J- Sipil. Vol 3 No 1. 31 Agustus 2026 Halaman 7 - 13

J-Sipil : Jurnal Teknologi Dan Ilmiah Teknik Sipil Dan Sains

ISSN : 3089 – 7947

http://j-sipil.unigres.ac.id

Limbah Kaca sebagai Substitusi Agregat Halus Beton Batako

Bobby Setia Aji[1], Hasti Suprihatin[2], Bana Ervadius[2]

[1.2] Program Studi Teknik Sipil,Fakultas Teknik,Universitas Gresik

Email: [1] bobbysetiaaji15@gmail.com, [2]hasti.suprihatin007@gmail.com[3]bana.ervadius2023@gmail.com

Abstract

Concrete block is one of the wall materials widely used in construction because it is relatively easy to produce, economical, and practical to install. The increasing demand for concrete blocks leads to higher consumption of sand as fine aggregate. Meanwhile, glass waste is an inorganic waste that is difficult to decompose naturally and may cause environmental pollution if not properly managed. This article aims to examine the utilization of glass waste as a substitute for fine aggregate in concrete blocks based on a literature review. The method used is qualitative with a Literature review approach through content analysis of relevant previous studies. The results show that glass waste has potential as a partial substitute for fine aggregate due to its silica content, hard texture, and particle size that can be adjusted to resemble sand. Several studies indicate that the use of glass waste in certain proportions can produce compressive strength that meets the design requirement and, in some cases, improves compressive strength. However, excessive use of glass waste may reduce concrete quality due to its smooth surface, non-absorptive behavior, and weak bonding with cement paste. Therefore, glass waste can be utilized as an environmentally friendly alternative material in concrete blocks, provided that the optimum proportion is considered and applicable construction material standards are followed.

Keywords: *concrete block, fine aggregate, glass waste, substitution*

Pendahuluan

Batako merupakan material bangunan berbasis campuran semen, agregat halus, dan air yang banyak digunakan sebagai elemen dinding karena memiliki proses pembuatan yang relatif sederhana, biaya produksi yang ekonomis, serta kemudahan dalam proses pemasangan [1]. Penggunaan batako terus meningkat khususnya di sektor konstruksi, dampaknya kebutuhan material penyusunnya, khususnya agregat halus, semakin besar [2, 3].

Salah satu material utama dalam pembuatan batako adalah pasir yang berfungsi sebagai agregat halus untuk mengisi rongga antar partikel, meningkatkan kepadatan campuran, serta memengaruhi kuat tekan produk [4]. Meningkatnya aktivitas pembangunan menyebabkan kebutuhan pasir alam terus meningkat dampaknya eksploitasi pasir secara berlebihan berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan dan mengurangi ketersediaan sumber daya alam [5]. Untuk itu, diperlukan material alternatif yang mampu mengurangi ketergantungan penggunaan pasir alam tanpa menurunkan kualitas produk konstruksi [6].

Di sisi lain, limbah kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang sulit terurai secara alami dan jumlahnya terus meningkat setiap tahun [4]. Sebagian besar limbah kaca masih berakhir di tempat pembuangan akhir meskipun material ini memiliki sifat yang dapat didaur ulang [7, 8]. Penumpukan limbah kaca tidak hanya meningkatkan beban lingkungan, tetapi juga menyebabkan hilangnya potensi pemanfaatan material yang sebenarnya masih memiliki nilai guna dalam bidang konstruksi [9].

Limbah kaca memiliki kandungan silika amorf yang tinggi dan sifat fisik yang keras sehingga berpotensi dimanfaatkan kembali sebagai bahan penyusun beton [10]. Setelah melalui proses penghancuran atau penggilingan, limbah kaca dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat

J-Sipil : Jurnal Teknologi Dan Ilmiah Teknik Sipil Dan Sains
ISSN : 3089 – 7947
http://j-sipil.unigres.ac.id

halus maupun sebagai bahan sementisius tambahan *(supplementary cementitious material)* [7]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel limbah kaca sangat memengaruhi reaktivitas *pozzolan*, kepadatan mikrostruktur, serta sifat mekanik beton yang dihasilkan [2, 3].

Meskipun demikian, pemanfaatan limbah kaca tidak selalu memberikan peningkatan mutu material [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah kaca pada kadar optimum mampu meningkatkan kuat tekan, memperbaiki kepadatan mikrostruktur, serta mengurangi konsumsi agregat alam [12]. Sebaliknya, penggunaan dalam proporsi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan kuat tekan akibat lemahnya ikatan antara partikel kaca dan pasta semen, rendahnya daya serap air, serta potensi terjadinya reaksi alkali–silika apabila karakteristik material tidak dikendalikan dengan baik).

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini bertujuan mengkaji pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus pada beton batako melalui pendekatan *literature review*. Pembahasan difokuskan pada karakteristik limbah kaca, pengaruhnya terhadap kuat tekan, daya serap air, porositas, proporsi optimum penggunaan, kesesuaian terhadap standar mutu, serta manfaat lingkungan dan ekonomi sebagai upaya mendukung pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan.

Metode

Artikel ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan *literature review*. *Literature review* dilakukan dengan mengkaji sepuluh artikel ilmiah yang membahas pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus atau bahan tambah dalam campuran beton. Kajian ini digunakan sebagai dasar untuk menilai potensi penerapan limbah kaca pada beton batako.

Teknik analisis yang digunakan adalah *content analysis* atau analisis isi. Analisis dilakukan dengan membaca, mengelompokkan, dan membandingkan hasil penelitian terdahulu berdasarkan beberapa unit amatan, yaitu bentuk limbah kaca, variasi substitusi, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, daya serap air, porositas, modulus elastisitas, manfaat lingkungan, dan kecenderungan proporsi optimum.

Literatur yang digunakan dipilih karena relevan dengan topik limbah kaca, agregat halus, beton, kuat tekan, material ramah lingkungan, dan pemanfaatan limbah konstruksi. Karena referensi yang tersedia sebagian besar membahas beton, artikel ini menempatkan batako sebagai konteks penerapan material berbasis semen-agregat, bukan sebagai hasil uji langsung dari seluruh referensi.

Tabel 1. Literatur yang Dikaji

No	Publikasi	Tujuan
1	[13]	Mengetahui pengaruh serbuk kaca dan silica fume terhadap kuat tekan, tarik belah, lentur, dan modulus elastisitas beton.
2	[14]	Mengetahui pengaruh substitusi kaca 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5% terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.
3	[15]	Mengetahui kuat tekan beton dengan kombinasi fly ash sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus.
4	[16]	Mengetahui pengaruh limbah kaca pecah terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton serta menentukan kadar optimal.
5	[4]	Meneliti kuat tekan beton dengan variasi limbah kaca 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.

No	Publikasi	Tujuan
6	[6]	Mengetahui pengaruh serbuk kaca terhadap kuat tarik belah, daya serap, dan porositas beton.
7	[17]	Mengetahui pengaruh limbah botol kaca sebagai bahan tambah agregat halus terhadap kuat tekan beton K-225.
8	[12]	Mengetahui pengaruh penambahan limbah kaca 0%, 10%, 20%, dan 25% terhadap kuat tekan beton.
9	[11]	Mengetahui pengaruh serbuk kaca dan superplasticizer terhadap sifat mekanis beton normal
10	[18]	Menganalisis pengaruh limbah kaca terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan biaya beton inovasi

Sumber: Diolah Peneliti (2026)

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan kajian terhadap sepuluh artikel terdahulu, pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus memiliki pengaruh yang tidak seragam terhadap karakteristik material berbasis semen. Pengaruh tersebut bergantung pada ukuran partikel kaca, persentase substitusi, kualitas gradasi, rasio air-semen, metode pemadatan, umur perawatan, serta ada atau tidaknya bahan tambah seperti *fly ash, silica fume*, atau *superplasticizer*.

Tabel 2. Hasil Telaah Literatur

No	Pustaka	Unit Amatan
1	[13]	• Kuat tekan • Sifat mekanik beton.
2	[14]	• Kuat tekan • Kuat lentur.
3	[15]	• Kuat tekan
4	[16]	• Kuat tekan
5	[4]	• Kuat tekan
6	[6]	• Kuat tarik belah • Daya serap • Porositas
7	[17]	• Kuat tekan
8	[12]	• Kuat tekan
9	[11]	• Kuat tekan • Nilai tarik belah • Nilai lentur • Modulus elastisitas
10	[18]	• Efisiensi biaya • Performa mekanis

Sumber: Diolah Peneliti (2026)

J-Sipil : Jurnal Teknologi Dan Ilmiah Teknik Sipil Dan Sains
ISSN : 3089 – 7947
http://j-sipil.unigres.ac.id

Dari hasil analisis unit amatan maka untuk Limbah Kaca sebagai Substitusi Agregat Halus dalam pembuatan beton Batako adalah sebagai berikut : Kuat Tekan, Kuat Lentur, Daya Serap Air, Nilai tarik, Efisiensi Biaya.

A. Kuat Tekan

Kuat tekan menjadi unit anatan yang penting karena kemampuan batako menahan beban berat dari atas dan menggunakan agregat halus dari kaca untuk mengetahui kekuatan standar mutu bangunan agar tidak terjadi kegagalan dalam membuat bangunan

Alasan Utama Pentingnya Kuat Tekan

- **Standar Mutu** **:** Menjamin batako aman dipakai untuk dinding dan sesuai aturan konstruksi.
- **Kualitas Campuran** **:** Kaca sangat halus bisa memicu reaksi alkali-silika yang merusak jika tak diukur pas.
- **Daya Tahan Beban** **:** Memastikan batako tidak mudah pecah saat dipasang atau ditimpa beban bangunan di atasnya**.**

B. Kuat Lentur

Kuat lentur sangat penting pada batako dengan agregat halus kaca karena sifat fisik serbuk atau pecahan kaca yang licin dan kurang menyerap air cenderung menurunkan ikatan antarmuka (rekat) dengan semen, sehingga rentan mengalami retak lentur, patah saat diangkut, atau gagal menahan beban dinding.

Alasan Utama Pentingnya Kuat Lentur :

- Mencegah Retak Dini: Batako sering menerima beban lentur saat proses pengangkutan, pemasangan, atau akibat pergerakan kecil pada dinding bangunan.
- Karakteristik Kaca: Permukaan kaca yang halus membuat daya rekat adukan semen kurang maksimal dibandingkan pasir biasa, yang berisiko menurunkan kemampuan tarik dan lentur.
- Menjaga Keawetan: Nilai kuat lentur yang baik memastikan struktur batako tidak mudah melentur atau patah ketika dipasang pada bidang vertikal

Limbah kaca memiliki karakteristik fisik yang memungkinkan penggunaannya sebagai substitusi sebagian agregat halus. Setelah dihancurkan, limbah kaca dapat berbentuk pecahan atau serbuk dengan ukuran menyerupai pasir. Bentuk ini memungkinkan kaca mengisi sebagian ruang antarpartikel dalam campuran semen, agregat, dan air.

Secara kimia, kaca mengandung silika yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap reaksi pozzolan apabila ukuran partikelnya cukup halus. Beberapa penelitian memanfaatkan sifat ini untuk meningkatkan kinerja beton, terutama bila limbah kaca dikombinasikan dengan bahan tambah seperti silica fume atau fly ash. Akan tetapi, sifat pozzolan limbah kaca tidak selalu dominan karena sangat dipengaruhi oleh kehalusan partikel, proses penggilingan, dan komposisi campuran.

C. Pengaruh Limbah Kaca terhadap Daya Serap Air

Daya serap air dan porositas penting dalam penilaian batako karena keduanya berkaitan dengan kepadatan, durabilitas, dan ketahanan terhadap lingkungan lembap. Batako dengan porositas tinggi cenderung lebih mudah menyerap air dan berpotensi mengalami penurunan kualitas dalam jangka panjang**.** Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo, Dkk (2020) menunjukkan bahwa variasi serbuk kaca berpengaruh terhadap daya serap dan porositas beton [6]. Dalam penelitian tersebut, kadar 10% serbuk kaca menjadi variasi optimum dengan daya serap 6,407% dan porositas 14,006%. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kadar tertentu serbuk kaca dapat membantu memperbaiki susunan partikel dan mengurangi rongga dalam beton.

Meskipun demikian, rendahnya daya serap kaca tidak selalu berarti kualitas campuran meningkat. Kaca yang tidak menyerap air dapat menyebabkan air bebas lebih banyak berada dalam campuran. Jika proporsi air tidak dikendalikan, kondisi ini dapat memengaruhi *workability* dan proses ikat semen. Oleh karena itu, penggunaan limbah kaca pada batako perlu memperhatikan rasio air-semen dan proses pemadatan**.**

D. Nilai Tarik

Nilai tarik sangat penting pada batako dengan agregat halus kaca karena sifat dasar kaca yang licin dan tidak berpori rentan menurunkan ikatan antarmuka (adhesi) dengan semen. Parameter ini menentukan tingkat kegetasan, ketahanan retak, serta kemampuan struktur batako dalam menahan beban lentur atau kejut saat dipasang

Alasan Utama Pentingnya Nilai Tarik

- Mencegah Retak Dini: Kaca tidak menyerap air dan memiliki permukaan halus. Kondisi ini membuat ikatan pasta semen dan kaca lebih lemah daripada pasir biasa. Nilai tarik yang cukup memastikan batako tidak mudah retak rambut**.**
- Mengatasi Sifat Getas: Kaca menambah kepadatan mikro sebagai *filler*, tetapi membuat material cenderung lebih rapuh. Pemantauan nilai kuat tarik belah membantu memastikan batako tidak mudah patah saat diangkat atau dipasang.
- Menjaga Keawetan Struktur: Nilai tarik berbanding lurus dengan kemampuan menahan beban lentur sekunder dari pergerakan dinding atau gempa kecil.

Pengaruh Agregat Kaca pada Batako

- Penurunan Jika Berlebih: Substitusi serbuk kaca yang terlalu tinggi (di atas 15–20%) sering menurunkan nilai kuat tarik karena bidang lekat semen-kaca tergelincir.
- Titik Optimal: Kadar substitusi kaca yang tepat (umumnya 15%) justru dapat memberikan nilai kuat tarik optimal karena ukuran partikel kaca halus menutup rongga kosong dengan baik

E. Efisiensi Biaya.

Efisiensi biaya sangat penting dalam pembuatan batako dengan agregat halus kaca karena dapat menekan harga beli pasir alam yang semakin mahal, mengurangi biaya pengelolaan limbah kaca, serta menghasilkan produk alternatif pengganti bata merah yang lebih kompetitif dan ekonomis di pasaran

Alasan Utama Efisiensi Biaya

- Mengurangi Pembelian Pasir: Mengganti sebagian pasir dengan serbuk atau pecahan kaca menurunkan jumlah kebutuhan agregat halus alami yang harganya terus naik.
- Memanfaatkan Limbah Murah: Kaca bekas atau botol rusak sering kali didapat gratis atau sangat murah karena berstatus sebagai sampah anorganik.
- Menekan Harga Jual Batako: Biaya produksi yang lebih rendah membuat harga jual batako lebih murah dan bersaing di industri bangunan.
- Menghemat Biaya Pembuangan: Memakai limbah kaca ikut memangkas biaya kebersihan atau penumpukan sampah di lingkungan**.**

Manfaat Tambahan Lainnya

- Menjaga Lingkungan: Mengubah sampah kaca menjadi bahan bangunan mencegah pencemaran alam karena kaca sulit terurai.
- Kekuatan Stabil: Campuran kaca pada persentase tertentu (misalnya 15% hingga 20%) tetap mampu menjaga atau meningkatkan nilai kuat tekan batako.

J-Sipil : Jurnal Teknologi Dan Ilmiah Teknik Sipil Dan Sains
ISSN : 3089 – 7947
http://j-sipil.unigres.ac.id

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur, limbah kaca adalah :

1. Memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton batako. Potensi tersebut didukung oleh karakteristik kaca yang keras, mengandung silika, dan dapat diolah menjadi serbuk atau pecahan dengan ukuran menyerupai pasir.Penggunaan limbah kaca dalam kadar tertentu dapat menghasilkan kuat tekan yang memenuhi rencana dapat meningkatkan kuat tekan.
2. Hasil penelitian tidak sepenuhnya seragam. Beberapa penelitian menunjukkan penurunan kuat tekan akibat sifat kaca yang licin, non-penyerap air, non-reaktif pada ukuran tertentu, dan gradasi yang kurang baik. Llimbah kaca lebih tepat digunakan sebagai substitusi parsial, bukan pengganti penuh agregat halus.
3. Dari aspek lingkungan, pemanfaatan limbah kaca dapat mengurangi penumpukan limbah anorganik dan mengurangi penggunaan pasir alam.
4. Dari aspek ekonomi, limbah kaca berpotensi menekan biaya bahan apabila proses pengolahan dan distribusinya efisien. Dengan demikian, limbah kaca layak dikembangkan sebagai material alternatif dalam pembuatan beton batako ramah lingkungan, dengan syarat proporsi campuran, gradasi partikel, rasio air-semen, proses pemadatan, dan standar mutu tetap diperhatikan.

Referensi

[1] Z. Z. Ismail and E. A. Al-Hashmi, "Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete," *Waste Management*, vol. 29, no. 2, pp. 655–659, 2009

[2] A. Siddika, A. Hajimohammadi, W. Ferdous, and V. Sahajwalla, "Roles of Waste Glass and the Effect of Process Parameters on the Properties of Sustainable Cement and Geopolymer Concrete—A State-of-the-Art Review," *Polymers*, vol. 13, no. 22, p. 3935, 2021

[3] J. Ahmad, Z. Zhou, K. I. Usanova, N. I. Vatin, and M. A. El-Shorbagy, "A Step towards Concrete with Partial Substitution of Waste Glass (WG) in Concrete: A Review," *Materials*, vol. 15, no. 7, p. 2525doi: 10.3390/ma15072525.

[4] M. R. Olii, I. E.Poe, I. Ichsan, and A. Olii, "Limbah Kaca Sebagai Penganti Sebagian Agregat Halus untuk Beton Ramah Lingkungan," *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 113–124, 2021

[5] İ. B. Topçu and M. Canbaz, "Properties of concrete containing waste glass," *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 2, pp. 267–274, 2004/02/01/ 2004

[6] C. D. Prasetyo, E. S. Sunarsih, and T. L. A. Sucipto, "Kajian Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Fly Ash 30% dari Berat Semen Ditinjau dari Kuat Tarik Belah, Daya Serap dan Porositas Beton " *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, vol. 6, no. 2, pp. 65–77, 2020

[7] J.-X. Lu, B.-J. Zhan, Z.-H. Duan, and C. S. Poon, "Using glass powder to improve the durability of architectural mortar prepared with glass aggregates," *Materials & Design*, vol. 135, pp. 102–111, 2017/12/05/ 2017

[8] S. Qaidi *et al.*, "Concrete Containing Waste Glass as an Environmentally Friendly Aggregate: A Review on Fresh and Mechanical Characteristics," *Materials*, vol. 15, no. 18, p. 6222doi: 10.3390/ma15186222.

[9] A. Shayan and A. Xu, "Value-added utilisation of waste glass in concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 1, pp. 81–89, 2004/01/01/ 2004

[10] J. Silva, J. d. Brito, and R. Veiga, "Incorporation of fine ceramics in mortars," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 1, pp. 556–564, 2009/01/01/ 2009

[11] B. Tangkelayuk, S. R. Tonapa, and L. Febriani, "Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Pada Beton Normal," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 587–597, 2024

[12] M. A. A. Sonita and N. Sandra, "Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 580–583, 2025

[13] K. H. Jamaaluddin and Jafar, "Pengaruh Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus dan Silica Fume Sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Nilai Propertis Mekanik Beton," *Aptek*, vol. 16, no. 2, pp. 160–169, 2024

[14] T. R. Rosiyani, A. Triyani, S. Sintia, and F. Yudaningrum, "Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Bahan Material Pembuatan Beton," *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRIS*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2025

[15] M. F. Muharram and E. Walujodjati, "Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Konstruksi*, vol. 19, no. 2, pp. 410–417, 2022

[16] Masnur, Rahmawati, and H. Widarto, "Analisis Karakteristik Beton dengan Variasi Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Beton Berkelanjutan," *Jurnal Teknik SILITEK*, vol. 5, no. 02, pp. 685–693, 2025

[17] Andriansyah, Hidayati, and C. A. Saputra, "Analisis Campuran Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Kuat Tekan Beton Mutu K-225," *STATIKA: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 9–13, 2023

[18] A. A. Wibawa, A. Rahman, and S. Riyanto, "Analisa Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Modulus Elastisitas dan Kuat Tekan Beton," *JOS-MRK*, vol. 6, no. 4, pp. 315–320, 2025