

Feasibility of PET–Sand Artificial Aggregate for Concrete Applications:
Kelayakan Penggunaan Agregat Buatan PET–Pasir untuk Aplikasi Beton

Meifredi Giovani^{1*}, Budwi Harsono²

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Corresponding Author Email: Budwiharsono@umsida.ac.id

Abstract

Peningkatan jumlah limbah plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET) yang sulit terurai secara alami menimbulkan permasalahan lingkungan serius. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah menjadikan limbah plastik PET dengan campuran pasir sebagai agregat buatan pengganti agregat kasar pada beton. Limbah plastik PET dan pasir diproses melalui pemanasan dan pencetakan menjadi butiran berukuran 2 cm. Pengujian meliputi Impact Test Value, Los Angeles Abrasion Test, berat jenis, resapan air, dan berat volume agregat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir memenuhi syarat kelayakan sebagai agregat kasar berdasarkan standar SNI dan ASTM yang digunakan. Nilai rata-rata Impact Test 8,5%, keausan Los Angeles 34,73%, berat jenis bulk 2,49, SSD 2,53, dan resapan air 1,71% dinyatakan memenuhi standar.

Keywords: Ketahanan Tumbukan; Abrasi Los Angeles; Berat Jenis; Resapan Air

Pendahuluan

Konstruksi beton merupakan bagian vital dalam pembangunan infrastruktur modern. Beton adalah material bangunan yang umum digunakan dalam konstruksi, terdiri dari semen, agregat, dan air. Penambahan bahan kimia, pozolan, atau serat menghasilkan beton khusus dengan karakteristik melebihi beton normal [1]. Di antara komponen tersebut, agregat kasar menyumbang sekitar 50–70% dari volume total beton, sehingga ketersediaan dan mutu agregat kasar sangat menentukan kualitas dan keberlanjutan produksi beton [2]. Namun, seiring meningkatnya permintaan agregat alam, terjadi eksploitasi besar-besaran terhadap sumber daya batuan, yang dalam jangka panjang menimbulkan dampak lingkungan serius seperti degradasi lahan, kerusakan ekosistem, dan penurunan cadangan material alam. Di sisi lain, peningkatan konsumsi plastik secara global telah menyebabkan akumulasi limbah plastik yang signifikan di lingkungan [3]. Sifat plastik yang sulit terurai secara alami membuatnya menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran tanah dan perairan. Menurut data berbagai lembaga lingkungan, jutaan ton plastik dihasilkan setiap tahun, sementara tingkat daur ulangnya masih relatif rendah. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi pemanfaatan limbah plastik menjadi material yang memiliki nilai guna baru [4].

Salah satu alternatif yang banyak diteliti adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan substitusi atau tambahan dalam pembuatan material konstruksi. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi volume limbah, tetapi juga berpotensi menghasilkan material dengan sifat fisis dan mekanis yang kompetitif. Namun, sebelum diaplikasikan secara luas, diperlukan kajian mendalam untuk menilai kelayakan material limbah plastik, baik dari segi kekuatan, daya tahan, sifat fisis, maupun dampak lingkungannya [5].

<https://sice.umsida.ac.id/>, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Copyright © Author (s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY)

Dari beberapa studi terdahulu ada salah satu penelitian yang dilakukan oleh “Raisha Meydiana Damayanti Datu Hamid, Tamrin Rahman, dan Ery Budiman” pada tahun 2023 yang menjadikan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat kasar dengan variasi 30%, 40%, 60%, dan 70% dari volume agregat kasar. Hasil penelitian beton dengan menggunakan sebagian agregat kasar plastik yang mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan hanya pada variasi 30%. Hasil dari penelitian tersebut adalah, beton berusia 28 hari dengan limbah plastik jenis PET sebagian variasi memiliki kualitas lebih rendah dibanding dengan beton normal [6]. Selain itu, Wijaya, Liliana, dan Maryanto (2021) meneliti pemanfaatan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat kasar pada beton ringan dengan variasi 50%, 75%, dan 100%. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa campuran terbaik terdapat pada variasi 75% agregat plastik dan 25% agregat alami dengan kuat tekan 11,1 MPa serta berat isi 1687,9 kg/m³. Namun demikian, hasil tersebut belum memenuhi standar kuat tekan beton ringan struktural [7]. Sedangkan penelitian oleh Taufik dan Azilya (2024) juga menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik PET dengan bantuan superplasticizer dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 30,69 MPa pada variasi optimal 2%–3%, tetapi mengalami penurunan pada variasi 4% [8]. Kondisi inilah yang melatar belakangi studi penelitian yang dilakukan, perbandingan dibuat dengan mengembangkan benda uji yang memakai artificial agregat melalui proses pemanasan dan pencetakan, dari limbah plastik berjenis PET dengan campuran pasir dan memperhatikan dimensi pada butiran agregat yang ditentukan yaitu maksimal berukuran 2 cm.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan material berbasis limbah plastik dengan campuran pasir melalui serangkaian pengujian meliputi Impact Test Value, Los Angeles Abrasion Test, berat jenis, dan resapan air. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi dan keterbatasan material ini, sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam penerapan di bidang konstruksi atau produk teknik lainnya [9].

I. Metode

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi kelayakan limbah plastik PET dicampur dengan pasir alami sebagai agregat kasar dalam campuran beton. Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan sistematis untuk mencapai tujuan kajian, yaitu menilai karakteristik fisik pencampuran limbah plastik PET dengan pasir berdasarkan uji laboratorium standar.

Tahap pertama dilakukan dengan mengumpulkan limbah plastik yang berasal dari kedai atau kafe, yang selanjutnya akan disortir berdasarkan jenis dan kebersihannya untuk mempermudah proses pengolahan [10].

Tahap kedua adalah pengujian kelayakan material, yang mencakup empat jenis pengujian utama. Pertama, dilakukan uji Impact Test Value untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap tumbukan [11]. Kedua, uji Los Angeles Abrasion untuk mengukur keausan dan ketahanan gesek agregat [12]. Ketiga, dilakukan uji berat jenis dan penyerapan air untuk menilai kerapatan serta porositas agregat [13]. Keempat, uji berat volume agregat dilakukan untuk mengetahui massa jenis dalam kondisi lepas dan padat. Semua pengujian ini dilaksanakan mengacu pada standar SNI dan ASTM yang berlaku [14].

Tahap ketiga adalah analisis hasil pengujian, yang dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Data dari setiap pengujian dibandingkan dengan nilai ambang batas kelayakan agregat kasar menurut standar nasional maupun internasional. Penilaian kelayakan dilakukan berdasarkan parameter teknis seperti batas maksimum keausan, nilai resapan air, dan berat jenis minimum yang dipersyaratkan untuk agregat kasar beton [15].

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan, yaitu menyusun interpretasi akhir dari data uji untuk menentukan apakah pencampuran limbah plastik PET dengan pasir alami memenuhi syarat sebagai pengganti agregat kasar.

II. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan ilmiah yang berkaitan dengan karakteristik fisis limbah plastik PET sebagai pengganti agregat kasar dalam beton. Pengujian dilakukan pada artificial agregat limbah plastik PET dicampur dengan pasir alami dengan lima parameter utama: Impact Test Value (ITV), Los Angeles Abrasion, berat jenis (*bulk*, *SSD*, *apparent*), penyerapan air, dan berat volume agregat. Hasil yang diperoleh dianalisis secara komprehensif untuk menjelaskan sifat mekanik dan fisis material serta keterkaitannya dengan kelayakan teknis menurut standar SNI dan ASTM.

A. Ketahanan terhadap tumbukan/ *Impact Test Value (ITV)*

Salah satu temuan penting dari penelitian ini adalah bahwa pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir alami menunjukkan nilai Impact Test Value di bawah 30%, yang merupakan ambang batas maksimum menurut BS 812 (1975)[11]. Nilai ITV yang rendah menunjukkan bahwa material limbah plastik dan pasir memiliki ketahanan cukup baik terhadap gaya tumbuk.

Tabel 1. Nilai Uji Tumbukan

No	Limbah plastik PET dicampur pasir alami (2cm)	Nilai (%)
1	Sampel 1	7,6
2	Sampel 2	9,2
3	Sampel 3	8,6

Hasil dari pengujian tes tumbuk atau "*Impact Test*", material menunjukkan persentase yang kecil berkisar 7-10 % saja dengan nilai rata-rata material 8,5 %. Berdasarkan standar BS 812–112, nilai *Agregate Impact Value* (AIV) untuk beton struktural tidak melebihi 30%. Nilai ini menunjukkan bahwa material yang digunakan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi serta ketahanan yang sangat baik terhadap beban tumbukan.

B. Keausan Material/ *Los Angeles Abrasion Test*

Hasil uji abrasi Los Angeles menunjukkan nilai keausan berada dalam kisaran 30-40% untuk artificial agregat pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir alami, sehingga masih memenuhi syarat maksimal 50% berdasarkan SNI 2417-2008[12]. Hal ini menunjukkan bahwa limbah plastik PET dicampur dengan pasir alami cukup tahan terhadap aus akibat gesekan dalam proses pencampuran beton.

Tabel 2. Nilai Uji Abrasi Los Angeles

No	Limbah plastik PET dicampur pasir alami (2cm)	Nilai (%)
1	Sampel 1	35,42
2	Sampel 2	30,64
3	Sampel 3	38,16

Hasil dari pengujian Los Angeles, angka persentase keausan dari agregat berkisar antara 30%-40%, dengan nilai akurasi rata-rata material sebesar 34,73 %. Berdasarkan SNI 2417 – 2008, nilai maksimum keausan agregat adalah sebesar 50 %. Nilai rata-rata tersebut masih berada dalam batas

yang aman untuk digunakan sebagai material agregat kasar pada beton.

C. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pada pengujian berat jenis agregat buatan, dilakukan serangkaian pengukuran terhadap sampel uji untuk memperoleh beberapa parameter yang mewakili karakteristik fisis material. Nilai-nilai yang diperoleh meliputi berat jenis bulk, yang menggambarkan rasio massa agregat dalam kondisi kering oven terhadap volumenya termasuk pori-pori yang dapat terisi air; berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), yang menunjukkan rasio massa agregat pada kondisi jenuh air tetapi permukaannya telah dikeringkan terhadap volumenya; berat jenis semu (Apparent), yang merepresentasikan rasio massa agregat terhadap volume padatnya tanpa memperhitungkan pori-pori yang dapat menyerap air; serta persentase penyerapan air (water absorption), yang dihitung berdasarkan selisih massa antara kondisi SSD dan kering oven terhadap massa kering oven. Parameter-parameter ini diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan standar dari hasil pengukuran massa dan volume pada setiap tahap pengujian, dan digunakan untuk mengevaluasi kelayakan serta kesesuaian agregat buatan dalam aplikasi beton [13].

Tabel 3. Nilai Berat Jenis dan Resapan Air

No	Limbah plastik PET dicampur pasir alami (2cm)	Nilai Bulk	Nilai SSD	Nilai Apparent	Resapan Air (%)
1	Sampel 1	2,51	2,57	2,66	2,3
2	Sampel 2	2,42	2,45	2,5	1,2
3	Sampel 3	2,55	2,59	2,66	1,65

Hasil dari Data yang diperoleh pengujian material didapatkan nilai rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,49. Untuk berat jenis SSD rata-ratanya sebesar 2,53 dan pada berat jenis semu rata-rata nilainya adalah 2,6. Menurut SNI 03-1969-1990 & ASTM C 127 - C 128, agregat dianggap memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton karena nilai berat jenis bulk di antara 2,4 - 2,9, dan SSD berkisar di antara 2,5 - 2,9, serta berat jenis semu di kisaran 2,6 - 3,0. Dengan ini, material memenuhi syarat sebagai agregat pada beton dari segi pengujian berat jenis.

Dalam pengujian resapan air, standar yang memenuhi syarat adalah agregat dengan nilai resapan $\leq 3\%$. Hasil pengujian pada material diperoleh nilai rata-rata resapan sebesar 1,71 %. Hal ini menunjukkan bahwa material memiliki resapan yang cukup rendah dan memenuhi syarat sebagai agregat, sebab agregat yang menyerap terlalu banyak air dalam campuran beton akan memengaruhi kualitas beton.

D. Interpretasi Umum dan Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir alami yang diteliti, memiliki karakteristik fisik yang layak digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beton berdasarkan standar teknis. Ketahanan terhadap tumbukan dan abrasi cukup baik, nilai berat jenis dan penyerapan air berada dalam batas wajar, serta berat volume menunjukkan potensi sebagai agregat ringan.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, temuan ini mengonfirmasi hasil-hasil sebelumnya yang menyebutkan bahwa limbah plastik (PET) dapat menggantikan sebagian agregat kasar dalam beton. Namun, pendekatan penelitian ini berbeda karena berfokus secara khusus pada analisis kelayakan fisis material, bukan pada kinerja akhir beton. Pendekatan ini memberi kontribusi baru

dalam memastikan bahwa material yang akan digunakan dalam beton telah lolos seleksi teknis sebelum masuk ke tahap desain campuran (mix design).

Dengan demikian, penelitian ini menutup gap yang ada dalam studi-studi sebelumnya yang langsung mengevaluasi performa beton tanpa melakukan evaluasi kelayakan agregat terlebih dahulu. Hal ini penting dalam memastikan keandalan dan konsistensi mutu beton hasil substitusi, khususnya untuk aplikasi yang menuntut kekuatan tekan tinggi atau lingkungan agresif.

III. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa limbah plastik (PET) dengan campuran pasir memiliki karakteristik fisik yang memenuhi kriteria teknis sebagai agregat kasar dalam campuran beton. Pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir alami menunjukkan ketahanan yang baik terhadap tumbukan dan keausan, berat jenis berada dalam rentang yang disyaratkan, serta nilai penyerapan air masih dalam batas kelayakan. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengevaluasi kelayakan pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir sebagai substitusi agregat kasar secara teknis telah tercapai.

Temuan ini memperkuat hipotesis bahwa pencampuran limbah plastik (PET) dengan pasir, jika melalui proses pencetakan dan pengolahan yang tepat, dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif yang berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam sekaligus membantu pengurangan limbah plastik.

Sebagai pengembangan selanjutnya, penelitian dapat diarahkan pada evaluasi performa mekanik beton yang menggunakan campuran limbah plastik (PET) dengan pasir alami dengan bentuk material buatan yang dibuat menyerupai agregat batu pecah (split) dengan permukaan tidak rata dan sudut-sudut tajam. Bentuk tersebut diharapkan dapat meningkatkan daya lekat antar butir agregat dengan pasta semen, sehingga meminimalkan rongga udara, mengoptimalkan ikatan mekanis, dan berpotensi meningkatkan kuat tekan serta ketahanan beton terhadap beban maupun serapan air

IV. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan fasilitas dan akses laboratorium yang telah memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada seluruh teknisi laboratorium serta rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2021 yang turut membantu dalam proses pengambilan data, terutama pada dalam proses pengujian di laboratorium. Dukungan dan bantuan dari berbagai pihak selama proses penelitian ini sangat berarti dalam menyelesaikan kajian ini dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi material bangunan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Referensi

- [1] B. Harsono dkk, *Bahan Bangunan*. Padang: CV. HEI PUBLISHING INDONESIA, 2025.
- [2] A. Alrizki, "Analisis Karakteristik Agregat Kasar Sebagai Material Campuran Beton Di Pt. Batu Prima Persada Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat," pp. 1–7, 2017.
- [3] M. H. Prasetyo, D. W. K. Baderan, and M. S. Hamidun, "Hidroponik+-+Volume+2,+Nomor+2,+Juli+2025+Hal.+01-11," vol. 2, 2025.
- [4] M. Nizar *et al.*, "Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan," *Akt. J. Ilmu Pendidikan, Polit. dan Sos. Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 154–165, 2025.
- [5] A. Nanda Mahardika *et al.*, "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Konstruksi Pembuatan Genteng Dengan Metode QFD (Quality Function Deployment) Dan Uji Kelayakan," *Konstelasi Ilm. Mhs. UNISSULA (KIMU 5)*, vol. 5, no. Kimu 5, pp. 21–27, 2021.
- [6] R. M. D. Datu Hamid, T. Rahman, and E. Budiman, "Penggunaan Sampah Plastik Pet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Palu Pada Beton," *Teknol. Sipil J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, p. 63, 2023, doi: 10.30872/ts.v7i1.11234.
- [7] Muhammad Wijaya, Liliana, and M. Maryanto, "Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan," *J. Tek. J. Teor. dan Terap. Bid. Keteknikan*, vol. 4, no. 2, pp. 165–171, 2021, doi: 10.52868/jt.v4i2.2730.
- [8] L. Lutiaytmi, R. Sidiq, H. Hariningsih, and A. Nurdin, "Analisa pengaruh penambahan," vol. 4, no. 1, pp. 1–4, 2024.
- [9] Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan, "Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan," *Pelaks. Pekerj. Bet. untuk jalan dan Jemb. Dep.*, pp. 1–21, 2005.
- [10] L. W. Utomo and S. Susi Arfiana, "Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 1, pp. 164–179, 2023.
- [11] BS812-112, "Methods for determination of aggregate impact value (AIV)," *Br. Stand. Inst. (BSI).*, no. 1, 1990.

- [12] SNI 2417-2008, “Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles,” *Standar Nas. Indones.*, p. 20, 2008, [Online]. Available: [http://nspkjembatan.pu.go.id/public/uploads/TahapPelaksanaan/SNI/1510486929\(259\)_sni_2417-2008.pdf](http://nspkjembatan.pu.go.id/public/uploads/TahapPelaksanaan/SNI/1510486929(259)_sni_2417-2008.pdf)

- [13] SNI-1969-2016, “Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar,” *Standar Nas. Indones.*, p. 20, 2016, [Online]. Available: <https://pu.go.id/pustaka/biblio/sni-1969-2016-metode-uji-berat-jenis-dan-penyerapan-air-agregat-kasar/KB19B>
- [14] D. S. Y. Kartika, M. A. Bimantara, R. Aminullah, P. N. C. Rahmadani, I. N. H. Zuhriyah, and N. E. N. Hayati, *BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM TEKNOLOGI BETON*, vol. 02. 2023.
- [15] M. F. Firdiansyah, B. Harsono, and I. Pendahuluan, “Analysis Of Material Feasibility Testing Of Ceramic Waste Fractions As A Substitute For Coarse Aggregates In Concrete,” *Univ. Muhammadiyah Sidoarjo*, pp. 1–6, 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.