

Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Limbah Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir

¹Fajar Uwente, ²Rahmani Kadarningsih, ³Komang Arya Utama, ⁴Rifadli Bahsuan
⁵Sartika Dewi Usman

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

e-mail: rahmani.kadarningsih@ulm.ac.id (correspondence email)

Abstrak

Limbah kaca merupakan material yang tidak dapat terurai, sehingga harus diolah atau dipergunakan kembali (*reuse*). Penggunaan limbah kaca sebagai bahan pengganti (substitusi pasir) pada beton dapat menjadi salah satu alternatif pemanfaatan limbah kaca. Selain itu pada material kaca juga memiliki kandungan silika (SiO_2) yang dapat bersifat sebagai pozzolan yang dapat mengikat, sehingga baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton. Penggunaan limbah kaca sebagai bahan substitusi pasir sangat penting untuk memiliki gradasi yang memenuhi persyaratan. Pada penelitian ini digunakan mutu beton rencana sebesar 25 MPa. Persentase pasir yang disubstitusi oleh limbah kaca adalah sebanyak 0%; 7,5%; 10%; 12,5% dan 15%. Berat volume beton meningkat sebanding dengan peningkatan persentasi limbah kaca. Hal ini menunjukkan penggunaan limbah kaca meningkatkan kerapatan beton. Kerapatan tersebut memiliki korelasi dengan kuat tekan beton. Dari hasil analisis pengujian menunjukkan peningkatan berat volume sebanding dengan peningkatan kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa material limbah kaca memiliki sifat agregat halus yang baik dan dapat digunakan sebagai pengganti sebagian pasir. Hal tersebut dikarenakan material limbah kaca memiliki gradasi yang memenuhi persyaratan dan memiliki kandungan silika yang bersifat pozzolan sehingga dapat mengikat.

Kata kunci: limbah kaca, gradasi, substitusi pasir, kuat tekan beton

Abstract

Glass waste is a non-biodegradable material, so it must be processed or reused. Using glass waste as a substitute for sand in concrete can be an alternative use of glass waste. Furthermore, glass also contains silica (SiO_2), which acts as a pozzolan that binds, making it suitable for use as a concrete mixture. The use of glass waste as a sand substitute is crucial for achieving a gradation that meets the requirements. This study used a concrete compression strength of 25 MPa. The percentage of sand substituted by glass waste was 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15%. The concrete volumetric weight increased proportionally with the increase in the glass waste percentage. This indicates that the use of glass waste increases the concrete density. This density is correlated with the concrete compressive strength. The results of the test analysis showed that the increase in volumetric weight was proportional to the increase in concrete compressive strength. This indicates that glass waste material has good fine aggregate properties and can be used as a partial sand replacement. This is because the glass waste material has a gradation that meets the requirements and contains silica which has pozzolanic properties so it can bind.

Keywords: *mglass waste, gradation, sand substitute , concrete compression strength*

Diterima : Oktober 2025
Disetujui : November 2025
Dipublikasi : Desember 2025

©2025 Fajar Uwente, Rahmani Kadarningsih, Komang Arya Utama
Rifadli Bahsuan, Sartika Dewi Usman,
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Saat ini, beton menjadi bahan elemen struktur yang populer karena banyak keunggulannya, seperti tahan terhadap temperatur tinggi, tahan tekan, mudah dibentuk

dengan bekisting, dan lebih murah daripada baja. Beton adalah campuran air, kerikil, dan semen pasir.

Limbah kaca adalah limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat, terutama di kota-kota besar, karena kebutuhan akan kaca. Limbah kaca memiliki efek positif dan negatif dalam kehidupan sehari-hari, dengan efek yang paling negatif adalah ketika limbah yang dihasilkan oleh manusia tidak dapat digunakan kembali atau digunakan kembali, sehingga pada akhirnya dibuang ke tempat pembuangan sampah tanpa diolah. Karena kaca tidak dapat terurai secara alami, hal ini pasti akan mencemari lingkungan.

Pada dasarnya serbuk kaca memiliki kandungan kimia yang hampir sama dengan semen. Mulai dari Silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida atau kapur (CaO). Pada serbuk kaca unsur kimia yang paling banyak kandungannya yaitu silika (SiO_2). Maka serbuk kaca termasuk bahan pozzolan. Pozzolan merupakan bahan yang sebagian besar mengandung silika yang bersifat mengikat. Semakin banyak silika reaktif yang bereaksi dengan kalsium hidroksida maka kuat tekan akan semakin tinggi (Moreira dkk, 2025) (Raza, 2022) (Salim M. U dkk, 2021). Pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi sebagian pasir menjanjikan solusi dari permasalahan limbah dan permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan ini antara lain seperti dapat mengurangi penggunaan agregat alami dengan menggunakan agregat limbah kaca sebagai alternatif yang dapat dipilih. Namun demikian pemakaian limbah kaca dalam beton dapat menyebabkan reaksi alkali silika yang dapat menyebabkan retak pada beton. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam pemanfaatan limbah kaca, meskipun telah ditemukan solusi dari permasalahan ini dengan menggunakan metode curing tertentu (Liu Z. dkk, 2022), (Sun F. dkk, 2020).

Limbah lain yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir adalah limbah bata ringan. Dengan penggunaan bata ringan sebanyak 7% dari pasir dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 19,6% dibandingkan kuat tekan beton tanpa tambahan limbah bata ringan (Priono dan Agustapraja, 2021)

Untuk memanfaatkan limbah kaca salah satu alternatif yang bisa dilakukan adalah mengolah limbah kaca tersebut menjadi pengganti material pasir pada campuran beton. Dilihat dari ukurannya, material kaca memiliki karakteristik ukuran yang memenuhi persyaratan gradasi pasir. Seperti yang dijelaskan di atas material kaca juga memiliki sifat pozzolan yang mengandung silika dan bersifat mengikat.

Pentingnya pengelolaan limbah khususnya limbah kaca yang semakin banyak jumlahnya dan untuk meningkatkan manfaatnya menjadi alasan dilakukannya penelitian ini. Limbah kaca seperti yang dijelaskan di atas memiliki sifat yang baik untuk digunakan

sebagai agregat halus dan memiliki sifat pozzolan, sehingga diharapkan dapat menjadi bahan penyusun beton dengan karakteristik yang baik.

Metode Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian bahan

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui spesifikasi bahan pengujian yang akan digunakan apakah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pada pengujian bahan untuk pengumpulan data ini yang akan dilakukan pengujian yaitu agregat kasar (batu pecah), agregat halus (Pasir) dan limbah kaca botol.

Pengujian yang dilakukan meliputi kadar air agregat, berat jenis, analisis saringan agregat, keausan agregat, berat isi agregat, kadar lumpur, bahan lolos saringan No.200.

2. Perencanaan campuran (mix desain)

Data hasil pengujian diperiksa terhadap persyaratan material SNI 03-2834:2000. Data yang di peroleh akan diolah untuk perencanaan campuran (mix design) beton mutu 25 Mpa. Variasi presentase kaca yang digunakan sebagai bahan substitusi pasir adalah 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dari berat pasir. Perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Mix design beton dengan limbah kaca

No.	Persen limbah kaca (%)	Kaca (kg)	Agregat halus (kg)	Air (l)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)
1	0%	-	14,55	4,73	9,78	26 ,45
2	7,5%	1,091	13,45	4,73	9,78	26 ,45
3	10%	1,455	13,09	5	9,78	26,45
4	12,5%	1,818	27,73	5,2	9,78	26,45
5	15%	2,182	12,36	5,4	9,78	26,45

3. Pembuatan benda uji

Dari hasil mix design diperoleh komposisi bahan semen, batu pecah pasir dan limbah kaca. Limbah kaca yang digunakan sebagai bahan substitusi pasir adalah limbah kaca yang memenuhi persyaratan gradasi pasir seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum digunakan limbah kaca dibersihkan dan diseleksi meskipun tanpa melalui proses pencucian. Pada pembuatan campuran beton, sebelum penuangan beton dalam silinder maka harus dilakukan slump test tujuannya untuk mengetahui kekentalan pada campuran beton agar sesuai syarat perencanaan. Benda uji yang keseluruhan berjumlah 15 sampel, dimana setiap variasi digunakan 3 buah sampel.



Gambar 1. Material limbah kaca sebagai substitusi pasir

4. Pengujian kuat tekan beton.

Pada pengujian kuat tekan beton akan dilakukan setelah umur 28 hari perendaman. Benda uji beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan. Kemudian dilakukan penimbangan dan mencatat hasil berat sampel. Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan alat uji kuat tekan (Compression Testing Machine) di Laboratorium Teknik Sipil UNG.

5. Analisis data hasil pengujian

Data hasil pengujian berupa berat volume sampel dan kuat tekan rata-rata setiap variasi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

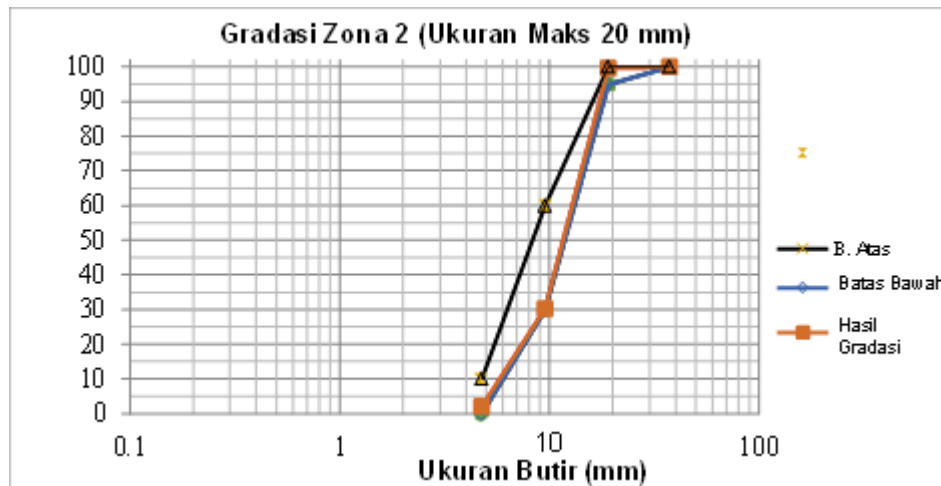
Hasil pengujian terdiri dari hasil pengujian agregat kasar, agregat halus, kaca dan pengujian beton. Hasil pengujian agregat harus memenuhi persyaratan agar dapat dicapai mutu beton rencana. Sedangkan hasil pengujian beton dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi limbah kaca terhadap pasir.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pada bagian ini, akan disajikan hasil pengujian agregat kasar yang mencakup berbagai parameter penting, seperti kadar air, kadar lumpur, berat isi, berat jenis, keausan, dan analisis saringan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton, serta memastikan bahwa material tersebut memenuhi standar yang ditetapkan. Hasil- hasil yang diperoleh akan dianalisis untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik fisik agregat dan kelayakannya dalam aplikasi campuran beton. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) yang telah dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar yang telah dilakukan menunjukkan bahwa material agregat kasar berupa batu pecah layak digunakan dalam campuran beton, hal ini ditunjukkan pada hasil-hasil pengujian yang telah memenuhi syarat- syarat yang ditentukan. Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar menunjukkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan termasuk ke dalam zona 2 dengan ukuran maksimum butir adalah 20 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



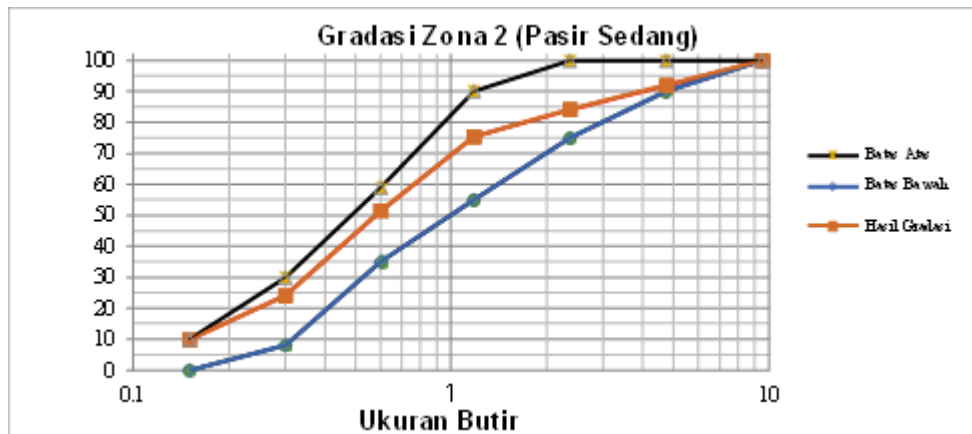
Gambar 2. Grafik Distribusi Ukuran Agregat Kasar

Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir). Hasil menunjukkan bahwa semua parameter yang diuji pada material agregat halus berupa pasir layak digunakan dalam campuran beton sesuai dengan standar yang berlaku. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus menunjukkan bahwa semua parameter yang diuji memenuhi syarat-syarat yang ditentukan. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus menunjukkan bahwa agregat halus termasuk ke dalam zona 2 (pasir sedang) seperti ditunjukkan Gambar 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

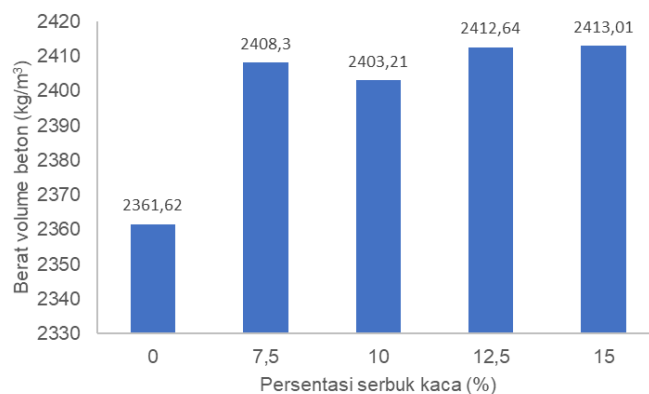
No.	Jenis Pengujian	Syarat (ASTM / SNI)	Hasil Pengujian Agregat Halus
1	Kadar Air	0,5-2,0 (%)	2,72%
2	Kadar Lumpur	Max 3%	2,72%
3	Berat Volume		
	a. Kondisi Padat	1,4 - 1,9 gr/cm ³	1,51 gr/cm ³
	b. Kondisi Gembur	1,4 - 1,9 gr/cm ³	1,52 gr/cm ³
4	Absorpsi	-	0,77
5	Berat Jenis		
	c. BJ Bulk	Min 2,5	2,57
	d. BJ Kering Permukaan	Min 2,5	2,59
	e. BJ Semu	Min 2,5	2,63



Gambar 3. Grafik Distribusi Ukuran Butiran Agregat Halus

Pengaruh Material Serbuk Kaca Terhadap Berat Beton

Pemeriksaan berat beton normal, variasi 1, variasi 2, variasi 3, dan variasi 4, variasi 5. dilakukan pada saat beton sudah mencapai waktu perendaman yang telah ditentukan, waktu perendaman adalah 28 hari, kemudian dibiarkan pada suhu ruangan selama 4 jam maksimal 6 jam, kemudian beton dibersihkan permukaannya dan akan di lakukannya penimbangan sampel beton. Hasil pemeriksaan berat sampel beton akan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Berat volume beton

Berdasarkan pemeriksaan berat volume beton menunjukkan bahwa penggunaan limbah kaca sebagai substitusi pasir meningkatkan berat volume beton. Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah kaca memiliki kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa limbah kaca. Kerapatan yang lebih tinggi tersebut kemungkinan akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton (Kusuma M. W., Sunarsih E. S., Sucipto T. L. A., 2020).

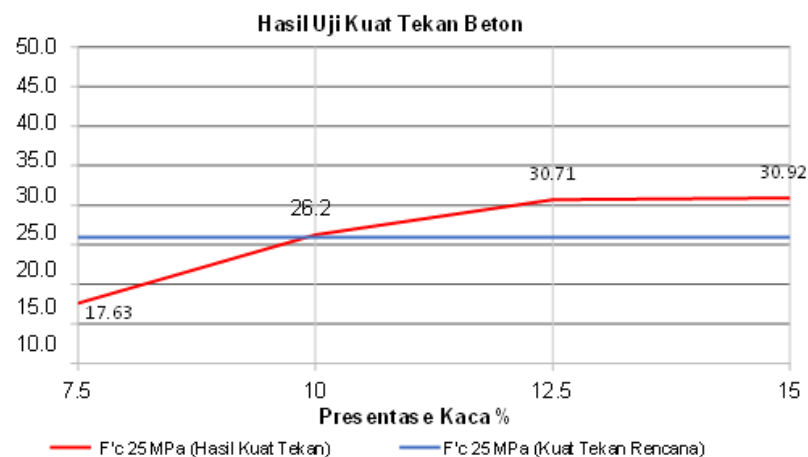
Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berumur 28 hari dengan kuat tekan rencana f'_c 25 MPa menggunakan alat uji kuat tekan beton Compression Testing

Machine (CTM). Standar pengujian yang dilakukan mengacu pada SNI 1974-2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan

Variasi Serbuk Kaca	Sampel	Hasil Uji Kuat Tekan	Rata- Rata Kuat Tekan
		(MPa)	(MPa)
0%	S1	25,36	25.93
	S2	27,57	
	S3	24,85	
V1 7,5%	S1	17,76	17,76
	S2	18,44	
	S3	17,08	
V2 10%	S1	24,90	26,25
	S2	26,02	
	S3	27,84	
V3 12,5%	S1	31,00	30,71
	S2	29,56	
	S3	31,57	
V4 15%	S1	28,96	30,92
	S2	34,56	
	S3	29,25	



Gambar 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara persentase penggantian serbuk kaca terhadap pasir dengan kuat tekan beton. Terlihat bahwa pada penambahan 7,5% serbuk kaca, kuat tekan beton hanya mencapai 17,63 MPa, berada jauh di bawah kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Namun, pada 10% serbuk kaca, kuat tekan meningkat signifikan menjadi 26,25 MPa dan telah melampaui target rencana. Kuat tekan terus mengalami peningkatan hingga mencapai nilai tertinggi pada persentase 15%, yaitu sebesar 30,92 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kaca sebagai

bahan substitusi dapat meningkatkan kuat tekan beton, terutama pada persentase 10% hingga 15% atau lebih, yang seluruhnya melampaui standar kuat tekan rencana ($F'_c = 25 \text{ MPa}$) (Jahami, A., Khatib, J., & Raydan, R., 2022) (Qaidi S. dkk, 2022), (Govardhan N. B., Nakkeeran, G., & Dipankar R., 2024), (Safi, H. U., Bahsoodi M. M., Sharif M. N., 2024), Peningkatan kuat tekan beton menunjukkan bahwa substitusi limbah kaca memiliki karakteristik sebagai agregat halus yang baik dan dapat digunakan sebagai bahan substitusi atau pengganti sebagian pasir. [Ahmed, K. S., & Rana, L. R. 2023]. Hal ini dikarenakan gradasi limbah kaca memenuhi persyaratan gradasi agregat halus (Hayu G. A. dkk, 2024). Namun demikian penggantian seluruh agregat halus dengan menggunakan kaca belum bisa dipastikan dapat dilakukan karena sifat kaca yang tidak porous jika dibandingkan dengan pasir (Younsi A. dkk, 2023).

Kesimpulan

Dari hasil analisis pengujian yang dilakukan dengan mengganti sebagian pasir dengan limbah kaca dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton meningkat dengan adanya substitusi sebagian pasir dengan limbah kaca. Kuat tekan beton meningkat berbanding lurus dengan persentase limbah kaca. Meskipun dalam penelitian ini terjadi penurunan kuat tekan pada penggunaan limbah kaca sebanyak 7,5%. Kuat tekan maksimum terdapat pada sampel dengan persentase limbah kaca sebanyak 15%. Hal ini dikarenakan limbah kaca memiliki sifat agregat halus yang baik dan memenuhi persyaratan gradasi. Selain itu limbah kaca memiliki sifat pozzolan yang bersifat mengikat.
2. Berat volume beton dengan substitusi limbah kaca meningkat berbanding lurus dengan persentase limbah kaca. Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah kaca terhadap pasir memiliki kerapatan yang baik. Peningkatan berat volume sampel beton dengan limbah kaca memiliki korelasi terhadap kuat tekan beton. Dari analisis hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar berat volume beton maka kuat tekannya juga semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- Ahmed, K. S., & Rana, L. R. (2023). Fresh and hardened properties of concrete containing recycled waste glass: A review. *Journal of Building Engineering*, 70, 106327. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106327>
- Jahami, A., Khatib, J., & Raydan, R. (2022). Production of low-cost, high-strength concrete with waste glass as fine aggregates replacement. *Buildings*, 12(12), 2168. <https://doi.org/10.3390/buildings12122168>

- ASTM International (2015). Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate. Technical report
- ASTM International (2020a). Performance examination - aggregate standard test method for bulk density ("unit weight") and voids. Technical Report Performance Examination
- ASTM International (2020c). Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate technical report
- Govardhan N. B., Nakkeeran, G., & Dipankar R., (2024). Recycling glass waste into concrete aggregates: Enhancing mechanical properties and sustainability. *Asian Journal of Civil Engineering*, 26, 1–19 (Issue 2025). <https://doi.org/10.1007/s42107-024-01181-y>
- Kusuma M. W., Sunarsih E. S., Sucipto T. L. A. (2020). Pemanfaatan limbah kaca sebagai pengganti sebagian volume pasir dan fly ash 20% sebagai bahan pengganti semen ditinjau dari kuat tekan dan berat jenis beton dalam lingkungan agresi sulfat 5%. *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, 6(2). 24-31. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i2.53664>
- Liu, Z., Shi, C., Shi, Q., Tan, X., & Meng, W. (2022). Recycling waste glass aggregate in concrete: Mitigation of alkali–silica reaction (ASR) by carbonation curing. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133545. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133545>
- Moreira, O., Camões, A., Malheiro, R., & Ribeiro, M. (2025). High-volume glass powder concrete as an alternative to high-volume fly ash concrete. *Sustainability*, 17(9), 4142. <https://doi.org/10.3390/su17094142>
- Moreira, B. A. S., Pereira, E., Santos, G., & Lopes, A. (2025). Mechanical and durability performance of mortar with high-volume recycled waste glass powder. *Sustainability*, 17(8), 3852. <https://doi.org/10.3390/su17083852>
- Priyono, S. A. & Agustapraja, H. R. (2021). Limbah bata ringan untuk bahan campuran agregat halus terhadap kuat tekan pada beton K-250. *Jurnal Teknik*, 19(1), 23-31. <https://doi.org/10.37031/jt.v18i1>.
- Qaidi, S. M. A., Najm, H. M., Abed, S. M., Özkılıç, Y. O., Al Dughaishi, H., Alost, M., ... Milad, A. (2022). Concrete containing waste glass as an environmentally friendly aggregate: A review on fresh and mechanical characteristics. *Materials*, 15(18), 6222. <https://doi.org/10.3390/ma15186222>
- Raza A. (2022) Mechanical performance of lean mortar by using waste glass powder as a replacement of cement. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 10(8), 1447-1453. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.46424>

- Salim M. H., Mosaberpanah M. A. (2021). Mechanical and durability properties of high performance mortar containing binary mixes of cenosphere and waste glass powder under different curing regimes. *Journal of Materials Research and Technology*, 13, 602-617. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.077>
- Safi, H. U., Behsoodi, M. M., & Sharifi, M. N. (2024). A comparative analysis of compressive and flexural strength in concrete with partial cement replacement using waste glass powder. *Indonesian Journal of Material Research*, 2(1), 17-22 <https://doi.org/10.26554/ijmr.20242120>
- SNI 03-2834:2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Badan Standarisasi Nasional
- Sun, Q., Dong, Q., Luo, Y., & Wu, T. (2020). Alkali–silica reaction and strength of concrete with pretreated glass fine aggregate. *Construction and Building Materials*, 258, 119605. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119605>
- Tatanka I. M., Bali I., Sudjarmiko E. T., (2024). Mechanical Properties of Concrete with Recycled Bottle Glass Powder Substitute. *PRESUASIVE Civil Engineering Journal*, 2(1), 1-7
- Younsi, A., Mahi, M. A., Hamami, A. E. A., Belarbi, R., & Bastidas-Arteaga, E. (2023). High-volume recycled waste glass powder cement-based materials: Role of glass powder granularity. *Buildings*, 13(7), 1783. <https://doi.org/10.3390/buildings13071783>