



## From waste to resource: Transforming used tires into crumb rubber for economic growth

Heru Agus Santoso, Dewa Kusuma Wijaya✉, Nur Islahudin, Herwin Suprijono  
Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia

✉ [dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id](mailto:dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id)

 <https://doi.org/10.31603/ce.12754>

### Abstract

The increasing number of motorized vehicles in Indonesia has resulted in the accumulation of used tire waste, which is difficult to recycle or decompose. Crumb rubber, as a recycled product made from used tire waste, has great potential for use in various innovative applications. This activity program is partnered with the Repro UMKM group located in Nongko Lanang Hamlet, Wonolopo, Mijen District, Semarang City. The purpose of this community service is to implement innovative technology for processing used tire waste into crumb rubber as an industrial raw material for making high-quality products. The implementation of this program includes the fabrication of machines for crumb rubber production and providing technological education about the operation of the machines to the partners. Through this activity, partners are given the knowledge and skills needed to run the production process. The results of implementing crumb rubber technology provide significant benefits in terms of the economy, environment, and society. Economically, recycling used tire waste produces crumb rubber, which can increase partner income, with a market price of around IDR 65,000/kg. From an environmental perspective, crumb rubber offers a solution to the problem of used tire waste, reducing long-term negative impacts. On the social aspect, crumb rubber production activities create new jobs for business actors and communities that contribute to the provision of used tire waste.

**Keywords:** Crumb rubber; Tools manufacturing; Technology education; Used tire waste; Repro MSME group

## *Dari limbah menjadi sumber daya: Mengubah ban bekas menjadi crumb rubber untuk pertumbuhan ekonomi*

### Abstrak

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mengakibatkan penumpukan limbah ban bekas, yang sulit didaur ulang atau diuraikan. Crumb rubber, sebagai produk daur ulang dari limbah ban bekas, memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi inovatif. Program kegiatan ini bermitra dengan kelompok UMKM Repro yang berlokasi di Dusun Nongko Lanang, Wonolopo, Kecamatan Mijen, Kota Semarang. Tujuan dari pengabdian masyarakat ini adalah mengimplementasikan teknologi inovasi alat untuk mengolah limbah ban bekas menjadi crumb rubber sebagai bahan baku industri untuk pembuatan produk berkualitas tinggi. Realisasi program ini meliputi fabrikasi mesin untuk produksi crumb rubber serta edukasi teknologi tentang operasionalitas mesin tersebut kepada mitra. Melalui kegiatan ini, mitra diberikan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi. Hasil implementasi teknologi crumb rubber memberikan manfaat yang signifikan dari segi ekonomi, lingkungan, dan sosial. Secara ekonomi, daur ulang limbah ban bekas menghasilkan crumb rubber yang dapat meningkatkan pendapatan mitra,

Contributions to  
SDGs

8 DECENT WORK AND  
ECONOMIC GROWTH



9 INDUSTRY, INNOVATION  
AND INFRASTRUCTURE



dengan harga pasar sekitar 65.000 IDR/kg. Dari sisi lingkungan, *crumb rubber* menawarkan solusi terhadap masalah limbah ban bekas, mengurangi dampak negatif jangka panjang. Pada aspek sosial, kegiatan produksi *crumb rubber* menciptakan lapangan kerja baru bagi pelaku usaha dan masyarakat yang berkontribusi dalam penyediaan limbah ban bekas.

**Kata Kunci:** *Crumb rubber; Pembuatan alat; Edukasi teknologi; Limbah ban bekas; Kelompok UMKM Repro*

## 1. Pendahuluan

Jumlah mobil dan kendaraan bermotor di Indonesia, khususnya di Jawa Tengah semakin meningkat dari tahun ke tahun. Total jumlah kendaraan bermotor 18.828.975 unit, meningkat menjadi 19.534.880 unit pada tahun 2022. Perkembangan industri otomotif yang pesat membuat setiap komponen-komponen penting yang diperlukan pada setiap pembuatan otomotif diproduksi secara masal dan berlimpah. Salah satu komponen penting dalam kendaraan adalah ban. Peningkatan sebesar 3,66% per tahun berdampak cukup signifikan bagi limbah ban bekas yang hingga saat ini belum tertangani dengan baik. Semakin pesat laju industri otomotif menjadikan permintaan ban kendaraan yang semakin meningkat (Deviyani & Mudra, 2024). *Crumb rubber* merupakan salah satu hasil pengolahan (parutan) limbah ban bekas. Pengolahan ban bekas bisa berupa *recycled rubber* dan *reclaimed rubber* (Mulyani & Hamdani, 2017).

Kelompok UMKM Repro Kota Semarang merupakan salah satu UMKM penggerak ekonomi sirkuler yang berfokus pada bidang pengolahan sampah kota. UMKM tersebut memiliki visi untuk memberdayakan masyarakat sekitar dan sumber daya lokal agar dapat memberikan kebermanfaatan yang lebih luas baik secara ekonomi, sosial maupun lingkungan. Berlokasi di Dusun Nongko Lanang, Wonolopo, Kecamatan Mijen, Kota Semarang, UMKM tersebut saat ini tengah mengelola sistem pengolahan sampah organik berbasis maggot. Namun dengan banyaknya tuntutan masyarakat terkait pengolahan sampah non organik, maka UMKM tersebut kini mulai berfokus untuk mengolah limbah ban bekas kendaraan bermotor secara tepat guna bernilai tambah ekonomi-lingkungan. Hal ini dikarenakan Kota Semarang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang tentu saja tingkat kepadatan penduduk dan pengguna kendaraan bermotor yang tinggi sehingga menghasilkan akumulasi limbah ban bekas yang banyak. Di lain sisi, limbah ban bekas tersebut juga tidak banyak dilirik oleh para penggerak lingkungan, oleh karena sangat sulit diurai dan dikhawatirkan dimanfaatkan oleh orang yang tidak bertanggung jawab untuk diolah kembali menjadi produk ban vulkanisir yang tentu saja berbahaya bagi pengguna kendaraan apabila dipakai untuk jangka panjang dan kondisi cuaca yang tidak tentu.

Fakultas teknik Universitas Dian Nuswantoro melalui bidang kajian *Green Environment and Circular Economy* (GREECE) sejauh ini menjadikan pengolahan limbah sebagai salah satu bidang fokus kajian baik berbasis penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat. Melalui kerja sama dengan beberapa pihak, termasuk industri menjadikan penguatan pengabdian kepada masyarakat menjadi lebih berkualitas. Melalui kegiatan pengabdian masyarakat dengan fokus program pengolahan limbah ban bekas menjadi produk *crumb rubber* ini tim pelaksana bermitra dengan kelompok UMKM Repro. Wujud dari kerja sama kemitraan tersebut adalah solusi teknis berupa teknologi dalam daur ulang limbah ban bekas menjadi produk *crumb rubber* sebagai bahan baku industri yang bernilai tambah ekonomi, serta bernilai tambah lingkungan agar tidak menjadi

limbah yang berdampak negatif. Melalui kolaborasi tersebut diharapkan menjadi model dalam solusi penyelesaian sampah non organik kota melalui upaya pendekatan teknologi dalam sistem tata kelola persampahan kota secara tepat guna. Gambar 1 berikut adalah gambaran teknologi tepat guna dari mesin *crumb rubber*.



Gambar 1. Mesin *crumb rubber*

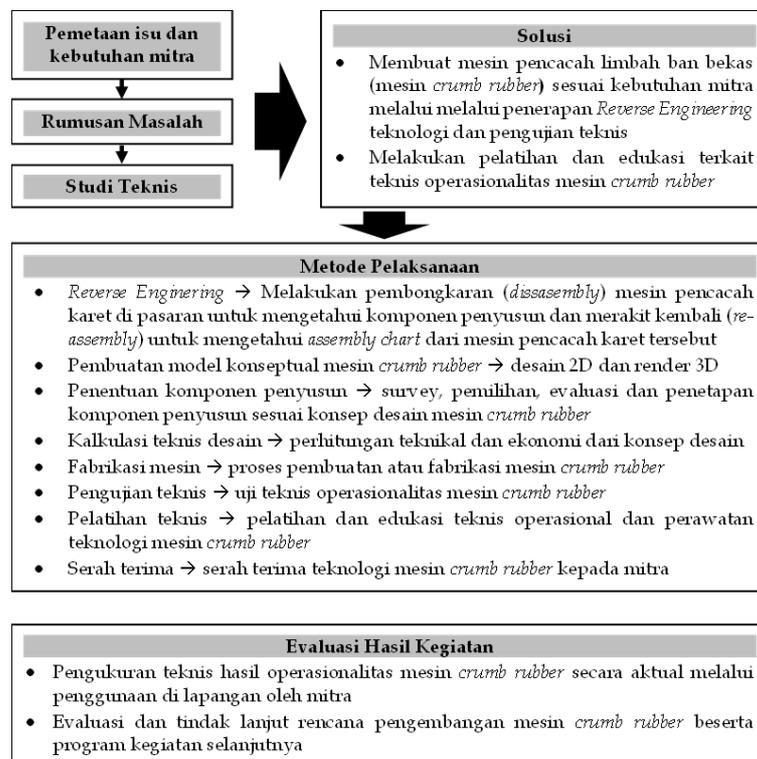
Dalam pengembangan teknologi produksi *crumb rubber* dan manajemen rantai pasok melalui daur ulang ban bekas mengacu dari beberapa penelitian terdahulu, diantaranya penelitian terkait rancang bangun alat potong ban bekas (Pratama et al., 2023). Selanjutnya terkait pemanfaatan ban bekas sebagai campuran aspal, beton, komposit, filler dan pengolahan menjadi minyak, selain dapat mengatasi limbah juga berpeluang untuk menciptakan industri baru dan perputaran ekonomi baru, termasuk industri-industri lanjutannya (Rochman & Setiyo, 2019). Pada tahun berikutnya terdapat penelitian terkait penggunaan limbah ban bekas sebagai substitusi pasir pada campuran bata beton ringan ditinjau kuat tekannya (Setiawan et al., 2021) dan pada tahun yang sama terdapat penelitian terkait penggunaan *crum rubber* pada pembuatan paving blok (Fahri & Tarigan, 2021), serta efektivitas arang aktif dari limbah tatal karet sebagai media filtrasi untuk penurunan parameter PH, warna dan zat organik pada air gambut (Maidayanti, 2021). Pada skala internasional terdapat tinjauan sifat beton dengan karet remah yang tidak diolah dan diolah (Assaggaf et al., 2021). Kemudian pada tahun berikutnya terdapat penelitian terkait pemanfaatan *crumb rubber* dan *rubber chip* dari limbah ban bekas terhadap sifat mekanis beton (Nurchasanah et al., 2022).

Analisa pengaruh penggunaan filler pada perkerasan jalan terhadap nilai *marshall* (Mesias, 2022), *trash can-composter*: alat pencacah sampah organik untuk pencacah sampah limbah pertanian (Syarifah et al., 2022), kemudian pada skala internasional terdapat penelitian terkait kemajuan penelitian dan evaluasi kinerja aspal termodifikasi karet remah dan campurannya (Duan et al., 2022). Karet remah sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton (Ren et al., 2022), serta perilaku reologi pengikat aspal modifikasi wma dengan *crumb rubber* (Turbay et al., 2022). Selanjutnya pada tahun berikutnya terdapat penelitian terkait pemanfaatan limbah ban bekas sebagai *speed bump* di jalan berlian I Perumahan Intan Sambiroto (Sholahudin et al., 2023), rancang bangun alat potong ban bekas untuk pembuatan bahan baku kerajinan (Pratama et al., 2023), serta pada skala internasional terkait kinerja beton karet remah dibuat dengan

kandungan karet pra-perlakuan panas yang tinggi dan air bermagnet (Youssf et al., 2023) dan pada tahun ini terdapat penelitian terkait desain mesin pencacah sampah organik (Sundari et al., 2024). Teori dekonstruksi dalam menginterpretasi limbah ban kendaraan bertransformasi menjadi produk kursi sebagai makna baru (Deviyani & Mudra, 2024), serta analisis pengaruh substitusi ban bekas terhadap durabilitas dan fleksibilitas aspal ac-wc (Rosyad et al., 2024).

## 2. Metode

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat untuk memecahkan permasalahan dari mitra terangkum dalam bagan diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat

Proses pelaksanaan program kegiatan kepada masyarakat ini adalah fabrikasi dari mesin *crumb rubber* yang dilakukan di laboratorium Sistem Produksi (Sispro) milik Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro. Dimana teknis proses fabrikasi mesin tersebut terlebih dahulu dilakukan pemetaan teknologi mesin serupa di pasaran dengan menerapkan metode *reverse engineering* untuk mengetahui desain dan komponen penyusun alat. Selanjutnya dilakukan rekayasa teknik untuk pengembangan mesin *crumb rubber* sesuai dengan kebutuhan mitra dan ketersediaan komponen di pasaran secara umum. Melalui rekayasa teknik tersebut, desain mesin dirancang terlebih dahulu, ditetapkan komponen penyusunnya dan diuji kelayakan teknisnya secara simulasi berbasis komputer. Setelah dinilai layak, selanjutnya dilakukan proses fabrikasi fisik mesin.

Rangkaian waktu program kegiatan kepada masyarakat ini dilakukan selama kurun 6 bulan penuh dimulai dari bulan Juli 2024 sampai dengan Desember 2024 yang kemudian

diakhiri dengan pelatihan dan edukasi teknis operasional teknologi mesin *crumb rubber* kepada kelompok UMKM Repro di gedung i Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro. Setelah dinilai mitra tersebut mampu, maka serah terima alat dilakukan secara resmi.

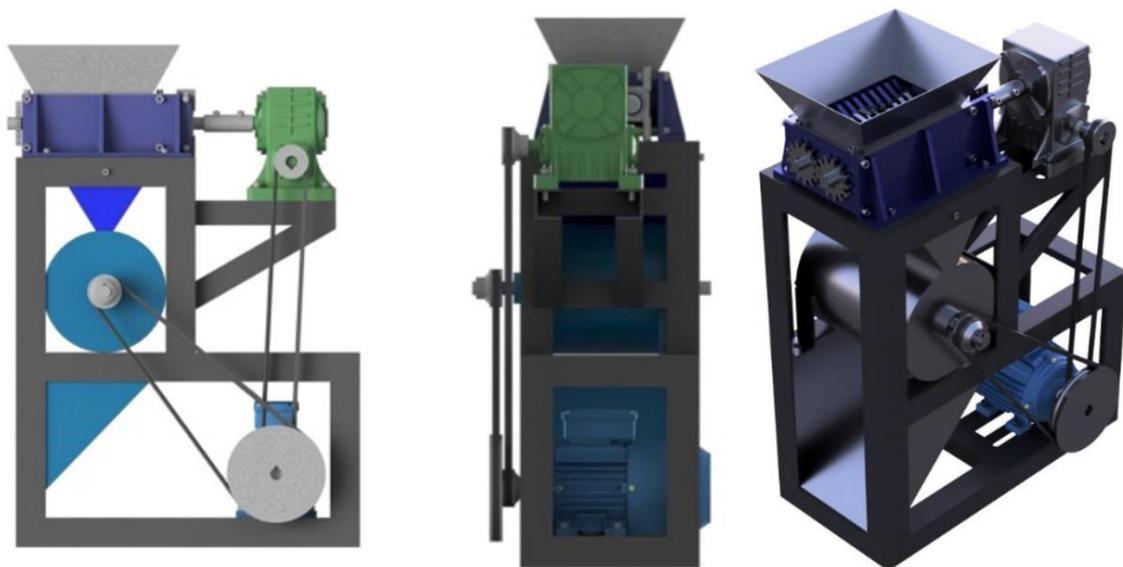
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Proses *reverse engineering* dan pemetaan kebutuhan mesin *crumb rubber*

Proses pertama, dilakukan *reverse engineering* mesin serupa yang telah beredar di pasaran untuk mengetahui detail komponen penyusun beserta bagaimana setiap komponen tersebut dirakit menjadi unit alat, sehingga tim pelaksana memiliki data kritis. Selanjutnya, pemetaan kebutuhan berdasarkan dimensi mesin, jenis, bahan dan jumlah komponen penyusun serta mekanisme kerja dari mesin *crumb rubber* tersebut.

### 3.2. Proses perancangan dan rekayasa desain mesin *crumb rubber*

Proses kedua merancang desain mesin *crumb rubber* tersebut berdasarkan data teknis yang telah diperoleh dengan *Computer Aided Design* (CAD). Selanjutnya, diikuti dengan rekayasa dari mekanisme kerja mesin agar lebih sesuai dengan kebutuhan, serta dilakukan pengujian desain berbasis simulasi dengan *Computer Aided Engineering* (CAE). **Gambar 3** merupakan desain mesin *crumb rubber*.



Gambar 3. Rancangan desain 2D (kiri) dan render 3D mesin *crumb rubber* (kanan)

### 3.3. Proses fabrikasi mesin *crumb rubber*

Proses ketiga, fabrikasi mesin *crumb rubber* sesuai desain yang telah ditetapkan. Pada proses fabrikasi ini dilakukan dengan penetapan komponen penyusun, kemudian diikuti dengan pembuatan struktur rangka atau frame, pembuatan struktur pisau pencacah dan pembuatan struktur penggerak mesin serta diakhiri dengan perakitan keseluruhan bagian. Proses penetapan komponen penyusun dioptimalkan dengan pendekatan metode VDI 2222 sehingga diperoleh komponen penyusun yang sesuai dengan target spesifikasi dan parameter kritis yang dikehendaki. Selanjutnya dilakukan fabrikasi dari struktur rangka mesin *crumb rubber*, dimana pada teknisnya dimensi dari

rangka mesin disesuaikan dengan anthropometry pengguna dan dimensi dari komponen-komponen penyusun dari mesin tersebut.

Proses fabrikasi juga dilakukan pada komponen struktur pisau pencacah, dimana bagian ini merupakan bagian vital dari mesin *crumb rubber* karena memiliki fungsi utama untuk mencacah atau memarut karet ban bekas menjadi remahan karet (*crumb rubber*). Adapun mekanisme pisau pencacah dibagi menjadi 2, yaitu pisau *shredder* yang diletakkan pada bagian awal proses untuk mencacah kasar dan pisau *chopper* yang diletakkan pada bagian akhir proses untuk mencacah halus. Proses fabrikasi diakhiri dengan pembuatan struktur penggerak dengan menggunakan engine 4 tak dikarenakan lokasi mitra tidak tersedia sumber listrik dengan daya tinggi dan mekanisme penggerak berbasis *belt* dan *pully*. **Gambar 4** adalah proses fabrikasi dari mesin *crumb rubber*.



**Gambar 4.** Proses fabrikasi mesin *crumb rubber*

### 3.4. Proses *finishing* dan pengujian mesin *crumb rubber*

Proses keempat adalah *finishing* dari hasil fabrikasi mesin *crumb rubber*, dimana pada proses *finishing* ini mencakup pengecatan dan perakitan akhir mesin *crumb rubber* (**Gambar 5**). Pengecatan dilakukan pada bagian rangka atau frame dan bagian bodi struktur pisau pencacah. Pada proses pengecatan sendiri dilakukan dengan menggunakan cat dasar atau *primer coat*, kemudian dilanjutkan dengan cat utama atau *base coat*, dan diakhiri dengan pelapis vernis atau *top coat*. Tujuan dari pengecatan tersebut agar mesin *crumb rubber* lebih awet dan tahan terhadap korosi, serta meningkatkan nilai estetika dari mesin. Setelah pengecatan maka dilanjutkan dengan perakitan (*assembly*) akhir mesin *crumb rubber*, dimana teknisnya semua komponen yang sudah di-*fitting* dan dilapisi cat akan dirakit menjadi satu unit mesin. Proses selanjutnya adalah pengujian dari mesin *crumb rubber*, dimana teknis pengujian ini berupa uji mekanis mesin, uji daya tahan mesin dan uji operasional mesin.



**Gambar 5.** Pengecatan *frame*, perakitan komponen dan pengujian mesin *crumb rubber*

### 3.5. Pelatihan dan edukasi teknologi mesin *crumb rubber*

Proses kelima adalah pelatihan dan edukasi kepada mitra (kelompok UMKM Repro) (Gambar 6). Adapun teknis dari pelatihan yang dimaksud adalah terkait teknis operasional mesin *crumb rubber*. Mulai dari bagaimana prosedur operasi penggunaan mesin dan dilanjutkan dengan teknis *maintenance* berupa prosedur operasi perawatan mesin *crumb rubber*. Kegiatan dilanjutkan dengan edukasi terkait dengan pemahaman teknologi dari mesin *crumb rubber* beserta mekanisme kerja dalam proses produksi membuat karet remahan.



Gambar 6. Pelatihan operasional dan *maintenance* mesin dan edukasi teknologi mesin *crumb rubber* mitra kelompok UMKM Repro

### 3.6. Serah terima mesin *crumb rubber* dan penutupan program kegiatan

Proses keenam berupa kegiatan serah terima mesin *crumb rubber* kepada mitra dimana proses ini dilakukan setelah kegiatan pelatihan dan edukasi teknologi mesin *crumb rubber* selesai dilakukan. Rangkaian kegiatan program pengabdian kepada masyarakat ini kemudian diakhiri dengan penutupan dengan dokumentasi foto bersama. Melalui kegiatan ini diharapkan mampu memberikan kebermanfaatn bagi mitra serta mampu memberikan kebermanfaatn yang lebih luas kepada khalayak umum ataupun organisasi yang berkecimpung di dalam bidang pengolahan atau daur ulang sampah. Gambar 7 merupakan dokumentasi dari kegiatan serah terima dan penutupan rangkaian program kegiatan terkait teknologi mesin *crumb rubber* dalam daur ulang limbah ban bekas bernilai ekonomi-lingkungan.



Gambar 7. Serah terima unit mesin dan dokumentasi foto bersama dengan mitra

### 3.7. Evaluasi kegiatan pengabdian

Tujuan dari proses evaluasi adalah untuk mengukur secara objektif dari efektivitas beserta efisiensi kinerja mitra terkait pelaksanaan kegiatan. Adapun teknis dari pengukuran tersebut bersifat sebelum-sesudah (*before-after*) yang diukur berdasarkan

parameter uji yang telah ditetapkan oleh tim pelaksana. Melalui evaluasi pengukuran ini diharapkan juga mampu mengetahui kemampuan mitra dan dapat menjadi acuan pengembangan model pengolahan atau daur ulang limbah ban bekas menjadi *crumb rubber* di lain tempat. Tabel 1 disajikan hasil evaluasi yang telah dilakukan.

Tabel 1. Perbandingan sebelum dan sesudah pemanfaatan teknologi mesin *crumb rubber* untuk daur ulang limbah ban bekas

No	Sebelum Pemanfaatan	Setelah Pemanfaatan
1	Aspek Teknologi, mitra tidak memiliki teknologi alat di dalam mengolah limbah ban bekas menjadi produk bernilai tambah	Mitra memiliki teknologi alat pengolah limbah ban bekas menjadi produk karet remahan atau <i>crumb rubber</i> yang memiliki nilai tambah
2	Aspek Ekonomi, oleh karena tidak memiliki teknologi maka limbah ban bekas hanya sekedar dikumpulkan dan dijual secara utuh saja kepada pengepul besar dengan harga yang relatif sangat murah dan tidak sesuai dengan biaya transport maupun operasional	Produk <i>crumb rubber</i> yang kini mampu dihasilkan oleh mitra secara mandiri dari hasil daur ulang limbah ban bekas, kini dapat dijual langsung ke industri sebagai bentuk bahan baku karet remahan dengan harga pasar rata-rata 65.000,- IDR per kg
4	Aspek lingkungan, akumulasi limbah ban bekas di daerah sekitar mitra tiap minggunya cukup banyak berkisar 1-3 ton yang dihasilkan dari berbagai jenis kendaraan bermotor melalui bengkel-bengkel yang sejauh ini hanya dibuang begitu saja, bahkan yang kondisi dinilai layak maka akan divulkanisir	Melalui implementasi teknologi pengolahan <i>crumb rubber</i> maka sepenuhnya limbah ban bekas tersebut dapat diproses, sehingga diharapkan tidak mencemari lingkungan, namun sebagai pertimbangan lebih lanjut kapasitas mesin perlu diperbesar seiring tingginya akumulasi suplai limbah ban bekas agar lebih cepat terserap
5	Aspek sosial, aktivitas bisnis dari mitra sebelumnya hanya berfokus terhadap pengolahan limbah organik berbasis maggot yang tentu saja keterserapan tenaga kerja hanya terbatas pada lingkup tersebut dan bahkan tidak banyak orang yang tertarik dikarenakan aktivitas tersebut membutuhkan daya tahan tubuh yang prima	Melalui implementasi teknologi pengolahan <i>crumb rubber</i> maka dapat menambah tenaga kerja untuk menjalankan aktivitas bisnis, dan bahkan aktivitas tersebut dapat bermitra secara luas dengan bengkel-bengkel kendaraan bermotor sehingga dampak sosial kepada masyarakat secara luas dapat dirasakan

## 4. Kesimpulan

Program kegiatan kepada masyarakat ini menghasilkan teknologi mesin pencacah limbah ban bekas yang bermanfaat bagi Kelompok UMKM Repro, mitra program. Manfaatnya meliputi nilai tambah ekonomi, lingkungan, dan sosial. Secara ekonomi, daur ulang limbah ban bekas menghasilkan *crumb rubber* sebagai bahan baku industri, memberikan penghasilan tambahan bagi mitra. Dari aspek lingkungan, *crumb rubber* menjadi solusi atas limbah ban bekas yang mencemari lingkungan. Secara sosial, produksi *crumb rubber* menciptakan lapangan kerja baru bagi pelaku usaha dan masyarakat yang memasok limbah ban bekas. Diharapkan, kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat luas dan dapat diterapkan di tempat lain sebagai wujud peningkatan ekonomi sirkuler melalui daur ulang limbah bernilai tambah.

## Ucapan Terima Kasih

---

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Dian Nuswantoro melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) dan Fakultas Teknik sebagai fasilitator kegiatan, sehingga penulis mampu mempublikasikan karya ilmiah yang diharapkan dapat memperkaya kajian keilmuan dalam bidang perancangan dan pengembangan teknologi permesinan industri. Selain itu, tim pelaksana kegiatan juga mengucapkan terima kasih kepada Kelompok UMKM Repro selaku mitra dalam pelaksanaan program kegiatan sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

## Kontribusi Penulis

---

Pembuatan laporan kegiatan dan luaran: HAS; Fabrikasi teknologi mesin *crumb rubber*: DKW; Pelaksana teknis dan lapangan: NI.

## Konflik Kepentingan

---

Seluruh penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan finansial atau non-finansial yang terkait dengan artikel ini.

## Pendanaan

---

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (KEMENDIKBUDRISTEK) dalam kontrak induk penelitian nomor 128/E5/PG.02.00/PM.BARU/2024 dengan kontrak derivatif nomor 023/LL6/PgB//AL.04/2024 dan 061/A.38-04/UDN-09/VI/2024.

## Daftar Pustaka

---

- Assagaf, R., Ali, M. R., Al-Dulajian, S. U., & Maslehuudin, M. (2021). Properties Of Concrete With Untreated And Treated Crumb Rubber–A Review. *Journal of Materials Research And Technology*, 11, 1753–1798. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.019>
- Deviyani, N. K. S., & Mudra, I. W. (2024). Teori Dekonstruksi Dalam Mengintepretasi Limbah Ban Kendaraan Bertransformasi Menjadi Produk Kursi Sebagai Makna Baru. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan Dan Perancangan Produk)*, 7(1), 45–52. <https://doi.org/10.24821/Productum.V7i1.4928>
- Duan, K., Wang, C., Liu, J., Song, L., Chen, Q., & Chen, Y. (2022). Research Progress And Performance Evaluation Of Crumb-Rubber-Modified Asphalts And Their Mixtures. *Construction And Building Materials*, 361.
- Fahri, T., & Tarigan, J. (2021). Penggunaan Crum Rubber Pada Pembuatan Paving Blok. *Jurnal Syntax Dmiration*, 2(3), 523–533. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.192>
- Maidayanti, K. (2021). Efektivitas Arang Aktif Dari Limbah Tatal Karet Sebagai Media Filtrasi Untuk Penurunan Parameter Ph, Warna Dan Zat Organik Pada Air Gambut. Universitas Batanghari.

- Mesias, M. (2022). *Analisa Pengaruh Penggunaan Filler Pada Perkerasan Jalan (Ac-Wc) Terhadap Nilai Marshall*. Universitas Medan Area.
- Mulyani, S., & Hamdani, D. (2017). Teknik Pencampuran Yang Optimal Antara Crumb Rubber Dan Aspal Pen 60/70. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 34(1), 8–20.
- Nurchasanah, Y., Rochman, A., Handayani, N. K., & Irianto, R. A. (2022). Pemanfaatan Crumb Rubber Dan Rubber Chip Dari Limbah Ban Bekas Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan Dan Industri*, 194–197.
- Pratama, I. G. A. P., Sopan, I. P. G., & Sandiyani, N. W. (2023). *Rancang Bangun Alat Potong Ban Bekas Untuk Pembuatan Bahan Baku Kerajinan*. Politeknik Negeri Bali.
- Ren, F., Mo, J., Wang, Q., & Ho, J. C. M. (2022). Crumb Rubber As Partial Replacement For Fine Aggregate In Concrete: An Overview. *Construction And Building Materials*, 343(2).
- Rochman, M. L., & Setiyo, M. (2019). Mini Review: Potensi Limbah Ban Menjadi Bahan Dan Produk Yang Berguna. *Jurnal Teknologi Material*, 9(1).
- Rosyad, F., Sakti, R. M., Irham, & Wahab, W. (2024). Analisis Pengaruh Substitusi Ban Bekas Terhadap Durabilitas Dan Flexibilitas Aspal Ac-Wc. *Rang Teknik Journal*, 7(2).
- Setiawan, A., Sugiarto, A., & Riyanto, S. (2021). Penggunaan Limbah Ban Bekas Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Bata Beton Ringan Ditinjau Kuat Tekannya. *Jurnal JOS-MRK*, 2(3), 156–161. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.03.156-161>
- Sholahudin, F., Hapsari, R. N. A., Ardhiansyah, M. F., Budi, L., Ma'arif, S., Sugiharta, F. B., & Sa'diyyah, L. (2023). Pemanfaatan Limbah Ban Bekas Sebagai Speed Bump Di Jalan Berlian I Perumahan Intan Sambiroto, Kota Semarang. *Communnity Development Journal*, 4(4), 7205–7212.
- Sundari, S., Yuspradana, R., Irwanto, S., & Pratama, R. A. (2024). Desain Mesin Pencacah Sampah Organik Kapasitas 20 Kg Dalam Mendukung Produksi Eco-Enzyme Dan Kompos. *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(3), 315–324. <https://doi.org/10.55123/Insologi.V3i3.3584>
- Syarifah, R. D., Amini, H. W., Nihayah, H., & Luthfiyana, N. U. (2022). Trash Can-Composter: Alat Pencacah Sampah Organik Untuk Pencacah Sampah Limbah Pertanian. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(3), 1712. <https://doi.org/10.31764/Jmm.V6i3.7668>
- Turbay, E., Martinez-Arguelles, G., Navarro-Donado, T., Sánchez-Cotte, E., Polo-Mendoza, R., & Covilla-Valera, E. (2022). Rheological Behaviour Of Wma-Modified Asphalt Binders With Crumb Rubber. *Polymers*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/Polym14194148>
- Youssf, O., Swilam, A., & Tahwia, A. M. (2023). Performance Of Crumb Rubber Concrete Made With High Contents Of Heat Pre-Treated Rubber And Magnetized Water. *Journal Of Materials Research And Technology*, 23, 2160–2176. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.146>

