

Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca dan Limbah Serbuk Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Paving Block

Tsaqifudien Adani¹, Dewi Handayani^{2,3}, Willy Anastasya Ilonka^{4*}

¹Sekolah Vokasi, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia 57126

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia, 57126

³Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) - Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia, 57126

⁴Program Magister Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia 57126

Received: February 29, 2024

Accepted: March 31, 2024

Abstract

The growing population in Indonesia also affects the development of transportation facilities. The development of transportation facilities requires adequate infrastructure. Paving block is one type of road infrastructure that is often used. This affects the amount of paving block production which also increases. Natural materials are materials for making paving blocks that are explored continuously. At the same time the use of explored materials produces large amounts of waste. Glass powder waste and ceramic powder waste have the potential as a substitute for fine aggregate for making paving blocks. This study aims to determine the optimum compressive strength and absorption obtained by paving block variations of glass powder waste by 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% and ceramic powder waste by 30%. Using the experimental method, the highest compressive strength of 12.5% glass waste and 30% ceramic waste is 11.17 MPa and the lowest absorption of 12.5% glass waste and 30% ceramic waste is 6.67%.

Keywords: Waste glass powder, Waste ceramic powder, Paving block, Compressive strength, Absorbency

Abstrak

Berkembangnya populasi di Indonesia juga berpengaruh pada perkembangan sarana transportasi. Perkembangan sarana transportasi memerlukan infrastruktur yang memadai. Paving block merupakan salah satu tipe infrastruktur jalan yang sering digunakan. Hal tersebut berpengaruh terhadap jumlah produksi paving block yang ikut meningkat. Bahan alam merupakan bahan pembuatan paving block yang dieksplorasi secara terus menerus. Saat bersamaan penggunaan material yang dieksplorasi menghasilkan limbah yang dibuang dalam jumlah besar. Limbah serbuk kaca dan limbah serbuk keramik berpotensi sebagai substitusi agregat halus pembuatan paving block. Penelitian ini bertujuan mengetahui kuat tekan dan daya serap optimum yang didapatkan paving block variasi limbah serbuk kaca sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan limbah serbuk keramik sebesar 30%. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen, di dapatkan hasil kuat tekan tertinggi 12,5% limbah kaca dan 30% limbah keramik yaitu sebesar 11,17 MPa dan daya serap terendah 12,5% limbah kaca dan 30% limbah keramik yaitu sebesar 6,67%.

Kata kunci: Limbah serbuk kaca; Limbah serbuk keramik; Paving block; Kuat tekan; Daya serap

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan kendaraan sebagai sarana transportasi. Sarana transportasi sendiri memerlukan infrastruktur jalan yang baik. Ada tiga jenis sistem desain perkerasan jalan, yaitu perkerasan lentur, *paving block* dan perkerasan kaku (Mudjanarko et al, 2020).

* Corresponding Author: w.anastasyailonka@gmail.com

Cite this as: Adani, T., Handayani, D., Ilonka, W. (2023, September). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca dan Limbah Serbuk Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Paving Block. *Enviro: Journal of Tropical Environmental Research*, 25(2), 10-9. doi: <https://doi.org/10.20961/enviro.v25i2.85074>

Paving block banyak digunakan di trotoar pejalan kaki, jalan raya, kawasan industri, apron bandara, pelabuhan dan *taxiway* (Jamshidi et al, 2016).

Paving block atau *paver block* adalah salah satu produk beton yang umum digunakan saat ini. Beton adalah produk yang paling banyak dikonsumsi kedua di dunia setelah air (Van Oss, 2007), dengan perkiraan 3 ton per tahun untuk setiap individu (Gagg, 2014). Salah satu komposisi beton adalah agregat kasar dan halus dengan menggunakan agregat alami. Pada tahun 2010 saja, konsumsi pasir mencapai 630 juta ton dan pada tahun 2020, diproyeksikan sekitar 1,4 miliar pasir ekstraksi pasir yang dibutuhkan (Patil dan Sathe, 2020). Hal ini termasuk kegiatan penambangan semen dan pasir, seperti serta ekstraksi agregat kasar seperti granit, yang menyebabkan menipisnya sumber daya alam (Mo et al, 2016). Pada saat yang sama, berbagai produk sampingan industri bahan limbah diproduksi dan dibuang dalam jumlah yang lebih besar. Tanpa pengelolaan yang tepat seperti daur ulang dan penggunaan kembali, bahan limbah ini sering kali dibuang ke tempat pembuangan akhir atau dibakar (Karade 2010) (Xuan et al, 2018). Pentingnya penggunaan limbah dan alternatif lain dalam produksi beton secara teknis berimplikasi pada peningkatan kinerja beton (Aliabdo et al, 2014).

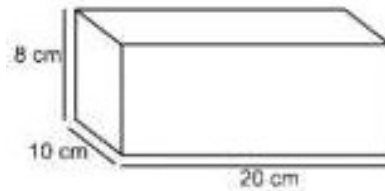
Selama 15 tahun terakhir, Brasil melipatgandakan produksi ubin keramik dan saat ini menjadi produsen terbesar kedua di dunia, dengan produksi 913 juta meter persegi pada tahun 2013 (ANFACER, 2014). Perusahaan-perusahaan yang berlokasi di negara bagian Sao Paulo merupakan fitur penting dari industri ubin keramik adalah tingginya konsumsi energi, bahan, dan produksi limbah (Ibáñez-Forés et al, 2013) (Huang et al, 2013) (Gabaldón-Estevan et al, 2014). Cheng et al. (2014) dan Jacoby et al (2015) mencatat bahwa volume limbah yang tinggi dihasilkan oleh perusahaan keramik. Studi tentang daur ulang limbah keramik melibatkan penggunaan isolator listrik keramik dan limbah saniter sebagai agregat kasar pada beton (Senthamarai et al, 2011) (Medina et al, 2012) (Halicka et al, 2013), penggunaan agregat kasar dan halus serta serbuk keramik yang diperoleh dari limbah keramik yang dihancurkan pada beton (Pacheco-Torgal dan Jalali, 2010), dan penggunaan limbah lumpur dari produksi ubin keramik (mengandung partikel kasar dan halus) untuk pembuatan *paving block* (Wattanasiriwech et al, 2009).

Sekitar 200 juta ton gelas dibuang ke TPA di seluruh dunia per tahun (Mirzahosseini dan Riding, 2015). Lebih dari 80% berat total gelas yang dibuang terdiri dari gelas soda-kapur, yang biasa digunakan untuk produksi botol minuman (Shi dan Zheng, 2007). Wadah gelas minuman adalah produk buatan manusia yang terbuat dari kombinasi abu soda, batu kapur dan pasir yang juga dikenal sebagai gelas soda-kapur (Lu et al, 2019b). Gelas soda-kapur umumnya terdiri dari 5-15% CaO, 10-20% Na₂O, dan 70-75% SiO₂ (Shelby, 2020). Karena kekuatan intrinsiknya yang tinggi dan bersifat inert secara kimiawi, ini memiliki berpotensi tinggi untuk digunakan sebagai bahan baku sekunder. (Lu et al, 2019b). Johnson (1974) melakukan studi eksperimental parametrik untuk memproduksi *paving block* menggunakan limbah kaca sebagai agregat halus dan kasar. Shayan dan Xu (2004) melaporkan serbuk kaca halus untuk dimasukkan ke dalam beton hingga 30% sebagai bahan pozzolan yang menekan Reaksi Alkali Silika.

Dilihat dari pembahasan di atas peneliti melakukan eksperimen limbah serbuk kaca dan limbah serbuk keramik substitusi agregat halus pembuatan *paving block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan daya serap optimum pada paving block dengan menggunakan material limbah sebagai substitusi agregat halus.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *paving block* dengan jenis *holand* atau berbentuk persegi panjang. *Paving block* memiliki dimensi panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 8 cm dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi *Paving Block*

Pembuatan *paving block* menggunakan variasi penambahan limbah serbuk kaca sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% dari berat pasir, dan limbah serbuk keramik sebesar 30% dari berat pasir. Menggunakan sampel sebanyak 30 buah yang terdiri dari 6 buah di setiap variasi. Sebagai contoh, berikut adalah langkah pengerjaan proses pembuatan *paving block*:

1. Menyiapkan bahan campuran yaitu semen, pasir, air dan bahan tambah (limbah serbuk kaca dan limbah serbuk keramik).
2. Menyiapkan alat yang dibutuhkan yaitu cetakan, mesin press, cangkul, sekop, dan cetok.
3. Melakukan proses pencampuran agregat dan bahan tambah pengganti pasir berdasarkan masing – masing variasi campuran yang telah direncanakan.
4. Menuangkan air kerja pada campuran agregat lalu mengaduk adonan campuran hingga menjadi homogen. Adonan tidak boleh terlalu kering atau pun terlalu basah.
5. Menuangkan adonan kering lalu kemudian menuangkan campuran adonan basah ke dalam cetakan lalu ditekan dengan menggunakan mesin press.
6. Angkat alat cetakan lalu diletakkan di tempat kering.
7. Jika *paving block* sudah mengering, perawatan di lakukan dengan menyirami *paving block* minimal sehari dua kali.



Gambar 2. Dimensi *Paving Block*

Metode memaparkan secara rinci tentang jenis/rancangan kegiatan yang dilaksanakan, tempat dan waktu pelaksanaan, metode serta langkah-langkah pelaksanaan dan pengukuran indikator keberhasilan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis bertujuan untuk mendapatkan berat jenis pasir, volume dalam kondisi padat maupun gembur. Berat dan volume bejana dibandingkan untuk melakukan pengujian ini. Hasil pemeriksaan ini dapat dilihat pada tabel Tabel 1., Tabel 2., dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Kondisi Pengujian	Berat Agregat (gr)	Volume Wadah (cm ³)	Berat Satuan (gr/cm ³)
Kondisi Padat	2.938	1571,42	1,86
Kondisi Lepas	2.598	1571,42	1,65

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Limbah Kaca

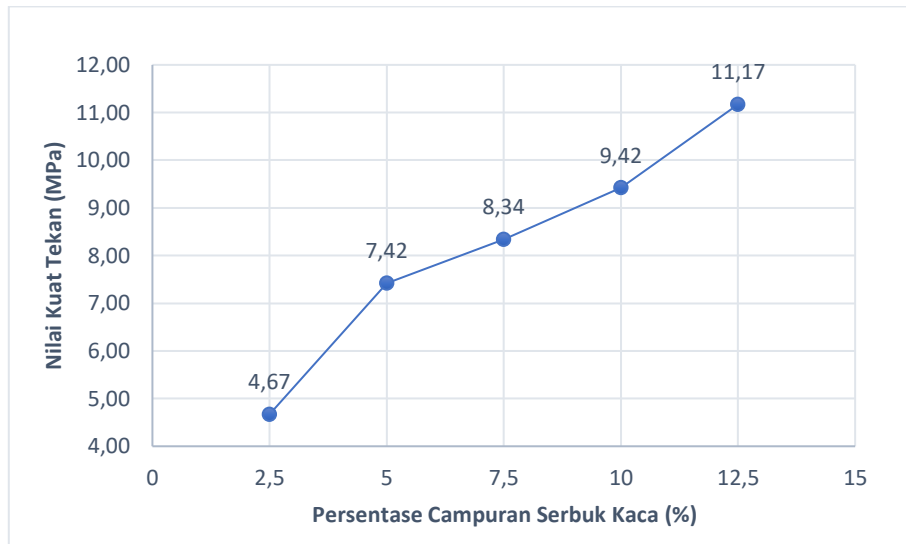
Kondisi Pengujian	Berat Agregat (gr)	Volume Wadah (cm ³)	Berat Satuan (gr/cm ³)
Kondisi Padat	2.568	1571,42	1,63
Kondisi Lepas	2.388	1571,42	1,51

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Limbah Keramik

Kondisi Pengujian	Berat Agregat (gr)	Volume Wadah (cm ³)	Berat Satuan (gr/cm ³)
Kondisi Padat	2.538	1571,42	1,61
Kondisi Lepas	1.878	1571,42	1,19

Pengujian Kuat Tekan Paving Block

Setelah berumur 28 hari maka dilakukan pengujian kuat tekan. Terdapat 30 benda uji, dengan 6 buah untuk setiap variasi. Grafik nilai kuat tekan *paving block* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Paving Block

Ketika limbah serbuk kaca dan limbah serbuk keramik digunakan sebagai pengganti pasir, kekuatan tekan paving block meningkat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Karena limbah serbuk keramik mengandung unsur semen, yang dapat memperkuat ikatan antara material pasir dan semen, nilai kuat tekan meningkat. Dengan perbandingan campuran semen dan pasir 1:3, campuran serbuk kaca 12,5% dan limbah serbuk keramik 30% mencapai nilai tekan tertinggi 11,17 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, paving blok dikategorikan ke dalam kategori D, yang berarti bahwa paving blok dapat digunakan di taman.

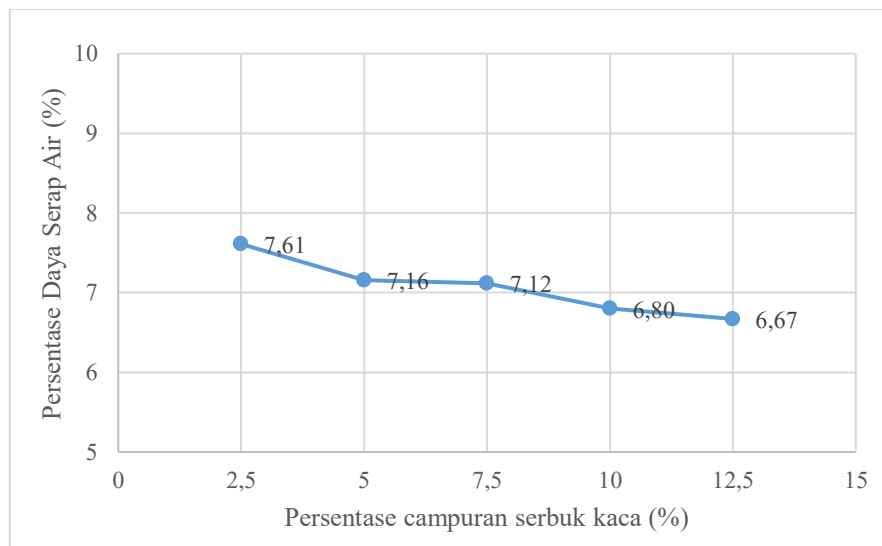
Pengujian Daya Serap Air Paving Block

Sampel yang di uji sebanyak 30 buah dengan 6 buah per variasi, digunakan untuk menguji penyerapan air paving block pada umur 28 hari. Berikut adalah rumus untuk menghitung daya serap paving block.

Berat Basah (A) = A kg

Berat Kering (B) = B kg

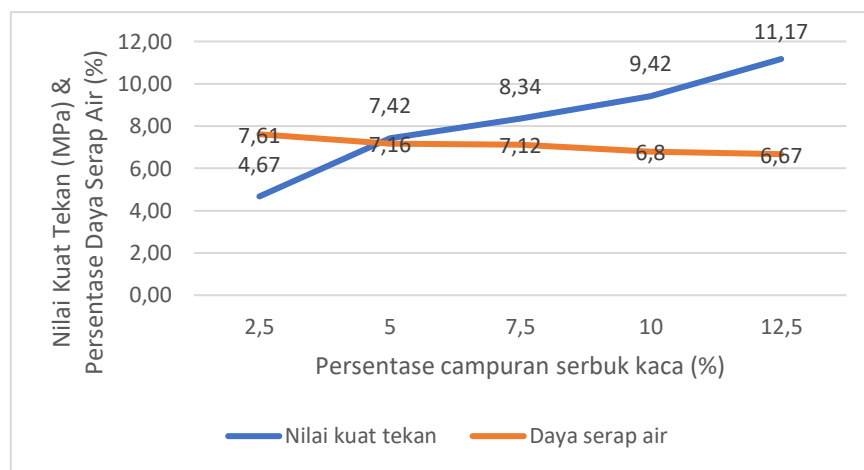
Penyerapan air = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$ (1)



Gambar 2. Grafik Nilai Daya Serap Air Rata-rata Paving Block

Gambar 3. diatas, daya serap berkurang setiap terjadi penambahan persentase limbah serbuk kaca. Hal tersebut dikarenakan sifat limbah serbuk kaca yang tidak menyerap air. Persentase terendah nilai daya serap air diperoleh pada campuran limbah kaca 12,5% dan limbah keramik 30% dengan nilai sebesar 6.67% yang dapat digolongkan ke dalam mutu C yang artinya *paving block* dapat digunakan untuk pejalan kaki.

Pada penelitian terdahulu Menurut Adaway dan Wang (2015), kuat tekan maksimum 58,5 MPa dicapai pada Penggantian 30%, yang mana 6% lebih besar dari beton kontrol. Lee et al (2013) menunjukkan bahwa kuat tekan 28 hari kuat tekan 28 hari dari campuran beton yang mengandung 100% limbah kaca (kurang kurang dari 0,6 mm) yang mengalami perawatan udara dan perawatan air adalah 7,6% dan 34,3% lebih tinggi dari kontrol. Tuncan et al (2001) menunjukkan penambahan serbuk kaca bekas (15%) ke dalam beton meningkatkan kuat tekan beton sebanyak 13%. Park et al (2000) meneliti penambahan 30% limbah kaca dengan ukuran 0-5 mm ke dalam beton menurunkan kuat tekan beton sebesar 4%.



Gambar 3. Grafik Kombinasi Nilai Kuat Tekan dan Daya Serap Air pada Benda Uji *Paving Block*.

Berdasarkan Gambar 3. diatas, dapat dilihat bahwa penambahan serbuk limbah kaca berpengaruh kepada semakin meningkatnya mutu *paving block* yang dihasilkan. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan *paving block* naik berbanding lurus dengan penambahan limbah serbuk kaca, sedangkan persentase daya serap air *paving block* turun berbanding terbalik dengan penambahan limbah serbuk kaca yang berarti kualitas mutu *paving block* yang dihasilkan semakin bagus.

SIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang dapat dibuat berdasarkan hasil penelitian dan diskusi, yaitu: *Paving block* memiliki kekuatan tekan tertinggi karena campuran limbah serbuk kaca 12,5 persen dan limbah serbuk keramik 30%, yang mencapai 11,17 MPa, termasuk ke dalam golongan mutu D, yang berarti bahwa *paving block* dapat digunakan untuk taman menurut SNI 03-0691-1996. *Paving block* campuran 12,5% limbah serbuk kaca dan 30% limbah serbuk memberikan nilai rata-rata daya serap 6,67%, termasuk ke dalam golongan mutu C, yang berarti bahwa *paving blok* dapat digunakan untuk pejalan kaki menurut SNI 03-0691-1996.

DAFTAR PUSTAKA

- Adaway, M., & Wang, Y. J. E. J. O. S. E. (2015). Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete—Effects on compressive strength. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 14(1), 116-122.
- Aliabdo, A. A., Abd Elmoaty, M., & Auda, E. M. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and building materials*, 50, 28-41.

- ANFACER (National Association of Ceramic Tile and Congeners Manufacturers of Brazil), 2014. Brazilian Ceramic Sector Forecasts 6% Growth in 2013. <https://www.anfacer.org.br/site?idConteudo=2369> (accessed 28.02.23). [in Portuguese].
- Cheng, Y., Huang, F., Li, G. L., Xu, L., & Hou, J. (2014). Test research on effects of ceramic polishing powder on carbonation and sulphate-corrosion resistance of concrete. *Construction and building materials*, 55, 440-446.
- Gabaldón-Estevan, D., Criado, E., & Monfort, E. (2014). The green factor in European manufacturing: a case study of the Spanish ceramic tile industry. *Journal of Cleaner Production*, 70, 242-250.
- Gagg, C. R. (2014). Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*, 40, 114-140.
- Halicka, A., Ogrodnik, P., & Zegardlo, B. (2013). Using ceramic sanitary ware waste as concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 48, 295-305.
- Huang, Y., Luo, J., & Xia, B. (2013). Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant—a case study in Guangzhou, China. *Journal of Cleaner Production*, 43, 113-121.
- Ibáñez-Forés, V., Bovea, M. D., & Azapagic, A. (2013). Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tiles industry. *Journal of Cleaner Production*, 51, 162-176.
- Indonesia, B. S. N. (1996). Bata beton (Paving block). *Badan Standardisasi Nasional, Bandung*.
- Jacoby, P. C., & Pelisser, F. (2015). Pozzolanic effect of porcelain polishing residue in Portland cement. *Journal of Cleaner Production*, 100, 84-88.
- Jamshidi, A., Kurumisawa, K., Nawa, T., & Igarashi, T. (2016). Performance of pavements incorporating waste glass: The current state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 211-236.
- Johnston, C. D. (1974). Waste glass as coarse aggregate for concrete. *Journal of Testing and Evaluation*, 2(5), 344-350.
- Karade, S. R. (2010). Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and building materials*, 24(8), 1323-1330.
- Lee, G., Poon, C. S., Wong, Y. L., & Ling, T. C. (2013). Effects of recycled fine glass aggregates on the properties of dry-mixed concrete blocks. *Construction and building materials*, 38, 638-643.
- Lu, J. X., Zheng, H., Yang, S., He, P., & Poon, C. S. (2019). Co-utilization of waste glass cullet and glass powder in precast concrete products. *Construction and Building Materials*, 223, 210-220.
- Medina, C., De Rojas, M. S., & Frías, M. (2012). Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes. *Cement and concrete composites*, 34(1), 48-54.
- Mirzahosseini, M., & Riding, K. A. (2015). Influence of different particle sizes on reactivity of finely ground glass as supplementary cementitious material (SCM). *Cement and Concrete Composites*, 56, 95-105.
- Mo, K. H., Alengaram, U. J., Jumaat, M. Z., Yap, S. P., & Lee, S. C. (2016). Green concrete partially comprised of farming waste residues: a review. *Journal of Cleaner Production*, 117, 122-138.
- Mudjanarko, S. W., Limantara, A. D., Mayestino, M., Sutrisno, A. E. A., Ibrahim, M. H. W., & Wiwoho, F. P. (2020, July). The Utilization of Bamboo Innovation as Aggregate Substitute for Paving Block. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1573, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2010). Reusing ceramic wastes in concrete. *Construction and building materials*, 24(5), 832-838.
- Park, S. B. (2000). Development of recycling and treatment technologies for construction wastes. *Ministry of Construction and Transportation, Seoul, Tech. Rep.*
- Patil, A. R., & Sathe, S. B. (2021). Feasibility of sustainable construction materials for concrete paving blocks: A review on waste foundry sand and other materials. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1552-1561.

-
- Senthamarai, R. M., Manoharan, P. D., & Gobinath, D. (2011). Concrete made from ceramic industry waste: Durability properties. *Construction and Building Materials*, 25(5), 2413-2419.
- Shayan, A., & Xu, A. (2004). Value-added utilisation of waste glass in concrete. *Cement and concrete research*, 34(1), 81-89.
- Shelby, J. E. (2020). *Introduction to glass science and technology*. Royal society of chemistry.
- Shi, C., & Zheng, K. (2007). A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete. *Resources, conservation and recycling*, 52(2), 234-247.
- Tuncan, M., Karasu, B., & Yalcin, M. (2001, June). The suitability for using glass and fly ash in Portland cement concrete. In *ISOPE International Ocean and Polar Engineering Conference* (pp. ISOPE-I). ISOPE.
- Van Oss, H. G. (2007). Mineral commodity summaries. *US Geological Survey: Reston, VA, USA*, 200.
- Wattanasiriwech, D., Saiton, A., & Wattanasiriwech, S. (2009). Paving blocks from ceramic tile production waste. *Journal of Cleaner Production*, 17(18), 1663-1668.
- Xuan, D., Poon, C. S., & Zheng, W. (2018). Management and sustainable utilization of processing wastes from ready-mixed concrete plants in construction: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 238-247.