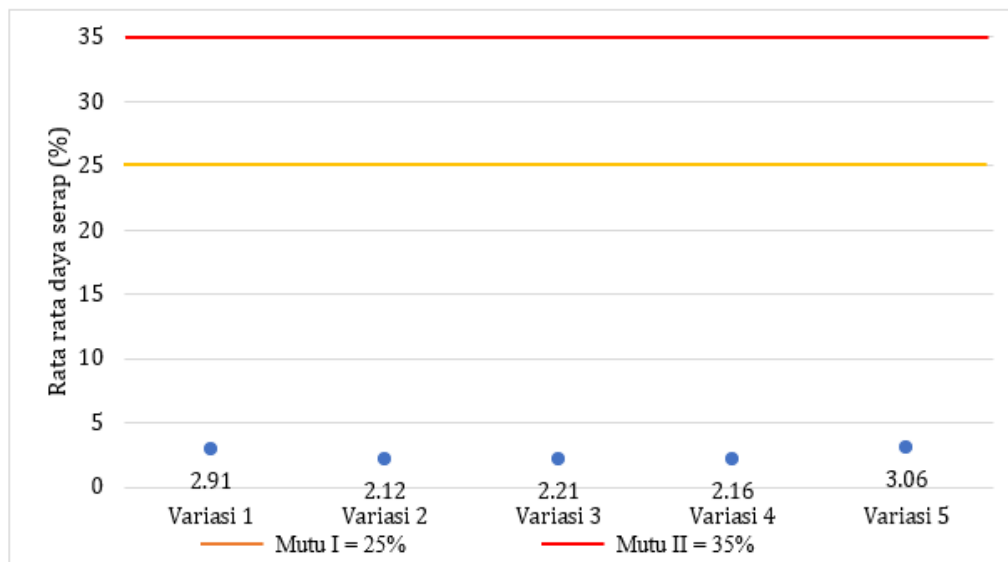
Gambar 3. Grafik Nilai Kuat Tekan Rata-rata Batako

Dari data di atas, hasil rata-rata kuat tekan yang didapat pada semua variasi memiliki kecenderungan naik turun. Kuat tekan yang didapatkan sangat bervariasi, mulai 3,83 MPa sampai dengan 8,28 MPa. Nilai tersebut dapat dikatakan baik dan memenuhi kriteria batako mutu IV sampai mutu II. Berdasarkan SNI-03-0349-1989 tentang mutu bata beton pejal, dapat diketahui bahwa pada variasi 2 dan 3 memiliki kuat tekan yang tergolong dalam kategori batako mutu II dengan kategori kuat tekan antara 6,86465 MPa sampai 9,8 MPa yang dapat digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat menengah, dinding eksterior, dan pagar. Di lain sisi, pada variasi 1 dan 4 tergolong dalam batako mutu III dengan kategori kuat tekan antara 3,92 MPa sampai 6,86 MPa yang dapat digunakan pada bangunan bertingkat rendah, dinding rumah tinggal, dan dinding yang tidak menanggung beban berat. Sedangkan pada variasi 5 tergolong dalam batako mutu IV dengan kategori kuat tekan antara 2,45166 MPa hingga 3,92266 MPa dapat diaplikasikan pada konstruksi non struktural, dinding partisi interior, dan dinding taman. Hasil nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi 3 dengan nilai kuat tekan 8,28 MPa pada campuran plastik PET 5%, serbuk kapur 9%, dan *styrofoam* 0,5%.

Penelitian tersebut terdapat anomali pada kuat tekan variasi 1 sampai 3 yang terus meningkat serta pada variasi 4 dan 5 yang semakin menurun. Kejanggalan atau anomali dalam penelitian ini terjadi kemungkinan karena material yang digunakan kurang optimal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi Pertiwi, Eka Susanti, dan Juliana Guterres (2022) bahwa apabila semakin banyak campuran *styrofoam* sebagai inovasi material maka akan menurunkan mutu batako tersebut dan selaras dengan hasil yang diperoleh yaitu kadar campuran optimal *styrofoam* pada pembuatan batako sebesar 0,5% dari pasir, serta sesuai dengan penelitian yang dilakukan Kadirun dkk (2021) yang menyatakan bahwa penambahan limbah plastik PET dapat mengurangi nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh batako.

Pengujian Daya Serap Air Batako

Pengujian kemampuan daya serap batako dilakukan dengan merendamnya dalam air selama 24 jam. Setelah itu, batako dikeringkan menggunakan metode alternatif yaitu dijemur di bawah sinar matahari selama 48 jam.



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-Rata Daya Serap Air Batako

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh hasil daya serap air yang naik turun pada setiap variasinya, mulai dari 3,06% hingga 2,12%. Nilai tersebut baik dan tergolong dalam semua kriteria mutu batako berdasarkan nilai daya serapnya menurut SNI-03-0349-1989 tentang mutu bata beton pejal. Pada hasil tersebut terdapat kecenderungan peningkatan nilai daya serap sebanding dengan penambahan persentase *styrofoam* yang digunakan. Pada pengujian tersebut diperoleh nilai optimal untuk daya serap air pada variasi 2 dengan nilai daya serap 2,12% dengan campuran material inovasi plastik PET 5%, serbuk kapur 9%, dan *styrofoam* 0,25%. Ditinjau dari hasil kuat tekan, nilai daya serap tersebut tergolong dalam mutu II yang dapat digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat menengah, dinding eksterior, dan pagar.

Di lain sisi, terdapat anomali pada hasil pengujian daya serap variasi 2 yang terlihat memiliki daya serap terendah dibanding variasi 1, 3, 4, dan 5. Kejanggalaan atau anomali dalam penelitian tersebut terjadi kemungkinan karena material yang digunakan kurang optimal dan proses pengeringan benda uji dijemur dibawah sinar matahari, sehingga pengeringan kurang merata. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Dewi Pertiwi, Eka Susanti, dan Juliana Guteres (2022) bahwa apabila semakin banyak campuran *styrofoam* sebagai inovasi material maka akan meningkatkan nilai daya serap karena *styrofoam* memberikan lubang atau celah pada batako sehingga meningkatkan daya serap air.

Pengaruh Penggunaan Limbah

Penelitian ini membahas pemanfaatan limbah plastik PET dan *styrofoam* sebagai pengganti material pasir serta serbuk kapur sebagai substitusi semen, yang bertujuan untuk mengurangi limbah dan polusi di lingkungan. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Surakarta, total sampah yang dihasilkan di kota tersebut pada tahun 2023 mencapai 120.011,77 ton, dengan 13% di antaranya merupakan limbah plastik, sekitar 15.601,53 ton. Dari jumlah tersebut, limbah plastik PET mencakup 23%, sedangkan limbah *styrofoam* (*polystyrene*) menyumbang 6% dari total limbah plastik (Mutia, 2024). Meskipun upaya pengurangan limbah plastik telah dilakukan secara masif, seperti pemanfaatannya dalam Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), akumulasi limbah plastik tetap menjadi permasalahan yang berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan (Andi dkk, 2021).

Dalam penelitian batako dengan inovasi material plastik PET, serbuk kapur, dan *styrofoam*, diperoleh hasil optimal dalam pemanfaatan limbah plastik PET sebesar 5% atau sekitar 338 gram, serta *styrofoam* (*polystyrene*) sebesar 0,5% atau sekitar 33,8 gram dari total berat pasir yang dibutuhkan untuk satu batako. Batako dengan mutu II dapat digunakan sebagai material konstruksi pada perumahan dua lantai tipe 60, termasuk untuk bangunan bertingkat menengah, dinding eksterior, dan pagar. Rincian kebutuhan

batako inovatif dengan mutu II untuk satu unit perumahan dua lantai tipe 60 dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

Jumlah batako per m²

$$\begin{aligned}
 &= (100 \text{ cm} : (\text{Panjang batako} + \text{aci})) \times ((100 \text{ cm} : (\text{tinggi batako} + \text{aci})) \\
 &= (100 : (30+2)) \times (100 : (15+2)) \\
 &= 3,125 \times 5,88 \\
 &= 18,38 \text{ (dibulatkan menjadi 19 buah)}
 \end{aligned}$$

Rincian penggunaan batako dalam 1 unit perumahan 2 lantai tipe 60 sebagai berikut.

1. Dinding eksterior bangunan 2 lantai

a. Luasan dinding

- Panjang satu dinding : 10 meter
- Tinggi dinding : 3 meter
- Luas satu dinding panjang : $10 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$
- Jumlah dinding panjang : 2
- Total luas dinding panjang : $2 \times 30 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$
- Lebar satu dinding : 6 meter
- Tinggi dinding : 3 meter
- Luas satu dinding lebar : $6 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$
- Jumlah dinding lebar : 2
- Total luas dinding lebar : $2 \times 18 \text{ m}^2 = 36 \text{ m}^2$
- Total luas dinding satu lantai : $60 \text{ m}^2 + 36 \text{ m}^2 = 96 \text{ m}^2$
- Total luas dinding 2 lantai: $2 \times 96 \text{ m}^2 = 192 \text{ m}^2$

b. Pintu dan jendela

Jumlah pintu dimisalkan ada dua dengan luas 2m x 1m dan jumlah jendela dimisalkan ada empat dengan luas 1m x 1m per lantai, maka.

- Luas pintu : $2 \times 2 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$
- Luas jendela : $4 \times 1 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$
- Total luas yang dikurangi per lantai : $4 \text{ m}^2 + 4 \text{ m}^2 = 8 \text{ m}^2$
- Total luas dikurangi untuk 2 lantai : $8 \text{ m}^2 \times 2 = 16 \text{ m}^2$

c. Luas dinding bersih

$$\begin{aligned}
 &= \text{Luasan dinding} - \text{luas pintu dan jendela} \\
 &= 192 \text{ m}^2 - 16 \text{ m}^2 = 176 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

d. Kebutuhan jumlah batako

$$\begin{aligned}
 &= \text{Luas dinding bersih} \times \text{isi batako per m}^2 \\
 &= 176 \times 19 \\
 &= 3344 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

2. Pagar rumah

- Panjang = 14 meter
- Lebar = 8 meter
- Tinggi = 2 meter
- Akses jalan = 3,8 meter
- Luas pagar

$$= (\text{panjang} \times 2 + \text{lebar} \times 2 - \text{akses jalan}) \times \text{tinggi}$$

$$= (14 \times 2 + 8 \times 2 - 3,8) \times 2$$

$$= 80,4 \text{ m}^2$$
- Kebutuhan jumlah batako

$$= \text{Luas pagar} \times \text{isi batako per m}^2$$

$$= 80,4 \times 19$$

$$= 1527,6 \text{ buah (dibulatkan menjadi 1528 buah)}$$

3. Kebutuhan total batako pada 1 unit perumahan

- = Dinding eksterior + pagar rumah
- = 3344 + 1528
- = 4872 buah

Berdasarkan perhitungan di atas, satu unit rumah dua lantai tipe 60 memerlukan sebanyak 4.872 buah batako. Pada tahun 2024, kebutuhan perumahan dua lantai tipe 60 diperkirakan mencapai 2.000 unit, seiring dengan peningkatan jumlah penduduk yang menetap di Surakarta. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Surakarta, jumlah penduduk kota ini terus meningkat setiap tahun, dari 522.364 jiwa pada tahun 2020 menjadi 587.646 jiwa pada tahun 2024.

Dengan pertumbuhan populasi tersebut, pembangunan perumahan baru menjadi kebutuhan mendesak. Namun, proses ini harus mempertimbangkan penggunaan metode konstruksi dan material yang ramah lingkungan. Selain memenuhi kebutuhan material konstruksi, pemanfaatan limbah plastik PET, styrofoam, dan serbuk kapur dalam produksi batako dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan di Surakarta. Berdasarkan data yang diperoleh, penggunaan material ini berpotensi mengurangi limbah plastik PET hingga 91,84% dan limbah styrofoam hingga 35,2% setiap tahunnya.

Persentase pengurangan limbah per tahun:

- a. Pengurangan limbah plastik

$$= \frac{\text{kebutuhan limbah plastik}}{\text{total limbah plastik}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.624,962 \text{ ton}}{15.601,53 \text{ ton}} \times 100\%$$

$$= 23,235\%$$
- b. Pengurangan limbah plastik PET

$$= \frac{\text{kebutuhan limbah plastik PET}}{\text{total limbah plastik PET}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.295,420 \text{ ton}}{3.588,3519 \text{ ton}} \times 100\%$$

$$= 91,84\%$$
- c. Pengurangan limbah *styrofoam*

$$= \frac{\text{kebutuhan limbah styrofoam}}{\text{total limbah styrofoam}} \times 100\%$$

$$= \frac{329,542 \text{ ton}}{936,0918 \text{ ton}} \times 100\%$$

$$= 35,2\%$$

Berdasarkan perhitungan persentase pengurangan limbah plastik di Surakarta, pemanfaatan batako inovatif yang mengandung plastik PET dan *styrofoam* dapat berkontribusi dalam mengurangi limbah plastik berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan hingga 23,235% dari total limbah plastik di Surakarta setiap tahunnya. Secara lebih rinci, penggunaan plastik PET mampu menekan limbah hingga 91,84%, sedangkan pemanfaatan *styrofoam* mengurangi limbah sebesar 35,2%. Oleh karena itu, penggunaan limbah plastik PET dan *styrofoam* sebagai substitusi pasir dalam pembuatan batako inovatif menjadi salah satu solusi efektif untuk mengatasi pencemaran akibat penumpukan limbah, sekaligus mendukung pembangunan infrastruktur hijau dan berkelanjutan melalui konsep *Eco-brick*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah disampaikan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata nilai kuat tekan batako tertinggi diperoleh pada variasi 3, yaitu dengan campuran 5% plastik PET, 9% serbuk kapur, dan 0,5% styrofoam, mencapai 8,28 MPa. Batako ini masuk dalam kategori mutu II, yang sesuai untuk digunakan sebagai material konstruksi bangunan bertingkat menengah, dinding eksterior, dan pagar berdasarkan SNI 03-0349-1989.
2. Rata-rata daya serap air terendah atau paling optimal terdapat pada variasi 2 dengan campuran 5% plastik PET, 9% serbuk kapur, dan 0,25% styrofoam, yaitu sebesar 2,12%. Berdasarkan hasil kuat tekan, batako ini juga tergolong dalam kategori mutu II.
3. Pemanfaatan limbah plastik PET dan styrofoam sebagai substitusi pasir dalam pembuatan batako berpotensi dalam mengurangi pencemaran plastik hingga 23,235% setiap tahunnya. Secara spesifik, limbah yang dapat dimanfaatkan mencapai 3.295,420 ton untuk plastik PET dan 329,542 ton untuk styrofoam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, S. (2024). *Komunikasi Lingkungan: Konsep Kunci dan Studi Kasus Terkini di Asia dan Indonesia*. Universitas Brawijaya Press.
- Christopher. H. 1981. *Polymer Materials*. Mac Millan Publishers LTD: London.
- Daud, F. F. R., Aulia, U., & Tarigan, S. F. N. (2024). Efektivitas Kulit Jeruk Manis (*Citrus Sinensis*) dan Daun Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendra* Linn.) Terhadap Penguraian Sampah Styrofoam. *rna*, 7(12), 4696-4703.
- Della Cornelia, A., Ashifa, N. A., Churmelia, A. F., Al Fikri, Z. S. R., & Radianto, D. O. (2023). Kombinasi Jerami Dan Ampas Tebu Sebagai Biofoam High Durability Dan Waterproof Dengan Metode Mixing Dan Molding. *Koloni*, 2(2), 49-54.
- Dinanti, P. S., Siregar, S. A., & Putri, F. E. (2024). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Penggunaan Styrofoam sebagai Kemasan Makanan pada UMKM Sektor Makanan di Kota Jambi Tahun 2023. *Jurnal Kesmas Jambi*, 8(1), 38-47.
- Fadhilah, R. A., Handayani, D., Safarizki, H. A., & Ilonka, W. A. (2024). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kayu dan Limbah Serbuk Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Paving Block. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 26(1), 19-25.
- Hamdi, F., Lopian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). Teknologi Beton. *Tohar Media*.
- Indraswati, D. (2017). Pengemasan makanan. In *Forum Ilmiah Kesehatan: Jakarta*.
- Kadirun, Kadirun & Masdiana, Masdiana & Sulha, Silha. (2021). Studi Experimental Pembuatan Batako Menggunakan Limbah Botol Plastik (PET). *MEDIA KONSTRUKSI*. 6. 99. 10.33772/jmk.v6i3.28758.
- Mahendra, G. S., Judijanto, L., Tahir, U., Nugraha, R., Dwipayana, A. D., Nuryanneti, I., ... & Rakhmadani, D. P. (2024). *Green Technology: Panduan Teknologi Ramah Lingkungan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Megawati, M., Alimuddin, A., & Kadir, L. A. (2019). Komposisi Kimia Batu Kapur Alam dari Indutri Kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. *Saintifik*, 5(2), 104-108.
- Mustafa, M. (2024). Penerapan Prinsip Arsitektur Hijau Pada Desain Permukiman Ramah Lingkungan di Perkotaan. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (online)*, 5(2), 623-632.
- Ngii, E., Welendo, L., One, L., Aksar, P., & Tajidun, L. M. (2024). Workshop Pembuatan Batako Ramah Lingkungan Berbasis Abu Sekam Padi bagi Pengrajin Batako Desa Pulasana Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Ilmu Terapan (JPMIT)*, 6(2), 172-178.

-
- 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), 1720-1726.
- Wanti, A. A., Mahbubah, S. M. R., Al Farochi, M. N., Vitrianingsih, Y., Safira, M. E., Hariani, M., ... & Masnawati, E. (2025). Inovasi Daur Ulang Pemanfaatan Ecobrick Dalam Pembuatan Meja Ramah Lingkungan Di Universitas Sunan Giri Surabaya. *Prospeks: Prosiding Pengabdian Ekonomi dan Keuangan Syariah*, 3(2), 694-708.
- Widayoko, A., & Yuliani, Y. (2024). Pembuatan Styrofoam Ramah Lingkungan Dari Pati Singkong (Amilum manihot) Dengan Penambahan serbuk Cangkang Telur (Ova) Sebagai Filler. *Jurnal Integrasi Sains dan Qur'an (JISQu)*, 3(02), 300-307.