Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik
Volume 4, Nomor 1, April 2025
p-ISSN: 2829-0178; e-ISSN: 2829-016X, Hal. 374-383
DOI: https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i1.4937
Available Online at: https://prin.or.id/index.php/JURRITEK

Inovasi Material Beton Berbasis Limbah : Studi Pengaruh terhadap Kuat Tekan

Diah Sarasanty[1*], Erna Tri Asmorowati[2]
[1-2] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Jabon No.KM.0,7, Tambak Rejo, Gayaman, Kec. Mojoanyar, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur 61364
**Korespondensi penulis: diahsarasanty@gmail.com*

Abstract*. One of the impacts of the growth of activities in the transportation sector is the disposal of rubber tire waste. The increasing number of motorized vehicles in society has caused an increase in tire waste. Especially in developing countries, the use of plastic bottles has become an inevitable and unavoidable necessity for society. Inadequate waste management and handling causes negative impacts on the environment, such as hazards to human health, to animal life, soil, water, and air pollution. The purpose of this study was to reduce environmental pollution by testing the compressive strength of concrete made with a mixture of waste. Experiments were conducted in the laboratory with concrete cylinder test objects with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm. The proportion of waste mixture, Polyethylene Terephthalate (PET), Rubber Powder, Waste Metalized Film Food Packaging (WMFFP) to fine aggregate was 0%, 5%, and 10%, each variation. The test results showed a compressive strength of 17.62 MPa, 15.29 MPa, and 14.83 MPa at the percentage of waste mixture. From this data, it can be concluded that waste materials can be used as a substitute for sand in concrete.*

Keywords: *PET, Rubber, WMFFP, Concrete, Compressive Strength*

Abstrak. Salah satu dampak dari pertumbuhan kegiatan di bidang transportasi adalah pembuangan limbah ban karet. Jumlah kendaraan bermotor yang meningkat di masyarakat menyebabkan peningkatan limbah ban. Khususnya di negara-negara berkembang, penggunaan botol plastik telah menjadi kebutuhan yang tak terelakkan dan tidak dapat dihindari oleh masyarakat,. Pengelolaan dan penanganan limbah yang tidak memadai menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti bahaya bagi kesehatan manusia, bagi kehidupan hewan, pencemaran tanah, air, dan udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan menguji kekuatan tekan beton yang dibuat dengan campuran limbah. Eksperimen dilakukan di laboratorium dengan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Proporsi campuran limbah, *Polyethylene Terephtalate* (*PET*), Serbuk Karet, *Waste Metalized Film Food Packaging* (*WMFFP*) terhadap agregat halus adalah 0%, 5%, dan 10%, masing-masing variasi. Hasil uji menunjukkan kuat tekan 17,62 MPa, 15,29 MPa, dan 14,83 MPa pada persentase campuran limbah. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa bahan limbah dapat digunakan sebagai pengganti pasir pada beton.

Kata kunci: PET, Karet, WMFFP, Beton, Kuat Tekan.

1. LATAR BELAKANG

Pengelolaan beberapa jenis limbah telah menjadi tantangan karena banyaknya jumlah bahan limbah yang diproduksi di seluruh dunia. Produksi plastik global meningkat dari 180 juta ton pada tahun 2000 menjadi 360 juta ton pada tahun 2020(Alrshoudi et al., 2020) (Alyousef et al., 2020) (Kangavar, Lokuge, Manalo, Karunasena, & Frigione, 2022). Rata-rata, plastik menghasilkan 8–12% dari keseluruhan aliran limbah kota. Di zaman modern, penggunaan botol plastik telah menjadi kebutuhan yang tak terelakkan dan tidak dapat dihindari oleh konsumen, khususnya mereka yang tinggal di negara-negara berkembang ada tahun 2019, secara global, satu juta botol plastik terjual per menit, dengan peningkatan laju

Received April 15, 2025; Revised Mei 05, 2025; Accepted Mei 17, 2025; Published Mei 19, 2025

ekspansi sebesar 15 persen(Khalid et al., 2025). Hanya 22,8% dari plastik ini yang didaur ulang. Berbagai jenis plastik digunakan secara luas di berbagai industri, terutama dalam industri pengemasan makanan, dan menjadi sumber limbah yang sangat besar. Hampir setengah dari jumlah plastik tersebut hanya digunakan sekali, menyebabkan pembuangan limbah plastik dalam jumlah besar (S.Didik, S. Diah, 2023). Akibatnya, pengelolaan dan penanganan limbah yang tidak memadai menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti bahaya bagi kesehatan manusia, bagi kehidupan hewan, pencemaran tanah, air, dan udara.

Prasarana di Indonesia saat ini telah berkembang sangat pesat. Pembangunan infrastruktur transportasi adalah salah satu contoh pembangunan infrastruktur yang terjadi. Transportasi telah menjadi kebutuhan penting yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat. Menurut, untuk meningkatkan keselamatan berkendara, setiap kendaraan yang beroperasi harus mengganti karet ban setiap dua hingga tiga tahun. Penumpukan ban bekas secara acak atau pembakaran ban bekas tidak hanya menghabiskan sumber daya lahan, tetapi juga mencemari lingkungan secara serius(Alizadeh, Eftekhar, Asadi, & Mostofinejad, 2024)(Gao et al., 2022)(Harun Ar Rasyud, Haru; Sarasanty, Diah; Rudiyanto, 2022)(Sinkhonde, Mashava, Bezabih, & Mirindi, 2025). Karena ukuran karet ban yang cukup besar, membuang karet ban bekas di tempat pembuangan akhir akan menjadi masalah besar. Untuk mengurangi jumlah sampah di Indonesia, perlu ada upaya untuk mengelola limbah plastik dan ban bekas. Pemanfaatan limbah padat dalam konstruksi berkelanjutan telah menjadi perhatian banyak orang karena biaya limbah yang lebih rendah serta menghemat tempat pembuangan sampah yang diperlukan.

Dalam dunia konstruksi, limbah ban dan plastik dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bangunan. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tersebut adalah sebagai bahan pengganti agregat kasar dan agregat halus pada beton. Limbah ban perlu diolah menjadi serbuk karet terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan sebagai bahan tambah pengganti agregat halus pada beton. Penelitian eksperimental tentang pembuatan beton dengan menggunakan serbuk karet dan plastik sebagai pengganti sebagian agregat perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi pemanfaatan limbah di bidang konstruksi, khususnya sebagai material pengganti sebagian agregat halus yang dapat dikembangkan untuk pembuatan beton normal.

Penelitian tentang substitusi agregat halus pada material beton telah dilakukan dengan beberapa variasi, seperti ketahanan komposit beton yang diperkuat dengan serat plastik logam bekas terhadap serangan sulfat dan asam, menyelidiki sifat mekanis dan ketahanan serat

karpet limbah polipropilena, ketangguhan tekan beton dengan partikel karet yang dicuci dengan NaOH ditambahkan ke beton, kinerja *creep* dan penyusutan dengan serat *polypropylene*, dan kinerja beton yang mengandung limbah *polyethylene terephthalate*(Puspito, Hanif Aby; Sarasanty, 2021).

Peningkatan yang signifikan sebesar 68% dan 33% untuk penggantian agregat halus sebesar 15% dan 25% dengan karet pra-campuran(Nugroho & Yogyakarta, 2025)(Sinkhonde & Bezabih, 2024)(Sofi, 2018). Campuran serat meningkatkan kekuatan tarik dan lentur, sehingga meningkatkan daktilitas. Penelitian ini mengungkapkan bahwa limbah plastik berpotensi untuk digunakan dalam beton berkelanjutan dengan meningkatkan sifat mekanisnya(Mouna, Irfan, Rahman, & Batikha, 2024)(Bhogayata, 2018)(Ghernouti, Rabehi, Safi, & Chaid, 2009), meningkatkan kekuatan tarik masing-masing sebesar 89% dan 55%, dan kekuatan lentur masing-masing sebesar 28% dan 1,2 kali lipat, dibandingkan dengan spesimen tanpa serat(Mouna et al., 2024). Penambahan serat PET secara signifikan meningkatkan keuletan material beton dan mengurangi penyusutan(Wattanavichien & Iwanami, 2024)(Maulidah, F; Sarasanty, 2021)(Anna Saju & K, 2020)(Bahmani & Mostofinejad, 2024).

2. KAJIAN TEORITIS

Mix design beton

Metode yang ditetapkan dalam SNI 7656:2012 digunakan untuk menentukan campuran material yang diperlukan untuk membuat beton. Hasil dari desain campuran harus digunakan untuk menentukan jumlah campuran yang diperlukan untuk satu mortar beton. Perhitungan ini menggunakan proporsi 0%, 30%, dan 60% sebagai pengganti pasir.

Gambar 1. Limbah *Polyethylene Terephtalate* (*PET*), Serbuk Karet, *Waste Metalized Film Food Packaging* (*WMFFP*)
Sumber : Data Peneliti (2024)

Slump Test

Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar SNI 7656:2012 dan dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams. Tujuannya adalah untuk mengetahui *workability* pada campuran beton sebelum pengerjaan dan dicetak pada cetakan benda uji. Gambar 2 menunjukkan detail pengujian slump beton.

Gambar 2. Pengujian slump beton
Sumber : Data Peneliti (2024)

Pembuatan benda uji.

Untuk membuat benda uji beton yang kuat tekan, digunakan cetakan silinder berukuran 15 cm x 30 cm, dengan 3 buah benda uji untuk variasi campuran 0%, 30%, dan 60%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Benda uji beton silinder
Sumber : Data Peneliti (2024)

Perawatan benda uji

Setelah proses demolding dan perendaman dalam air selama 28 hari, benda uji dirawat. Benda uji beton silinder digambarkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Perawatan benda uji beton silinder
Sumber : Data Peneliti (2024)

Pengujian Kuat Tekan

SNI 1974:2011 menetapkan bahwa beton standar harus diuji kekuatan tekannya selama 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan, seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 1.

Gambar 5. Pengujian kuat tekan benda uji beton silinder
Sumber : Data Peneliti (2024)

Kuat tekan beton = P/A

.....(1)

Dimana:

fc’ = Kuat tekan beton dinyatakan dalam (MPa)

P = Gaya tekan aksial dinyatakan dalam (N)

A = Luas penampang benda uji dinyatakan dalam (mm^2)

3. METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian dalam penelitian ini adalah pengujian eksperimental berbasis laboratorium. Proses pembuatan benda uji beton diawali dengan pemeriksaan serbuk ban bekas dan limbah plastik, agregat kasar, dan agregat halus. Setelah data material diperoleh, tahapan selanjutnya adalah perancangan campuran beton, pembuatan benda uji, pembuatan benda uji, *curing*, dan pengujian kuat tekan. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium beton dan bahan bangunan Universitas Islam Majapahit.Tahapan Penelitian : a. Pengujian material, bahan yang digunakan adalah semen, pasir, kerikil, serbuk karet ban, dan plastik botol bekas serta bungkus makanan. Pengujian yang dilakukan pada material adalah: berat jenis, evaluasi agregat kasar, dan uji gradasi butiran agregat halus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

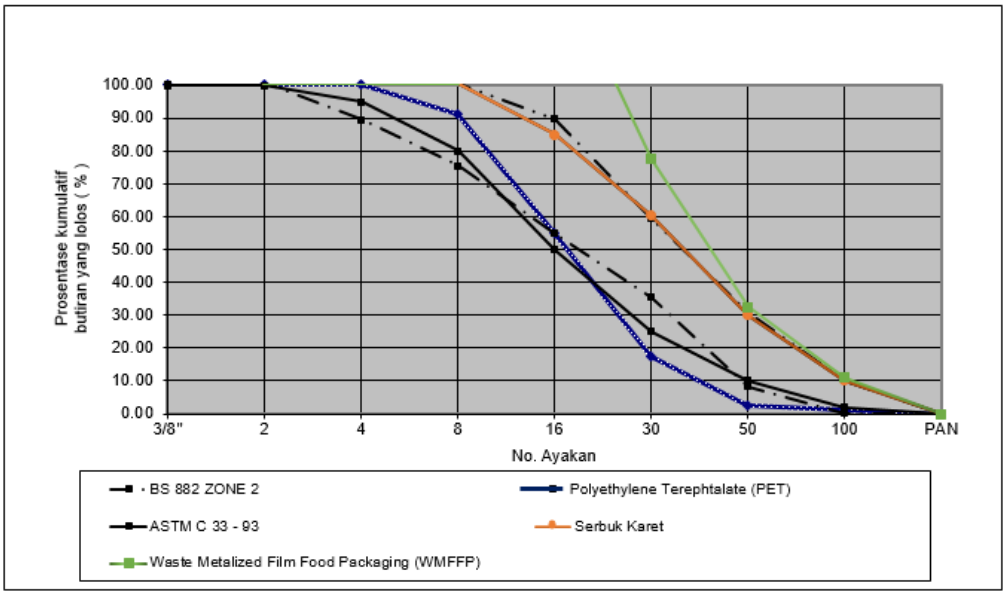
Pengujian Agregat Halus

a) Pengujian kadar lumpur.

Tujuan pengujian kadar lumpur pada pasir adalah untuk mengetahui apakah pasir itu bersih atau kotor. Hasilnya menunjukkan rata-rata 1,83%, dengan kadar lumpur maksimum yang diizinkan adalah 5% (SNI: 04-1989). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jenis pasir yang digunakan memenuhi persyaratan.

b) Gradasi agregat halus.

Hasil pengujian gradasi butiran agregat halus yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 6. Jenis pasir yang digunakan telah memenuhi persyaratan ASTM C136-2014, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, dengan *Polyethylene Terephtalate* (*PET*), Serbuk Karet, *Waste Metalized Film Food Packaging* (*WMFFP*) yang diperoleh sebesar 2,08. Mutu MHB memenuhi spesifikasi ASTM C136-2014 dengan rentang nilai 1,5–3,8.



Gambar 6. Analisa ayakan agregat halus
Sumber : Data Peneliti (2024)

Uji Agregat Kasar

a) Berat Jenis dan Penyerapan Air

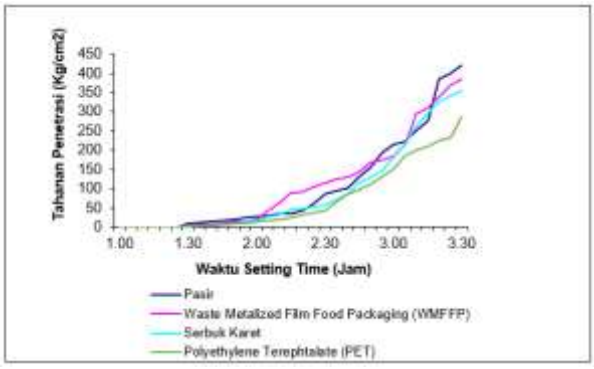
Rata-rata berat jenis curah 2,58, berat jenis kering muka 2,65, berat jenis semu 2,63, dan rata-rata penyerapan air 0,77. Jenis agregat kasar yang digunakan memenuhi persyaratan SNI 1969:2008 karena berat jenis kerikil kondisi SSD yang dapat digunakan dalam campuran beton berkisar antara 2,5 dan 2,7.

b) Penelitian tentang keausan agregat kasar

Dengan laju keausan rata-rata 32%, pengujian keausan bertujuan untuk mengukur tingkat ketahanan kerikil terhadap kerusakan. Hasil pengujian sebesar 32% menunjukkan bahwa jenis kerikil yang digunakan memenuhi persyaratan SNI 2417-2008.

Pengujian Setting Time

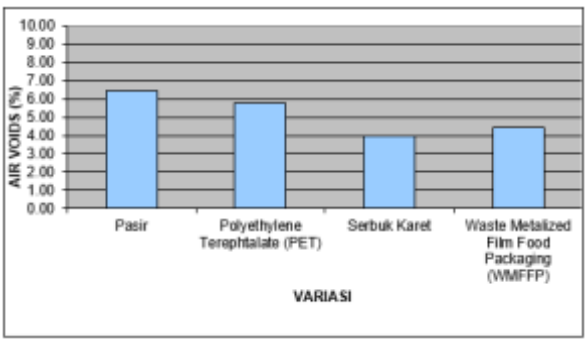
Hasil pengujian *setting time* beton segar pada setiap benda uji ditunjukkan pada Gambar 7. Menurut SNI 7656:2012, nilai *setting time* meningkat seiring dengan proporsi karet dalam beton. Ini karena sifat *PET*, serbuk karet, dan *WMFFP* yang sulit menyerap air membuat campuran beton lebih tipis dan mengurangi gesekan antar komponen memerlukan waktu *setting time* menjadi lebih pendek, terutama pada prosentase tertinggi tingkat gradasi.



Gambar 7. Hasil pengujian *setting time*
Sumber : Data Peneliti (2024)

Pengujian *Air Voids*

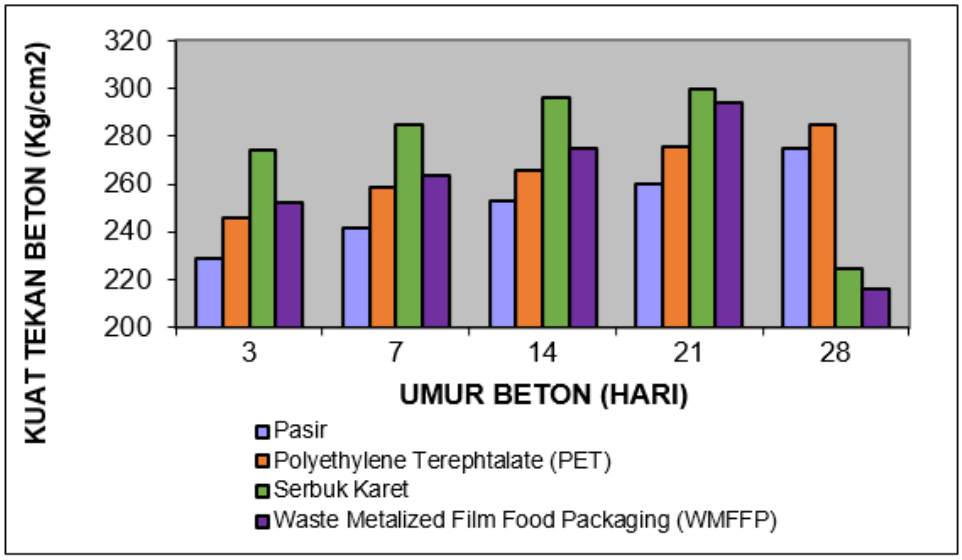
Hasil pengujian *air voids* beton segar pada setiap benda uji ditunjukkan pada Gambar 8. Menurut SNI 7656:2012, nilai *air voids* karena porositas beton yang lebih kecil, kekedapannya lebih tinggi. Ini disebabkan oleh fakta bahwa botol *PET* , serbuk karet, dan *WMFFP* memiliki tingkat resapan air yang rendah sebagai bahan campuran beton.



Gambar 8. Hasil pengujian *air voids*
Sumber : Data Peneliti (2024)

Pengujian Kuat Tekan Beton

Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton silinder yang diuji selama 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa benda uji beton dengan persentase campuran limbah 0%, 5%, dan 10% memiliki nilai 17,62 MPa, 15,29 MPa, dan 14,83 MPa, masing-masing. Penurunan kuat tekan beton bersamaan dengan peningkatan prosentase substitusi limbah. Hal ini disebabkan oleh sifat serbuk dan plastik yang sulit menyerap air. Akibatnya, daya rekat antara material beton berkurang, sehingga ketika prosentase campuran limbah meningkat pada beton, kuat tekannya menurun.



Gambar 9. Hasil pengujian kuat tekan beton
Sumber : Data Peneliti (2024)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa :

- Agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan modulus halus butiran
- Agregat kasar yang digunakan memenuhi persyaratan keausan agregat.
- Nilai kuat tekan beton menurun seiring dengan penambahan serbuk karet, *PET*, *WMFFP* sebagai pengganti agregat halus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M), Ketua Prodi Teknik Sipil, dan Kepala Laboratorium Beton Bahan Bangunan Universitas Islam Majapahit atas terselesainya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

Alizadeh, M., Eftekhar, M. R., Asadi, P., & Mostofinejad, D. (2024). Enhancing the mechanical properties of crumb rubber concrete through polypropylene mixing via a pre-mixing technique. Case Studies in Construction Materials, 21(August), e03569. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03569

Alrshoudi, F., Mohammadhosseini, H., Alyousef, R., Tahir, M. M., Alabduljabbar, H., & Mohamed, A. M. (2020). The impact resistance and deformation performance of novel pre-packed aggregate concrete reinforced with waste polypropylene fibres. Crystals, 10(9), 1–21. https://doi.org/10.3390/cryst10090788

Alyousef, R., Mohammadhosseini, H., Alrshoudi, F., Tahir, M. M., Alabduljabbar, H., & Mohamed, A. M. (2020). Enhanced performance of concrete composites comprising waste metalised polypropylene fibres exposed to aggressive environments. Crystals, 10(8), 1–20. https://doi.org/10.3390/cryst10080696

Anna Saju, A., & K, S. K. (2020). Strength and Durability Properties of Plastic Aggregate Concrete and Its Structural Applicability-A Review. 3(3), 1–6.

Bahmani, H., & Mostofinejad, D. (2024). Comparative analysis of environmental, social, and mechanical aspects of high-performance concrete with calcium oxide-activated slag reinforced with basalt, and recycled PET fibers. Case Studies in Construction Materials, 20(December 2023), e02895. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02895

Bhogayata, A. C. (2018). Concrete reinforced with metalized plastic waste fibers. In Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102676-2.00016-5

Gao, Y., Wang, B., Liu, C., Hui, D., Xu, Q., Zhao, Q.,Dong, W. (2022). Experimental investigation on static compressive toughness of steel fiber rubber concrete. Reviews on Advanced Materials Science, 61(1), 576–586. https://doi.org/10.1515/rams-2022-0260

Ghernouti, Y., Rabehi, B., Safi, B., & Chaid, R. (2009). Use Of Recycled Plastic Bag Waste In The Concrete Youcef Ghernouti, Bahia Rabehi, Brahim Safi and Rabah Chaid Research Unit: Materials, Processes and Environment, University M'Hamed Bougara of Boumerdes. Algeria. Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Technologies, 8, 480–487.

Harun Ar Rasyud, Haru; Sarasanty, Diah; Rudiyanto, M. A. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Sandal Karet Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. Retrieved from http://repository.unim.ac.id/4227/

Kangavar, M. E., Lokuge, W., Manalo, A., Karunasena, W., & Frigione, M. (2022). Investigation on the properties of concrete with recycled polyethylene terephthalate (PET) granules as fine aggregate replacement. Case Studies in Construction Materials, 16(November 2021), e00934. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00934

Khalid, H., Yasin, Y., Farooq, M. U., Munir, U., Qaisrani, M. A., & Shahani, S. (2025). An experimental investigation of mechanical properties of concrete composites reinforced

with PET fibers as per ASTM standard. Sustainable Chemistry for the Environment, 10(February), 100241. https://doi.org/10.1016/j.scenv.2025.100241

Maulidah, F; Sarasanty, D. et al. (2021). Analisa Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Polyethylene Terephtalete (PET) Sebagai Pengganti Agregat. Retrieved from http://repository.unim.ac.id/3141/

Mouna, Y., Irfan, B., Rahman, M. S., & Batikha, M. (2024). A statistical-experimental study to investigate the optimal parameters of fibres made from waste PET bottles for strengthening concrete. Construction and Building Materials, 420(December 2023), 135613. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135613

Nugroho, G., & Yogyakarta, U. M. (2025). Experimental Test Of Compressive Strength Of Concrete With Substitution Of Waste Tyre Rubber. 03(01), 12–21.

Puspito, Hanif Aby; Sarasanty, D. (2021). Penggunaan Waste Metalized Film Food Packaging Sebagai Campuran Green ConcretE. Retrieved from http://repository.unim.ac.id/3433/

S.Didik, S. Diah, T. A. E. et al. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan. Retrieved from http://repository.unim.ac.id/4803/

Sinkhonde, D., & Bezabih, T. (2024). On the computational evaluation of carbon dioxide emissions of concrete mixes incorporating waste materials: A strength-based approach. Cleaner Waste Systems, 8(February), 100149. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2024.100149

Sinkhonde, D., Mashava, D., Bezabih, T., & Mirindi, D. (2025). Predicting the compressive strength of rubberized concrete incorporating brick powder based on MLP and RBF neural networks. Waste Management Bulletin, 3(1), 219–233. https://doi.org/10.1016/j.wmb.2025.01.008

Sofi, A. (2018). Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review. Ain Shams Engineering Journal, 9(4), 2691–2700. https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.08.007

Wattanavichien, P., & Iwanami, M. (2024). Investigation of the mechanical, microstructure, and durability properties of concrete with fine uniform and non-uniform polyethylene terephthalate (PET) aggregates. Cleaner Materials, 13(April), 100267. https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100267