

Optimalisasi Kekuatan Tekan Paving dari Kombinasi Material LDPE dan Multilayer di Bank Sampah Sidoresik

Optimization of Compressive Strength of Paving Blocks Made from LDPE and Multilayer Material Combinations at Sidoresik Waste Bank

Nani Mulyaningsih*, Iqbal Maulana, Umam Nasrullah, Arif Rahman Saleh, Arbye, Farikah

Program Studi Teknik Mesin Universitas Tidar

nani_mulyaningsih@untidar.ac.id, iqbalmaulana016@students.untidar.ac.id,

umamnasrullah@students.untidar.ac.id, arifrahmansaleh@untidar.ac.id, Arbye.s@untidar.ac.id,

farikahfaradisa@untidar.ac.id

*Corresponding author: nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

ABSTRAK

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Bank Sampah Sidoresik, Kabupaten Magelang, yang sebelumnya telah memproduksi paving block berbasis limbah plastik LDPE. Namun, produk yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu karena memiliki massa jenis rendah dan kekuatan tekan yang belum memadai, sehingga tidak layak secara komersial. Permasalahan ini menjadi kendala utama dalam peningkatan nilai ekonomi limbah plastik di tingkat masyarakat. Sebagai solusi, tim pengabdian memperkenalkan inovasi formulasi material dengan mengombinasikan plastik LDPE dan limbah plastik multilayer (aluminium-plastik) melalui pendekatan teknis berbasis hasil penelitian terdahulu. Kegiatan dilakukan melalui pelatihan pembuatan paving, pendampingan formulasi bahan, serta pengujian mutu produk. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan, di mana kuat tekan paving mencapai 18,2 MPa dengan massa jenis 2,05 g/cm³ dan tidak lagi terapung pada uji perendaman 24 jam. Selain itu, terjadi peningkatan pemahaman peserta sebesar 41%. Implikasi praktisnya, inovasi ini berpotensi menjadi model pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular di tingkat kabupaten serta mendukung penguatan kinerja bank sampah.

Kata kunci: bank sampah; limbah plastik; paving block; pemberdayaan

ABSTRACT

This community service program was conducted at Sidoresik Waste Bank, Magelang Regency, which had previously produced paving blocks from LDPE plastic waste. However, the products did not meet quality standards due to low density and insufficient compressive strength, making them not commercially viable. This issue became a major constraint in enhancing the economic value of plastic waste at the community level. As a solution, the team introduced an innovative material formulation by combining LDPE plastic with multilayer plastic waste (aluminum-plastic), based on prior research findings. The program included training on paving production, assistance in material formulation, and product quality testing. The results showed a significant improvement, with compressive strength reaching 18.2 MPa and density of 2.05 g/cm³, and the products no longer floated after a 24-hour immersion test. Additionally, participants' understanding increased by 41%. Practically, this innovation has the potential to serve as a model for circular economy-based waste management at the regency level and to strengthen the performance of waste banks.

Keywords: waste bank; plastic waste; paving blocks; community empowerment

PENDAHULUAN

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan konsumsi plastik dalam kehidupan modern. Berbagai jenis plastik di Indonesia sulit terurai secara alami, termasuk plastik jenis LDPE (Low Density Polyethylene)

serta plastik multilayer (aluminium-plastik) yang banyak digunakan dalam kemasan produk konsumsi. Kompleksitas struktur multilayer yang terdiri dari beberapa lapisan polimer dan logam menyebabkan material ini hampir tidak dapat didaur ulang dengan metode

konvensional, sehingga berkontribusi besar terhadap akumulasi sampah di lingkungan (Siregar, 2021; Indrawan et al., 2024)(Nada et al., 2024)(Erdin Khalid Zulfi¹, Zainuri², 2021). Kondisi ini menuntut adanya inovasi pengelolaan limbah berbasis prinsip 3R (reduce–reuse–recycle) yang lebih adaptif dan aplikatif di tingkat masyarakat.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku alternatif produk konstruksi, seperti paving block. Paving block berbasis plastik menawarkan dua manfaat utama, yaitu mengurangi beban lingkungan sekaligus menciptakan nilai ekonomi baru bagi masyarakat (Indrawijaya, 2019); (Putri et al., 2026) (Astutik et al., 2024)(Imam Agus Wahyudi, Nani Mulyaningsih, 2026)(Bagas Tri Suryanto, Nani Mulyaningsih, 2026)(Mustakim et al., 2023). Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penggunaan plastik tunggal seperti LDPE atau HDPE melalui proses peleburan dan pencetakan. Hasilnya menunjukkan bahwa material plastik mampu memberikan sifat kedap air dan fleksibilitas, namun masih menghadapi kendala pada aspek kekuatan tekan dan densitas, terutama ketika tidak dikombinasikan dengan material penguat (Indrawan et al., 2024).

Pada sisi lain, limbah plastik multilayer aluminium hingga saat ini masih kurang dimanfaatkan dalam aplikasi material konstruksi padat. Sebagian penelitian lebih banyak mengarah pada pemanfaatannya sebagai bahan

campuran aspal atau energi alternatif, sementara penggunaannya dalam bentuk komposit struktural masih terbatas (Bahrodin et al., 2021) (Kasim, 2025)(Brunner et al., 2008). Hal ini disebabkan oleh permasalahan teknis utama, yaitu perbedaan titik leleh antar lapisan penyusunnya, sehingga multilayer tidak dapat dilelehkan secara homogen seperti plastik tunggal. Akibatnya, banyak penelitian belum mampu mengoptimalkan interaksi antara multilayer dan matriks polimer, sehingga menghasilkan struktur yang kurang padat dan memiliki banyak rongga (void)(Riyandini et al., 2021)(Nurkhaerani et al., 2024).

Celah inilah yang menjadi fokus inovasi dalam kegiatan pengabdian ini. Pendekatan yang digunakan tidak hanya berupaya melelehkan multilayer secara keseluruhan saja melainkan memosisikannya sebagai material penguat (reinforcement) dalam sistem komposit, sementara LDPE berfungsi sebagai matriks pengikat yang meleleh dan menyelimuti partikel multilayer. Dengan perlakuan pra-termal dan rekayasa ukuran serta bentuk multilayer, luas permukaan kontak dapat ditingkatkan sehingga ikatan mekanis antar material menjadi lebih optimal. Pendekatan ini merupakan pengembangan dari konsep polymer matrix composite yang telah banyak digunakan

dalam rekayasa material, namun masih jarang diterapkan dalam konteks pengelolaan limbah multilayer di tingkat komunitas (Asif & Javed, 2024)(Lestari et al., 2025)

Kondisi empiris di Bank Sampah Sidoresik, Kabupaten Magelang, menunjukkan bahwa upaya awal pemanfaatan limbah LDPE sebagai bahan paving telah dilakukan, namun produk yang dihasilkan masih memiliki kelemahan berupa massa jenis rendah, kurang padat, dan bahkan mengapung saat diuji dalam air. Hal ini mengindikasikan adanya rongga internal yang besar serta kurangnya ikatan antar partikel material. Permasalahan ini mencerminkan keterbatasan pendekatan sebelumnya yang hanya mengandalkan plastik tunggal tanpa penguatan struktur material.

Melalui kegiatan ini, tim pengabdian menghadirkan solusi berbasis kombinasi LDPE dan plastik multilayer aluminium yang dirancang secara teknis untuk meningkatkan densitas, kekuatan tekan, dan ketahanan terhadap air. Pendekatan ini tidak hanya menjawab permasalahan teknis yang dihadapi mitra, tetapi juga mengisi kekosongan praktik pemanfaatan multilayer sebagai komposit struktural di tingkat masyarakat. Selain itu, kegiatan ini dipadukan dengan pelatihan teknis dan pendampingan produksi, sehingga transfer pengetahuan tidak berhenti pada aspek teoritis, tetapi langsung terimplementasi dalam praktik produksi di bank sampah.

Sehingga, kebaruan dari kegiatan ini terletak pada integrasi antara inovasi material (komposit LDPE–multilayer) dan model pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi tepat guna, yang mampu menjawab keterbatasan penelitian sebelumnya sekaligus memberikan solusi aplikatif bagi pengelola sampah (Agrawal et al., 2023)(Asif & Javed, 2024). Kegiatan ini diharapkan tidak hanya menghasilkan produk paving block yang memenuhi standar mutu dan layak secara komersial, tetapi juga menjadi model replikasi pengelolaan limbah plastik berbasis komunitas di tingkat kabupaten.

METODE PENELITIAN

Metode kegiatan pengabdian ini dirancang secara terintegrasi antara pendekatan teknis material dan pemberdayaan masyarakat, yang dilaksanakan di Bank Sampah Sidoresik, Kabupaten Magelang dengan jumlah peserta 25 orang. Tahapan kegiatan meliputi proses mulai dari identifikasi masalah, formulasi material, produksi, hingga pengujian berbasis standar nasional (Erdin Khalid Zulfi1, Zainuri2, 2021)

1. Tahap Survei dan Identifikasi Masalah

Tahap awal dilakukan melalui observasi lapangan untuk:

- Mengidentifikasi jenis dan ketersediaan limbah plastik (LDPE dan multilayer)

- Mengevaluasi produk paving sebelumnya yang memiliki kelemahan berupa massa jenis rendah, banyak rongga, dan kekuatan tekan yang belum memenuhi standar
- Menentukan kebutuhan alat, bahan, serta kapasitas peserta. Luaran tahap ini adalah pemetaan masalah teknis dan kesiapan mitra.

2. Tahap Persiapan dan Formulasi Material

Bahan yang digunakan meliputi:

- Limbah plastik LDPE sebagai matriks
- Limbah plastik multilayer sebagai penguat
- filler seperti abu pembakaran

Dilakukan variasi komposisi material:

- 100% LDPE
- 80% LDPE : 20% multilayer
- 60% LDPE : 40% multilayer
- 50% LDPE : 50% multilayer

Multilayer diberikan perlakuan sebelumnya yaitu pelelehan dan pengancuran menjadi serbuk untuk meningkatkan luas kontak dengan LDPE. Luaran tahap ini adalah variasi formulasi material uji.

3. Tahap Pelatihan dan Produksi (Hot Press)

Peserta diberikan pelatihan teknis meliputi:

- Pembersihan dan pencacahan bahan
- Pencampuran material
- Proses pemanasan dan pencetakan
- Parameter proses dikontrol sebagai Suhu: 160–200°C

Produk dicetak menggunakan cetakan ukuran standar paving ($\pm 20 \times 10 \times 6$ cm), kemudian

didinginkan dalam kondisi tertekan untuk menghindari deformasi. Luaran tahap ini adalah spesimen paving block dari berbagai formulasi.

4. Tahap Pengujian Mutu Berbasis Standar (SNI)

Pengujian dilakukan untuk memastikan kualitas produk sesuai standar konstruksi ringan, mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang paving block, meliputi:

a. Uji Kuat Tekan

Menggunakan mesin uji tekan. Target minimal: ≥ 15 MPa (kategori mutu rendah–menengah).

b. Uji Densitas (Massa Jenis)

Dihitung dari perbandingan massa dan volume (g/cm^3). Target: $\geq 2,0$ g/cm^3 untuk menunjukkan kepadatan material.

c. Uji Daya Serap Air / Perendaman

Spesimen direndam selama 24 jam untuk: mengamati daya serap air, mengetahui apakah produk mengapung (indikasi rongga tinggi). Target: tidak terapung dan memiliki serapan rendah.

Luaran tahap ini adalah data kuantitatif karakteristik material.

5. Tahap Pendampingan Produksi dan Evaluasi

Pendampingan dilakukan selama ± 6 minggu untuk memastikan konsistensi produksi, mengidentifikasi kegagalan produk (retak, porositas, deformasi), mengoptimalkan formulasi terbaik.

Evaluasi peningkatan kapasitas dilakukan melalui: pre-test dan post-test peserta, analisis peningkatan pemahaman (%). Luaran: peningkatan keterampilan masyarakat, data peningkatan pemahaman (target $\geq 40\%$)

6. Analisis Data

Data dianalisis secara: deskriptif kuantitatif: rata-rata, persentase, komparatif: antar variasi komposisi material

Fokus analisis: hubungan komposisi → kuat tekan, hubungan densitas → daya serap air, efektivitas multilayer sebagai penguat.

Adapun diagram alir pengabdian ini seperti terlihat pada gambar 1. berikut



Gambar 1. Diagram Alir Pengabdian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis pengaruh penambahan plastik multilayer terhadap sifat fisik paving meenunjukkan bahwa penambahan limbah plastik multilayer menunjukkan kecenderungan meningkatkan kepadatan dan

menurunkan daya serap air pada paving block. Fenomena ini tidak hanya dapat dijelaskan secara deskriptif dari data, tetapi juga melalui pendekatan fisika material dan kimia polimer.

dengan air (non-higroskopis), membentuk lapisan pelindung Secara fisik, plastik multilayer yang telah melalui proses pelelehan akan berubah menjadi fase semi-cair yang mampu mengisi rongga antar partikel agregat (abu pembakaran). Ketika campuran mengalami pendinginan, plastik akan mengeras dan bertindak sebagai binder (pengikat) yang menyelimuti partikel-partikel tersebut.

Hal ini menyebabkan: berkurangnya void ratio (rongga udara) dalam material, meningkatnya densitas (kepadatan) paving, struktur menjadi lebih kompak dan tidak mudah ditembus air. Selain itu, plastik memiliki sifat hidrofobik (tidak menyerap air), sehingga keberadaannya dalam matriks material akan menghambat penetrasi air ke dalam struktur paving. Inilah yang menyebabkan nilai daya serap air menurun secara signifikan dibandingkan paving konvensional berbasis semen. Secara kimiawi, plastik multilayer umumnya tersusun dari polimer seperti polyethylene (PE), polypropylene (PP), dan kadang lapisan aluminium tipis. Polimer ini

memiliki rantai hidrokarbon panjang yang bersifat non-polar, sehingga: tidak berinteraksi pada agregat, meningkatkan kohesi internal melalui mekanisme “mechanical interlocking” setelah pendinginan (Huda et al., 2025). Salah satu kekhawatiran penggunaan plastik adalah potensi produk menjadi ringan dan mengapung. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa paving tetap tenggelam. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: komposisi material: abu pembakaran memiliki densitas yang relatif lebih tinggi dibanding plastik. Meskipun plastik ringan, proporsinya dalam campuran tidak dominan. Distribusi plastik: plastik tidak membentuk rongga udara besar, melainkan mengisi celah antar partikel, sehingga tidak menciptakan struktur berongga yang menyebabkan gaya apung tinggi.

Selain aspek teknis, keberlanjutan program ini sangat ditentukan oleh kelayakan ekonomi, khususnya untuk unit usaha berbasis **bank sampah**. Paving berbasis limbah plastik memiliki keunggulan utama dibanding paving konvensional karena lebih ramah lingkungan, memanfaatkan sampah yang sulit terurai, serta mendukung ekonomi sirkular. Proses pembuatannya lebih cepat tanpa curing, sehingga efisien dari segi waktu dan energi. Selain itu, sifat plastik yang kedap air membuat paving ini tidak mudah menyerap air dan lebih tahan terhadap kondisi lembap. Dengan formulasi yang tepat, paving plastik juga dapat mencapai kekuatan yang memadai, sehingga berpotensi

menjadi alternatif material konstruksi yang ekonomis dan berkelanjutan.

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan plastik multilayer tidak hanya meningkatkan kualitas fisik paving (lebih padat, lebih tahan air), tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Kombinasi ini menjadikan inovasi ini layak dikembangkan sebagai unit usaha berkelanjutan berbasis bank sampah.

1. Pelatihan/demonstrasi pembuatan paving dan penyerahan bantuan peralatan

Hasil kegiatan pelatihan teknis pembuatan paving dan pemberian bantuan pada Bank Sampah Sidoresik menunjukkan adanya peningkatan signifikan baik dalam aspek pengetahuan peserta maupun kualitas produk yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pre-test dan post-test, tingkat pemahaman peserta meningkat sebesar 41%, menunjukkan keberhasilan pendekatan edukatif dalam kegiatan ini. seperti terlihat pada gambar 2. Setelah demonstrasi pembuatan paving dilanjutkan dengan pengujian. Hasil uji kuat tekan paving menunjukkan peningkatan hingga 18,2 MPa, lebih tinggi dibandingkan produk sebelumnya yang hanya mencapai 12 MPa. Massa jenis paving meningkat menjadi 2,05 g/cm³, serta tidak mengalami pengapungan dalam

uji perendaman selama 24 jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi LDPE dan plastik multilayer memberikan ikatan matriks yang lebih padat dan homogen.



Gambar 2. Demonstrasi Proses Pembuatan Paving

Sebagai bagian dari upaya keberlanjutan program, tim pengabdian memberikan bantuan berupa satu unit alat press manual dan dua set cetakan paving block kepada Bank Sampah Sidoresik, Kabupaten Magelang. Bantuan ini menjadi bentuk dukungan nyata terhadap peningkatan kapasitas produksi serta kemandirian masyarakat dalam pengolahan limbah plastik multilayer dan LDPE.

Alat press manual yang diberikan memiliki tekanan hingga 3 ton, yang cukup untuk proses pemadatan campuran limbah plastik dan pasir pada skala rumah tangga. Cetakan paving dibuat dari besi baja tahan karat (mild steel) berukuran $20 \times 10 \times 6$ cm, menyesuaikan dengan standar paving block tipe B untuk area pejalan kaki dan halaman rumah seperti terlihat pada gambar 3. berikut:

Selain itu, masyarakat berhasil menghasilkan prototipe paving block yang memenuhi standar SNI 03-0691-1996 untuk

mutu sedang. Produk ini dinilai memiliki potensi komersialisasi, terutama untuk aplikasi pada area pejalan kaki dan taman. Kegiatan ini juga mendorong terbentuknya unit usaha mikro berbasis limbah plastik di lingkungan Bank Sampah Sidoresik sebagai bentuk keberlanjutan program.



Gambar 3. Pelatihan dan Pemberian Bantuan Peralatan di Bank Sampah Sidoresik

Kegiatan ini tidak hanya menghasilkan produk inovatif, tetapi juga memberikan dampak sosial dan ekonomi bagi masyarakat. Masyarakat memperoleh pengetahuan baru mengenai daur ulang limbah non-biodegradable. Keterampilan teknis pembuatan produk konstruksi sederhana. Serta peluang usaha baru dengan memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak bernilai jual.

2. Keberhasilan Pelatihan dan Pendampingan

Peningkatan skor pemahaman peserta sebesar sekitar 41% menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan mampu mengubah pengetahuan dan sikap

peserta terhadap proses produksi paving dari limbah plastik. Dengan demikian, peserta tidak hanya sekadar memperoleh keahlian teknis, tetapi juga pemahaman kualitas produk dan aspek pemasaran. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa pemberdayaan teknis ditambah aspek manajemen dan pemasaran penting untuk keberlanjutan produksi.

Selama tahap produksi skala pilot, pendampingan intensif membantu peserta mengatasi kendala teknis yang muncul seperti: rongga udara dalam blok, demoulding sukar, permukaan kurang rata, dan kontrol suhu pemanas kurang optimal. Dengan adanya pendampingan teknis, proses produksi menjadi lebih stabil dan menghasilkan tingkat kerusakan yang rendah (8%). Ini memperkuat bahwa aspek pendampingan dan transfer teknologi komunitas sangat penting.

3. Nilai Ekonomi dan Pemberdayaan Masyarakat

– Bank Sampah Sidoresik melalui kegiatan ini memperoleh tambahan sumber pendapatan dari penjualan blok paving ke lingkungan lokal (sekolah, RT/RW, lingkungan perumahan) dengan harga jual setara produk lokal (nilai diperkirakan setara paving beton lokal).

– Kegiatan ini telah memberdayakan sekitar 25 orang warga aktif (pengumpul, pemilah plastik, operator produksi) yang sebelumnya hanya melakukan pemilahan dan penjualan plastik ke tengkulak biasa. Sekarang mereka ikut dalam proses produksi, memperoleh pelatihan teknis,

dan memperoleh bagian margin produksi.

– Bank sampah memperoleh nilai tambah yang lebih besar dibanding hanya menjual plastik mentah. Dengan demikian, model ini memperkuat peran bank sampah sebagai pusat pemberdayaan ekonomi lokal dan pengelolaan limbah berbasis komunitas.

4. Implikasi Pemberdayaan Masyarakat

Kegiatan pengabdian ini menitikberatkan pemberdayaan masyarakat dalam arti partisipasi aktif (pengumpulan, pemilahan, produksi), pelatihan kapasitas (teknis dan manajerial), serta peningkatan akses ke peluang ekonomi (produk bernilai jual). Pendekatan ini sesuai dengan paradigma pengabdian masyarakat yang berbasis kapasitas lokal (community-based empowerment). Dengan demikian, bukan hanya proyek yang asal dijalankan oleh tim pengabdian, tetapi masyarakat ikut memiliki, mengelola dan merasakan manfaatnya. Hal ini meningkatkan keberlanjutan program.

Pengalaman Bank Sampah Sidoresik menunjukkan bahwa setelah pelaksanaan program, sebagian peserta sudah menyarankan untuk menjadwalkan produksi rutin dan menjalin kerjasama dengan pihak sekolah dan RT/RW sekitar untuk pemesanan paving. Ini menandakan bahwa program telah memicu inisiatif

komunitas untuk ber-wirausaha berbasis limbah plastik.

Analisis ekonomi sederhana menunjukkan bahwa dengan biaya bahan limbah plastik yang relatif rendah dan mengolahnya menjadi paving blok dengan harga jual yang kompetitif, margin keuntungan dapat diperoleh. Meski margin per unit mungkin rendah, volume produksi dan nilai tambah dari limbah plastik menjadikan kegiatan ini layak secara ekonomi di tingkat komunitas kecil.

SIMPULAN

Program ini berhasil meningkatkan kapasitas masyarakat ($\pm 41\%$) dan mutu paving plastik berbasis komposit LDPE–multilayer dengan kuat tekan 18,2 MPa dan massa jenis 2,05 g/cm³, sehingga layak diterapkan di tingkat komunitas dan bernilai ekonomi. Kontribusinya terletak pada penerapan teknologi tepat guna dalam pemberdayaan masyarakat berbasis pengelolaan limbah. Keterbatasan utama meliputi ketersediaan bahan multilayer, kestabilan suhu proses, serta aspek biaya dan pemasaran, sehingga perlu pengembangan lanjutan untuk keberlanjutan program.

DAFTAR PUSTAKA

Agrawal, R., Singh, S. K., Singh, S., Prajapat, D. K., Sudhanshu, S., Kumar, S., Āurin, B., Šrajbek, M., & Gilja, G. (2023). Utilization of Plastic Waste in Road Paver Blocks as a Construction Material. *CivilEng*, 4(4), 1071–1082.
<https://doi.org/10.3390/civileng4040058>

Asif, U., & Javed, M. F. (2024). Optimizing plastic waste inclusion in paver blocks: Balancing performance, environmental impact, and cost through LCA and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 478(May).

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143901>

Astutik, R. P., Septian, P. D., Andini, I. N., Fitriya, N. I., & Radianto, D. O. (2024). Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Untuk Pengolahan Limbah Padat Menuju Produksi Bebas Limbah. *Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 83–96.
<https://journal.aritekin.or.id/index.php/Venus/article/view/250%0Ahttps://journal.aritekin.or.id/index.php/Venus/article/download/250/251>

Bagas Tri Suryanto, Nani Mulyaningsih, N. N. (2026). Optimasi Rasio Limbah Plastik Ldpe dan Multilayer terhadap Kuat Tekan Paving Block. *J-Proteksion*, 10(2), 178–181.
<https://doi.org/10.32528/jp.v10i2.4381>

Bahrodin, M. B., Zaidi, N. S., Hussein, N., Sillanpää, M., Prasetyo, D. D., & Syafiuddin, A. (2021). Recent Advances on Coagulation-Based Treatment of Wastewater: Transition from Chemical to Natural Coagulant.

- Current Pollution Reports*, 7(3), 379–391.
<https://doi.org/10.1007/s40726-021-00191-7>
- Brunner, S., Tharian, P. J., Simmler, H., & Ghazi Wakili, K. (2008). Focused ion beam (FIB) etching to investigate aluminium-coated polymer laminates subjected to heat and moisture loads. *Surface and Coatings Technology*, 202(24), 6054–6063.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.07.010>
- Erdin Khalid Zulfi1, Zainuri2, F. S. (2021). Kualitas Paving Block dengan Menggunakan Limbah Plastik Polypropylen terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik*, 15(No 2 Oktober), 185–190.
- Huda, A. A., Mulyanto, A., Setiawan, A., & ... (2025). Pemberdayaan Masyarakat melalui Pelatihan Pemanfaatan Limbah Plastik untuk Pembuatan Paving Block di Desa Seruni Mumbul Lombok Timur. *Jurnal Indonesia ...*, 7(2), 137–147.
<http://journal.unuha.ac.id/index.php/JIMi/article/view/4928%0Ahttps://journal.unuha.ac.id/index.php/JIMi/article/download/4928/1260>
- Imam Agus Wahyudi, Nani Mulyaningsih, N. N. (2026). Evaluasi Sifat Tampak dan Dimensi Paving Block dengan Pengaruh Waktu Pemanasan Limbah Plastik LDPE dan Multilayer untuk Aplikasi Eksternal. *J-Proteksion*, 10(2), 182–186.
<https://doi.org/10.32528/jp.v10i2.4384>
- Indrawijaya, B. (2019). Pemanfaatan Limbah Plastik Ldpe Sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Blok Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3(1), 1–7.
<https://doi.org/10.32493/jitk.v3i1.2594>
- Kasim, F. (2025). Transformasi Sampah Plastik Menjadi Paving Block sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Berkelanjutan di Desa Laut Biru. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 11(2), 286–294.
<https://doi.org/10.29244/agrokreatif.11.2.286-294>
- Lestari, B., Yumni, A., Ramadhani, C., Putri, F. A., Salsabila, N. S., Purba, N. H., Fadhillah, S. A., Rizki, S., Simanjuntak, W., & Syahfitri, Y. (2025). Pemanfaatan Limbah Plastik Melalui Inovasi Ecobricks di Desa Setia Tawar Barat Bunga. *4(2)*, 106–112.
- Mustakim, M., Asrul, A., & Virlyani, A. (2023). Paving Block Tanpa Semen Berbahan Limbah Plastik. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 4(2), 595–604.
<https://doi.org/10.51988/jtsc.v4i2.133>
- Nada, I. M., Graha, I. M. S., Wijaya, I. M. W., & Nakari, N. K. I. Y. (2024). Efektivitas pengolahan sampah di

pusat daur ulang mengwitani. *Jurnal Eccocentrism*, 4(2), 67–75.

Nurkhaerani, F., Sari, G. L., Debora, F., Nugroho, E. O., & Hassalum, Z. D. (2024). *Analisis Paving Block berdasarkan Sifat Tampak dan Reduksi Limbah Plastik Multilayer , Limbah Keramik Sanitary , dan Limbah Karet Alas Sepatu*. 6(2), 91–97.

Putri, L. D., Marbun, I. C., Qoiri, A., & Triniasi, E. (2026). *Socialization and Education on Processing Plastic Waste into Paving Blocks Sosialisasi dan Edukasi Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Paving Block*. 10(1), 36–42.

Riyandini, V. L., Fitriada, W., & Sawir, H. (2021). Pengaruh Komposisi Plastik Multilayer Dan Plastik Hdpe Terhadap Sifat Fisik Papan Polimer. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(2), 156. <https://doi.org/10.36275/stsp.v21i2.385>

