

Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik PET dan Kertas HVS Pada Pembuatan *Papercrete Brick* Dengan Substitusi Serbuk Kapur Terhadap Reduksi Limbah Di Surakarta

Laurensia Silviana Andra Hernawati¹, Dewi Handayani^{2*}, dan Willy Anastasya Ilonka³

¹Program Studi D3 Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta

³Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta

Abstrak. Permintaan batako sebagai material konstruksi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan pembangunan. Namun, peningkatan ini juga diiringi oleh bertambahnya jumlah penduduk dan volume limbah yang dihasilkan. Berdasarkan data PBB 2023, Indonesia merupakan penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah China. Penelitian ini memanfaatkan limbah plastik PET dan kertas HVS sebagai substitusi bahan pembuatan batako, serta serbuk kapur sebagai bahan tambahan semen, untuk mengurangi akumulasi limbah tersebut. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi nilai kuat tekan dan daya serap air batako, serta mengukur dampak pemanfaatan limbah terhadap pengurangan limbah plastik dan kertas. Variasi campuran meliputi 5% plastik PET, kertas HVS dengan variasi 3% hingga 7%, serta 9% serbuk kapur sebagai substitusi semen pada lima varian benda uji. Pengujian dilakukan sesuai standar SNI 03-0349-1989. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi terbaik adalah pada campuran 4 (5% plastik PET, 9% serbuk kapur, dan 6% kertas HVS), dengan kuat tekan sebesar 7,83 MPa. Sementara itu, daya serap air optimal diperoleh pada variasi 1 (5% plastik PET, 9% serbuk kapur, dan 3% kertas HVS) sebesar 2,43%. Penggunaan limbah ini berpotensi mengurangi pencemaran plastik PET hingga 91,84% dan limbah kertas sebesar 31,085% di Surakarta tahun 2023. Penelitian ini memberikan keunggulan dibandingkan penelitian terdahulu dengan mengintegrasikan limbah plastik dan kertas secara lebih efisien dalam material konstruksi, sekaligus mendukung inovasi pembangunan kota berkelanjutan.

Kata kunci— *Batako, limbah kertas HVS, limbah plastik, Polyethylene Terephthalat, serbuk kapur*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan konstruksi yang ramah lingkungan, murah, dan mudah juga meningkatkan penelitian tentang bahan konstruksi tersebut agar tetap memenuhi standart material yang ada [1]. Banyaknya material yang digunakan dalam proses konstruksi seperti batako yang dianggap salah satu sektor berpotensi menimbulkan limbah. Batako dianggap sebagai bahan utama konstruksi yang sering digunakan dalam pembuatan dinding luar maupun dinding dalam [2]. Menggunakan kembali dan mendaur ulang limbah industri untuk aplikasi bahan bangunan seperti batako adalah salah satu langkah cepat untuk penanganan limbah [3]. Dalam rangka menjaga keamanan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan, banyak peneliti telah mempelajari pemanfaatan bahan limbah sebagai pembuatan batako [4][5][6][7].

Plastik merupakan bahan pakai yang tersedia secara luas dan pemanfaatnya yang tidak optimal lambat laut akan menjadi masalah besar [8]. Limbah plastik menjadi bahan yang berbahaya karena tidak dapat terdegradasi secara alami [9]. Menurut survei yang dilakukan pada tahun 2010, sekitar 5% dari sampah plastik dari negara-negara pesisir dibuang ke laut dalam jumlah yang besar sehingga menimbulkan masalah bagi kehidupan akuatik [10]. Pemanfaatan plastik sebagai bahan substitusi pembuatan batako pernah dilakukan. Penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa variasi variasi limbah botol plastik:pasir = 1:1 dengan 3 layer memiliki hasil uji kuat

* Corresponding author: dewi@ft.uns.ac.id

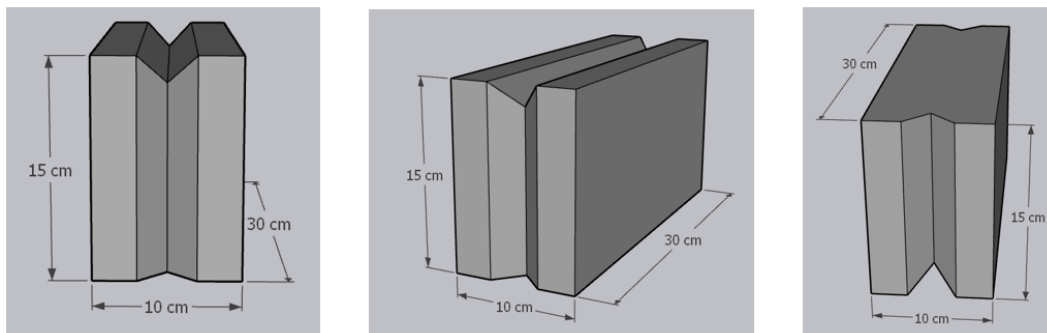
tekan lebih optimum [11]. Penelitian lain [12, 13], membahas tentang inovasi material plastik PET sebagai substitusi pasir dan diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan plastik PET optimum pada persentase 5%.

Sebanyak 450 juta ton kertas diproduksi diseluruh dunia dan berpotensi menjadi limbah [14]. Limbah kertas yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air, serta menyumbang emisi gas rumah kaca dari pembusukan kertas di tempat pembuangan akhir [15]. Bubur kertas memiliki kandungan CaO, Fe₂O₃ dimana kandungan tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuatan produk klinker semen [16]. Penelitian sebelumnya [17] pernah membuat batako dengan memanfaatkan limbah kertas HVS sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako variasi berat kertas 5 gram, 10 gram dan 15 gram. Terdapat dua penelitian lain yang membuktikan bahwa limbah kertas dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan batako yang murah dan ringan serta ramah lingkungan [18, 19].

Kebutuhan material ramah lingkungan yang meningkat maka dibutuhkan penelitian tentang bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar kuat tekan dan daya serap optimum dari campuran limbah plastik PET dan kertas HVS sebagai substitusi batako, serta serbuk kapur sebagai tambahan semen. Diharapkan penelitian ini dapat menunjukkan bahwa penggunaan limbah ini mampu mengurangi pencemaran dan sebagai inovasi acuan dalam mendukung pembangunan kota berkelanjutan.

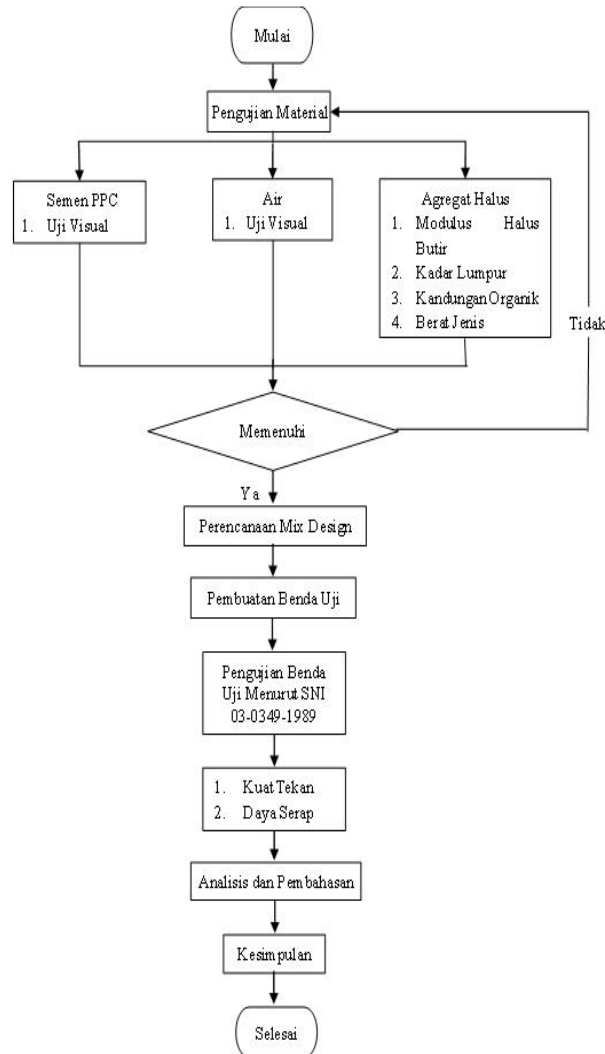
2. METODE

Penelitian rekayasa material yang signifikan telah dilakukan pada batako sebagai bahan bangunan. Batu bata dapat dibagi menjadi dua kategori: batu bata berlubang, yang memiliki luas lubang lebih besar dari 25% luas penampang batu bata, dan batu bata padat, yang memiliki penampang padat lebih dari 75% luas penampang batu bata. Pada investigasi ini, batu bata yang digunakan adalah batu bata padat berukuran 30 x 10 x 15 cm. Sketsa benda uji ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Sketsa Benda Uji Batako

Batako dibuat dengan campuran menurut Pedoman Teknis yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986 yaitu 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 kertas HVS sebesar 3%; 4%; 5%; 6%; dan 7% dari total berat pasir. Benda uji yang digunakan pada tiap variasi campuran sebanyak 6 buah, sehingga total benda uji pada penelitian ini sebanyak 30 buah. Pengujian kuat tekan dan daya serap batako dilakukan ketika umur perawatan 28 hari. Penelitian ini mencakup tahapan-tahapan seperti pemilihan dan pengolahan material, pengujian material, hingga penarikan kesimpulan. Ringkasan metode kerja dapat dilihat pada diagram alir Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL

3.1. Uji Visual

Pemeriksaan material pada air untuk kebutuhan penggunaan batako merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas dan daya tahan produk benda uji. Air yang baik dan layak digunakan memiliki kriteria pH netral, bebas dari bahan organik, dan memiliki kandungan mineral yang tidak berlebih. Proses pengujian material ini juga membantu mencegah terjadinya kerusakan dini pada batako yang disebabkan oleh penggunaan air yang tidak sesuai standar.

Pemeriksaan yang dilakukan yaitu secara fisik dan pemeriksaan kadar pH menggunakan pH meter. Setelah dilakukan pengamatan dan pemeriksaan, didapat hasil kadar pH air sebesar 7, yang menandakan netral. Air yang diperiksa sesuai dengan kriteria SK SNI S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, yang menyatakan bahwa air tersebut bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual. Dapat diambil kesimpulan bahwa air yang digunakan layak dan sesuai dengan standar untuk pembuatan batako.



Gambar 3 Kondisi Visual Air

Pemeriksaan dilakukan secara visual terkait kondisi kemasan semen yang digunakan masih baik, tidak terdapat kecacatan pada kemasan, kondisi kering dan tidak lembab. Semen memiliki umur simpan setelah proses produksi selama 4 bulan, yang menandakan bahwa kualitas semen yang digunakan masih dalam kondisi baik dan masih layak digunakan sebagai material campuran batako.

Pemeriksaan keadaan butir semen dapat dirasakan melalui tekstur dari luar kemasan dengan cara memijat. Setelah akan digunakan, lihat kembali tekstur semen. Dari hasil pengamatan, kondisi butiran semen masih dalam keadaan baik dan tidak ada tanda tanda padasan/butiran yang menggumpal.



Gambar 4 Kondisi Butiran Semen PPC

3.2. Perencanaan Campuran

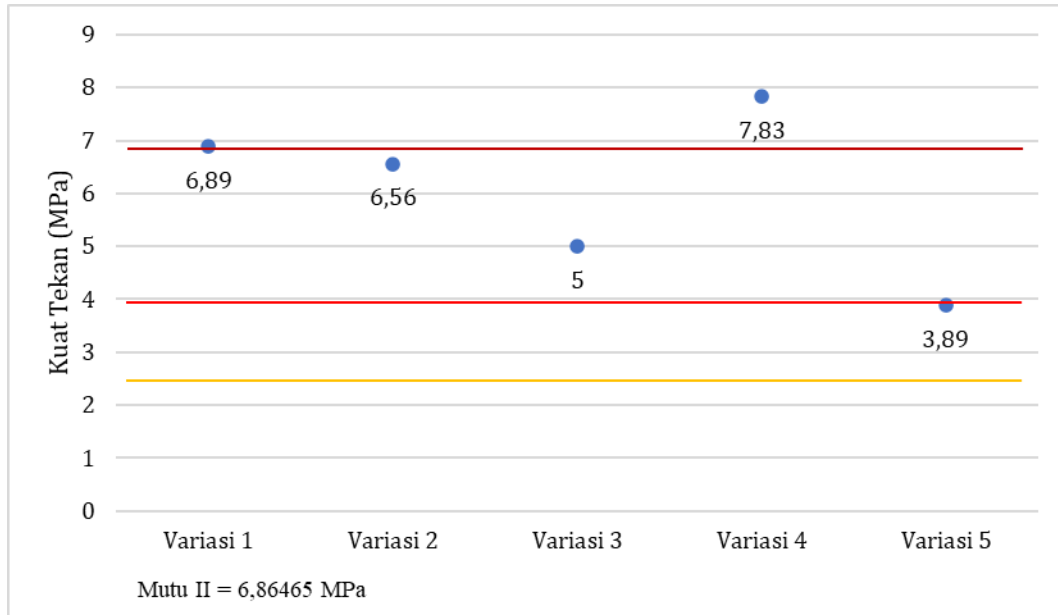
Perencanaan campuran komposisi batako adalah langkah penting dalam industri konstruksi untuk memastikan batako yang dihasilkan berkualitas tinggi dan memenuhi standar yang diperlukan. Proses ini mencakup beberapa tahap penting, dimulai dengan pemilihan bahan baku utama seperti pasir, semen, dan air. Setiap bahan harus dipilih dengan hati-hati sesuai spesifikasi yang ditetapkan, seperti ukuran butiran pasir yang sesuai dan jenis semen yang cocok untuk kebutuhan struktural batako. Selain itu, formulasi campuran harus dihitung secara teliti berdasarkan rasio yang tepat antara bahan-bahan tersebut untuk mencapai kekuatan dan daya tahan yang diinginkan. Benda uji batako dibuat dengan menggunakan campuran yang terdiri dari 20% semen, 75% pasir, dan 5% air. Berikut adalah rincian kebutuhan material untuk pembuatan benda uji batako. Kebutuhan material penyusun batako dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kebutuhan Material Penyusun Batako

Variasi Benda Uji	Plastik PET (%)	Serbuk kapur (%)	Kertas hvs (%)	Plastik PET (gram)	Serbuk kapur (gram)	Kertas HVS (gram)
A	5	9	3	2.029	694	1.217
B	5	9	4	2.029	694	1.623
C	5	9	5	2.029	694	2.029
D	5	9	6	2.029	694	2.435
E	5	9	7	2.029	694	2.841

3.3. Pengujian Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan ketika berumur 28 hari dengan jumlah benda uji pada setiap variasi berjumlah 3 buah. Pengujian kuat tekan batako dilakukan di Laboratorium Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.



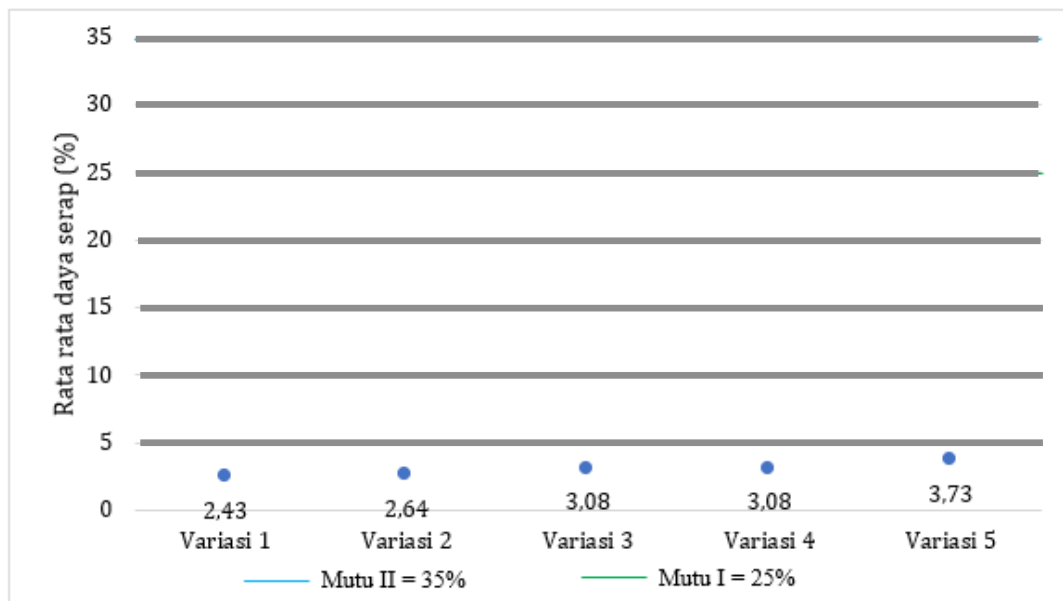
Gambar 5 Grafik Nilai Kuat Tekan Rata Rata Batako

Berdasarkan grafik di atas, hasil kuat tekan rata-rata batako inovasi tersebut bervariasi, mulai dari 3,89 MPa sampai dengan 7,83 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 1 dan 4 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 2 dan 3 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 4 dengan nilai kuat tekan 8,28 MPa pada campuran plastik PET 5%, serbuk kapur 9%, dan kertas HVS 6%.

Penelitian ini terdapat anomali pada variasi 4 yang terlihat mengalami kenaikan nilai kuat tekan dibanding variasi lainnya. Anomali dalam penelitian ini terjadi kemungkinan karena material yang digunakan kurang optimal. Hal tersebut berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan Rangan[20] yang menyatakan bahwa penambahan material kertas HVS dapat mengurangi nilai kuat tekan batako, namun dalam penelitian tersebut variasi kertas HVS optimal pada persentase 5% dan menurun di persentase 10%. Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kadirun [21] yang menyatakan bahwa penambahan limbah plastik PET dapat mengurangi nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh batako.

3.4. Pengujian Daya Serap Batako

Pengujian daya serap batako dilakukan dengan cara merendam batako ke dalam air selama 24 jam, setelah itu dilakukan pengeringan batako dengan cara alternatif yaitu dijemur dibawah matahari selama 48 jam. Pengujian batako dilakukan pada usia 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah pada setiap variasi.



Gambar 6 Grafik Nilai Rata-Rata Daya Serap Air Batako

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh rata-rata hasil daya serap air yang berkisar antara 3,73% hingga 2,43%. Hasil tersebut memiliki kecenderungan meningkat pada setiap variasinya yang sebanding dengan penambahan persentase kertas yang digunakan. Dari hasil pengujian daya serap tersebut memiliki nilai optimal sebesar 2,43% dengan campuran material inovasi 5% plastik PET, 3% kertas HVS, dan 9% serbuk kapur. Pada penelitian ini juga terdapat anomali untuk hasil pengujian daya serapnya, yaitu pada variasi 3 dan 4 terlihat memiliki persentase rata-rata daya serap yang sama. Anomali dalam penelitian ini kemungkinan penyebab yang terjadi 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 oleh Rangan [20] dan Jumiati [22] yang menyatakan bahwa semakin banyak persentase kertas sebagai material inovasi maka semakin besar pula nilai daya serap yang dihasilkan.

3.5. Pengaruh Penggunaan Limbah

Penelitian mengenai penggunaan limbah plastik PET dan kertas HVS sebagai pengganti material pasir, serta serbuk kapur sebagai pengganti semen, menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat mengurangi limbah dan polusi di lingkungan. Berdasarkan data tahun 2023 dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Surakarta, Kota Surakarta menghasilkan total sampah sebanyak 120.011,77 ton. Dari jumlah tersebut, 10,6% merupakan limbah kertas HVS atau sekitar 12.721,4762 ton. Sementara itu, persentase sampah plastik sebesar 13% dari jumlah total sampah yang ada atau setara dengan 15.601,53 ton, sedangkan limbah plastik PET sebesar 23% dari jumlah total limbah plastik.

Dalam eksperimen pembuatan batako inovatif ini, penulis mengambil dari hasil optimal dengan memanfaatkan limbah plastik PET 5% atau sekitar 338 gram dan 6% kertas HVS sebesar 405,6 gram dari berat pasir yang dibutuhkan untuk satu batako. Batako dengan mutu II dapat dimanfaatkan pada perumahan 2 lantai tipe 60 sebagai bahan konstruksi yang digunakan untuk material bangunan bertingkat menengah, dinding eksterior, dan pagar.

Tabel 2 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Batako

Jumlah batako (buah/m ²)	Kebutuhan batako		Total
	Dinding 2 lantai (m ²)	Pagar (m ²)	
19	176	80,4	4872

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk membangun satu unit rumah 2 lantai tipe 60 diperlukan sebanyak 4872 buah batako. Pada tahun 2024, diperkirakan akan ada kebutuhan untuk membangun 2000 unit rumah 2 lantai tipe 60 di Surakarta, sesuai dengan data peningkatan jumlah penduduk yang menetap di kota ini. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Surakarta menunjukkan bahwa jumlah penduduk meningkat setiap tahun, dari 522.364 jiwa pada tahun 2020 menjadi 587.646 jiwa pada tahun 2024. Diketahui kebutuhan plastik PET dalam campuran batako pada tahun 2024 sebesar 3.295,420 ton dan kertas HVS sebesar 3.954,504 ton. Jumlah sampah plastik PET di Surakarta pertahun 3.588,3519 ton dan kertas HVS 12.721,4762 ton. Maka di dapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase pengurangan limbah plastik} &= \frac{\text{kebutuhan limbah plastik PET}}{\text{total limbah plastik PET}} \times 100\% \\ &= \frac{3.295,420 \text{ ton}}{3.588,3519 \text{ ton}} \times 100\% \\ &= 91,84\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase pengurangan limbah kertas} &= \frac{\text{kebutuhan limbah kertas}}{\text{total limbah kertas}} \times 100\% \\ &= \frac{3.954,504 \text{ ton}}{12.721,4762 \text{ ton}} \times 100\% \\ &= 31,085\% \end{aligned}$$

Oleh karena itu, pembangunan perumahan untuk menampung penduduk baru sangat diperlukan, dengan tetap memperhatikan penggunaan metode konstruksi dan material yang ramah lingkungan. Batako yang dibuat dengan memanfaatkan limbah plastik PET, kertas HVS, dan serbuk kapur tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan material pembangunan, tetapi juga membantu mengurangi angka pencemaran limbah di Surakarta. Data menunjukkan bahwa pemanfaatan material ini dapat mengurangi pencemaran limbah plastik PET sebesar 91,84% serta pengurangan limbah kertas sebesar 31,085% tiap tahunnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam bidang konstruksi berkelanjutan dengan mengintegrasikan pemanfaatan limbah plastik PET, kertas HVS, dan serbuk kapur sebagai bahan inovatif untuk pembuatan batako. Pendekatan yang digunakan tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan secara signifikan, tetapi juga menghasilkan batako dengan kualitas struktural yang memenuhi standar konstruksi, yaitu kuat tekan maksimum 7,83 MPa dan daya serap air minimum 2,43%. Keunikan penelitian ini terletak pada kombinasi bahan limbah dengan variasi proporsi optimal, yang sebelumnya belum dieksplorasi secara menyeluruh, sehingga menghasilkan efisiensi dalam pengurangan limbah plastik hingga 91,84% dan limbah kertas hingga 31,085% di Surakarta. Inovasi ini juga memberikan solusi konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan potensi penerapan pada skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shakir, A. A., Naganathan, S., & Mustapha, K. N. B. (2013). Development of bricks from waste material: A review paper. *Australian Journal of basic and applied sciences*, 7(8), 812-818.
- [2] Andreola, N. M., Barbieri, L., Lancellotti, I., & Pozzi, P. (2005). Recycling industrial waste in brick manufacture. Part 1. *Materiales De Construccion*, 55(280), 5-16.
- [3] Raut, S. P., Sedmake, R., Dhunde, S., Ralegaonkar, R. V., & Mandavgane, S. A. (2012). Reuse of recycle paper mill waste in energy absorbing light weight bricks. *Construction and Building Materials*, 27(1), 247-251.
- [4] Chou, M. I. M., Patel, V., Laird, C. J., & Ho, K. K. (2001). Chemical and engineering properties of fired bricks containing 50 weight percent of class F fly ash. *Energy Sources*, 23(7), 665-673.
- [5] Turgut, P., & Algin, H. M. (2007). Limestone dust and wood sawdust as brick material. *Building and Environment*, 42(9), 3399-3403.
- [6] Algin, H. M., & Turgut, P. (2008). Cotton and limestone powder wastes as brick material. *Construction and building materials*, 22(6), 1074-1080.
- [7] Raut, S. P., Sedmake, R., Dhunde, S., Ralegaonkar, R. V., & Mandavgane, S. A. (2012). Reuse of recycle paper mill waste in energy absorbing light weight bricks. *Construction and Building Materials*, 27(1), 247-251.
- [8] Sahu, M. K., & Singh, L. (2017). Critical review on types of bricks type 14: plastic sand bricks. *Int J Mech Product Eng*, 5(11).

- [9] Kumar, R., Kumar, M., Kumar, I., & Srivastava, D. (2021). A review on utilization of plastic waste materials in bricks manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*, 46, 6775-6780.
- [10] Aneke, F. I., & Shabangu, C. (2021). Green-efficient masonry bricks produced from scrap plastic waste and foundry sand. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00515.
- [11] Ni'mah, L., Syauqiah, I., Mirwan, A., Wicakso, D. R., & Wijayanti, H. (2019). Batako dari limbah botol plastik: tinjauan kuat tekan. *AL ULUM: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(1), 26-29.
- [12] Mulyati, E., & Emiliawati, A. (2021). Penerapan Limbah Plastik Dan Limbah Kertas Pada Bata Segitiga. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 8(1), 1-11.
- [13] Prabowo, D., Hardini, P., Kurniawan, I., & Santoso, A. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Pengganti Bata Beton Dinding Rumah. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 3(1), 27-32.
- [14] Arya, R. K., & Kansal, R. (2016). Utilization of waste papers to produce ecofriendly bricks. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(8), 92-96.
- [15] Wahyudi, J. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari pembakaran terbuka sampah rumah tangga menggunakan model IPCC. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 65-76.
- [16] Lianasari, A. E., & Pading, S. D. (2013). Penggunaan Limbah Bubur Kertas dan Fly Ash pada Batako. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7.
- [17] Santoso, H. H. (2013). Pemanfaatan Limbah Kertas HVS Sebagai Bahan Campuran Batako dengan Alat Tekan Manual. *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*.
- [18] Singh, A. K. P. V. K., Singh, C. D. G., & Tomar, P. S. Experimental Study of Waste Paper to Produce Environmental Eco-Friendly Brick.
- [19] Subramanian, N. (2013). Reinforced Concrete Structures.
- [20] Rangan, P. R. (2017). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kertas HVS sebagai Bahan Tambah Batako Pejal Terhadap Kuat Tekan. *Journal Dynamic Saint*, 3(2).
- [21] 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.
- [22] Jumiati, E. (2021). Karakteristik Sifat Fisis Batako Berbahan Limbah Kertas. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika*, 7(3), 7. <https://doi.org/10.24114/jiaf.v7i3.27618>