

Optimasi Mesin Pencacah Plastik Tipe Shredder untuk Meningkatkan Kinerja Transmisi dan Keseragaman Hasil Cacahan

Abdul Tahir^{1*}, Sirama²

¹ Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Sorowako; email : abdultahir0101@gmail.com

² Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Sorowako; email : sirama@politekniksorowako.ac.id

* Abdul Tahir

Abstract: Plastic shredding is a crucial initial stage in the recycling chain, as it determines the ease of transport, washing, sorting, and subsequent processing. This study presents the design and performance evaluation of a shredder-type plastic shredding machine, focusing on the optimization of the transmission system and blade configuration. The research methodology involved observing the limitations of an initial machine design, conducting a literature review, selecting components, manufacturing, assembly, and performing functional tests using PET bottles and thin cans. The design incorporates a 1 HP, 1400 rpm electric motor, a pulley-belt system, a 1:40 ratio reduction gearbox, a flange coupling, shaft-connecting gears, and 24 rotary cutters (measuring 115 × 115 × 12 mm) featuring six cutting edges. The theoretical output speed of the blade shaft is 35 rpm. Analysis results indicate a total blade mass of approximately 32.432 kg, a gravitational force of 318 N, and shaft support reactions of 159 N each. Testing demonstrated a processing capacity of 600–800 g/minute and the ability to shred PET bottles down to 2 mm and cans to 0.5 mm, although the shredded particle size lacked uniformity. Compared to previous studies, the prototype's performance falls within a relevant range for small-scale machines; however, the consistency of the shredded output remains influenced by blade geometry, clearance, sharpness, and wear. This study underscores that transmission optimization must be accompanied by controlled blade configuration to ensure the shredder is reliable for local waste management applications.

Keywords: Plastic Shredding Machine; Shredder; Rotary Cutter; Blade; Transmission.

Abstrak: Pencacahan plastik merupakan tahap awal penting dalam rantai daur ulang karena menentukan kemudahan transportasi, pencucian, pemilahan, dan proses lanjutan. Penelitian ini menyajikan perancangan dan evaluasi kinerja mesin pencacah plastik tipe shredder melalui optimasi sistem transmisi dan konfigurasi blade. Metode penelitian meliputi observasi kelemahan mesin awal, studi literatur, seleksi komponen, manufaktur, perakitan, serta uji fungsi pada botol PET dan kaleng tipis. Rancangan menggunakan motor listrik 1 HP 1400 rpm, pulley-belt, gearbox reducer rasio 1:40, kopling flange, roda gigi penghubung poros, dan 24 rotary cutter berdimensi 115 x 115 x 12 mm dengan enam mata potong. Putaran keluaran teoritis poros blade adalah 35 rpm. Hasil analisis menunjukkan massa total blade sekitar 32,432 kg, gaya berat 318 N, dan reaksi tumpuan poros masing-masing 159 N. Pengujian menunjukkan kapasitas 600-800 g/menit dan kemampuan mencacah botol PET sampai 2 mm serta kaleng 0,5 mm, meskipun ukuran cacahan belum seragam. Dibandingkan studi terdahulu, kinerja prototipe berada pada rentang yang relevan untuk mesin skala kecil, tetapi konsistensi hasil cacahan masih dipengaruhi geometri, celah, ketajaman, dan keausan blade. Penelitian ini menegaskan bahwa optimasi transmisi harus diikuti pengendalian konfigurasi blade agar mesin pencacah plastik lebih andal untuk aplikasi pengelolaan limbah lokal.

Kata kunci: Mesin Pencacah Plastik; Shredder; Rotary Cutter; Blade; Transmisi.

Diterima: May 04, 2026

Direvisi: May 22, 2026

Diterima: May 24, 2026

Diterbitkan: July 2, 2026

Versi sekarang: July 3, 2026



Hak cipta: © 2026 oleh penulis.

Diserahkan untuk kemungkinan

publikasi akses terbuka

berdasarkan syarat dan ketentuan

lisensi Creative Commons

Attribution (CC BY SA) (

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

)

1. Pendahuluan

Sampah plastik menjadi persoalan lingkungan yang semakin mendesak karena volume konsumsi terus meningkat, sifat materialnya sulit terurai, dan kapasitas pengolahan ulang masih terbatas. Dalam konteks daur ulang, proses pencacahan merupakan tahap awal yang menentukan keberhasilan proses berikutnya karena botol, gelas, dan kemasan plastik perlu direduksi menjadi serpihan yang lebih mudah dicuci, dikeringkan, dipilah, diangkut, atau

diolah menjadi pelet. Fikri et al. (2025) menegaskan bahwa efektivitas daur ulang sangat bergantung pada mekanisme pengecilan ukuran yang tepat, terutama untuk material PET dan PLA yang memiliki karakter mekanik berbeda. Pernyataan tersebut sejalan dengan Patil et al. (2023), yang menyebut shaft dan blade sebagai komponen kritis dalam mesin shredder karena keduanya langsung menentukan kemampuan mesin memotong limbah plastik menjadi flakes.

Mesin pencacah plastik tipe shredder banyak dipilih untuk aplikasi skala kecil sampai menengah karena bekerja pada putaran relatif rendah dengan kebutuhan torsi tinggi. Mekanisme dua poros yang berputar berlawanan arah mampu menarik, menekan, merobek, dan memotong material secara bertahap. Wong, Gan, et al. (2022) menjelaskan bahwa konsep mesin shredder yang tersedia pada umumnya memiliki kesamaan, tetapi kinerja akhirnya sangat dipengaruhi oleh rancangan poros dan pisau. Dalam penelitian lain, Wong, Karen, et al. (2022) menunjukkan bahwa geometri dan orientasi blade memengaruhi efisiensi daur ulang, efisiensi pencacahan, retensi material, dan pola keausan. Dengan demikian, peningkatan performa mesin pencacah plastik tidak cukup dilakukan dengan menaikkan daya motor, tetapi perlu memperhatikan kesesuaian antara motor, transmisi, putaran poros, torsi, susunan blade, dan celah potong.

Berbagai studi terbaru menunjukkan bahwa desain mesin pencacah plastik berkembang menuju mesin yang lebih ringkas, murah, aman, dan sesuai kebutuhan komunitas. Ariefijanto et al. (2023) merancang plastic waste shredder portable dengan motor 0,75 kW dan putaran output 50 rpm untuk menghasilkan serpihan plastik berukuran maksimum 5 x 5 mm. Caguay et al. (2023) mengembangkan mini twin-shaft PET bottle shredder karena proses pengangkutan botol PET tanpa pencacahan dianggap tidak efisien bagi pengumpul lokal. Olodu et al. (2025) juga menekankan pentingnya mesin shredder lokal yang cost-effective, memakai material tersedia, dan diuji melalui functional testing, load testing, efficiency testing, serta safety assessment. Sementara itu, Setyaningsih et al. (2022) mengingatkan bahwa mesin pencacah berbasis motor listrik dapat menghadapi masalah konsumsi daya dan overheating, sehingga keandalan komponen penggerak menjadi bagian penting dalam evaluasi performa.

Pada rancangan sumber yang menjadi dasar penelitian ini, mesin sebelumnya masih mengalami getaran pada keluaran reducer, slip pada belt, kemiringan kopling, jarak antarblade terlalu lebar, serta hasil cacahan yang belum seragam. Masalah tersebut menunjukkan adanya gap antara rancangan komponen dan kinerja aktual mesin. Di satu sisi, gearbox reducer diperlukan untuk menurunkan putaran motor menjadi putaran pencacah yang sesuai; di sisi lain, blade harus memiliki geometri, ketajaman, dan jarak kerja yang mampu menghasilkan proses potong, bukan hanya menekan atau menyayat botol. Fikri et al. (2025) membuktikan bahwa variasi konfigurasi pisau lurus, zig-zag, dan gelombang menghasilkan ukuran cacahan yang berbeda pada PET dan PLA, sehingga konfigurasi blade menjadi variabel penting yang perlu dikaji dalam rancangan shredder.

Berdasarkan latar tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi kinerja mesin pencacah plastik tipe shredder melalui optimasi sistem transmisi dan konfigurasi blade. Kebaruan praktis artikel terletak pada integrasi analisis transmisi motor-pulley-belt-gearbox-kopling-poros dengan evaluasi konfigurasi 24 rotary cutter pada prototipe mesin berbasis laporan manufaktur. Artikel ini juga memperkuat pembahasan dengan membandingkan hasil rancangan terhadap studi mesin shredder skala kecil, portable, HSS crusher-type, twin-shaft shredder, serta penelitian tentang keausan dan geometri blade. Dengan pendekatan tersebut, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan teknis untuk pengembangan mesin pencacah plastik sederhana yang lebih stabil, mudah dirawat, dan sesuai untuk kebutuhan pengelolaan limbah lokal. Fokus tersebut penting karena mesin yang stabil akan lebih mudah direplikasi oleh bengkel pendidikan, komunitas, dan unit pengelola sampah.

2. Tinjauan Literatur

Mesin pencacah plastik merupakan alat reduksi ukuran yang mengubah limbah plastik besar menjadi serpihan kecil agar lebih mudah diproses dalam rantai daur ulang. Secara umum, proses pencacahan dapat dilakukan dengan sistem crusher, grinder, granulator, atau shredder. Wong, Gan, et al. (2022) menjelaskan bahwa mesin shredder berfungsi sebagai mesin awal dalam proses daur ulang untuk memotong plastik sebelum diolah menjadi produk bernilai guna. Pada sistem shredder, komponen yang paling menentukan adalah poros dan blade karena kedua komponen tersebut menerima beban langsung selama material ditarik dan

dipotong. Patil et al. (2023) juga menekankan bahwa orientasi serta geometri blade pada single-shaft atau double-shaft shredder berpengaruh langsung terhadap performa pencacahan.

Pengembangan mesin pencacah plastik skala kecil banyak diarahkan pada kebutuhan lokal dan komunitas. Ariefjanto et al. (2023) merancang plastic waste shredder machine portable untuk lingkungan kampus dengan metodologi VDI 2222. Mesin tersebut menggunakan motor listrik 0,75 kW, putaran output 50 rpm, dimensi 400 x 600 x 900 mm, dan berat total 124 kg. Target rancangan adalah menghasilkan serpihan maksimum 5 x 5 mm dengan sistem dua pisau bergerak berlawanan dan pisau tetap pada sisi ruang pencacahan. Studi ini penting sebagai pembandingan karena menunjukkan bahwa mesin skala kecil memerlukan keseimbangan antara portabilitas, putaran rendah, keamanan operator, dan ukuran hasil cacahan.

Caguay et al. (2023) mengembangkan mini twin-shaft shredder untuk botol PET dengan latar kebutuhan pengumpul dan unit lokal yang mengalami kendala transportasi karena botol PET masih berukuran besar. Penelitian tersebut menempatkan shredder sebagai solusi pengurangan bulkiness sehingga proses pengumpulan dan pengiriman menjadi lebih efisien. Gagasan ini relevan dengan artikel ini karena mesin pencacah tidak hanya dinilai dari kemampuan memotong plastik, tetapi juga dari manfaat praktisnya dalam sistem pengelolaan limbah. Apabila hasil pencacahan lebih ringkas dan mudah ditangani, biaya logistik dan ruang penyimpanan dapat ditekan.

Pada aspek desain dan fabrikasi, Olodu et al. (2025) menekankan pentingnya mesin shredder lokal yang cost-effective dan dapat dibuat menggunakan material serta keahlian setempat. Penelitian tersebut menyusun metode mulai dari needs assessment, literature review, conceptual design, detailed design, material selection, fabrication, assembly, testing, sampai optimization. Tahap pengujian meliputi functional testing, load testing, efficiency testing, safety assessment, durability testing, environmental testing, dan quality control. Kerangka ini menguatkan bahwa rancangan mesin pencacah plastik perlu divalidasi secara bertahap, bukan hanya digambar atau dihitung secara teoritis.

Susilawati et al. (2024) merancang mesin pencacah plastik tipe HSS crusher untuk PET dengan bantuan SolidWorks 2021 dalam bentuk dua dimensi dan tiga dimensi. Mesin yang dirancang memiliki dimensi 775 x 635 x 1553 mm, berat 200 kg, motor listrik 1 HP, rangka UNP 50-60, serta kombinasi 10 blade yang terdiri atas enam blade bergerak dan empat blade duduk. Hasil mesin berupa PET flakes yang dapat didaur ulang lebih lanjut. Studi ini menunjukkan bahwa desain blade dan struktur rangka tidak dapat dipisahkan karena gaya pencacahan harus ditahan oleh rangka, bearing, holder, hopper, cover, dan sistem keluaran.

Keandalan sistem penggerak juga menjadi tema penting dalam mesin pencacah berbasis motor listrik. Setyaningsih et al. (2022) mengembangkan fitur kontrol overheating berbasis IoT untuk meningkatkan performa mesin shredder. Mereka menjelaskan bahwa kendala utama mesin pencacah dengan penggerak motor listrik adalah kebutuhan daya dan risiko panas berlebih pada komponen rangkaian listrik. Sistem kontrol yang dikembangkan mampu menjaga temperatur motor pada rentang 40-55 derajat Celcius. Temuan ini memperkuat perlunya mempertimbangkan beban motor, durasi operasi, dan proteksi termal ketika mesin pencacah dioperasikan secara berulang.

Blade merupakan inti dari performa pencacahan. Wong, Karen, et al. (2022) membandingkan performa blade PET dengan berbagai geometri dan orientasi. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi double-edge shredder blade dengan orientasi spiral memberikan performa terbaik, dengan recycling efficiency 97,39 persen, shredding efficiency 69,53 persen, dan retention 2,61 persen. Penelitian tersebut juga mengklasifikasikan keausan blade sebagai progressive wear yang dipengaruhi abrasi, adhesi, dan oksidasi. Bagi artikel ini, temuan tersebut penting karena hasil uji prototipe menunjukkan cacahan belum seragam; kondisi itu dapat dikaitkan dengan radius mata potong, ketajaman, dan potensi ketidaksamaan kontak blade.

Fikri et al. (2025) secara khusus mengkaji pengaruh konfigurasi mata pisau pada pencacahan PET dan PLA. Mereka membandingkan pisau lurus, zig-zag, dan gelombang terhadap ukuran hasil cacahan. Pisau lurus menghasilkan ukuran rata-rata terbesar, yaitu 5,63 mm untuk PET dan 5,04 mm untuk PLA, sedangkan pisau zig-zag menghasilkan ukuran terkecil, yaitu 4,70 mm untuk PET dan 2,36 mm untuk PLA. Hasil ini memperlihatkan bahwa bentuk mata pisau bukan sekadar variasi geometris, tetapi menentukan intensitas kontak

potong, gaya sobek, dan ukuran serpihan akhir. Oleh karena itu, konfigurasi rotary cutter pada artikel ini perlu dibahas sebagai faktor utama selain transmisi.

Selain geometri blade, sifat material plastik dan tipe mesin penghancur juga memengaruhi distribusi ukuran hasil cacahan. Ciezkowski et al. (2024) meneliti penghancuran beberapa jenis plastik seperti PMMA, PA-6, ABS, PC, PS, dan PP menggunakan jaw crusher, hammer crusher, dan cone crusher. Mereka menekankan perlunya evaluasi grain composition untuk menilai kemampuan penghancuran berdasarkan kinematika mesin dan sifat mekanik material. Walaupun penelitian tersebut berfokus pada crusher, prinsipnya relevan untuk shredder karena hasil akhir perlu dievaluasi secara kuantitatif, misalnya melalui analisis distribusi ukuran cacahan, bukan hanya pengamatan visual.

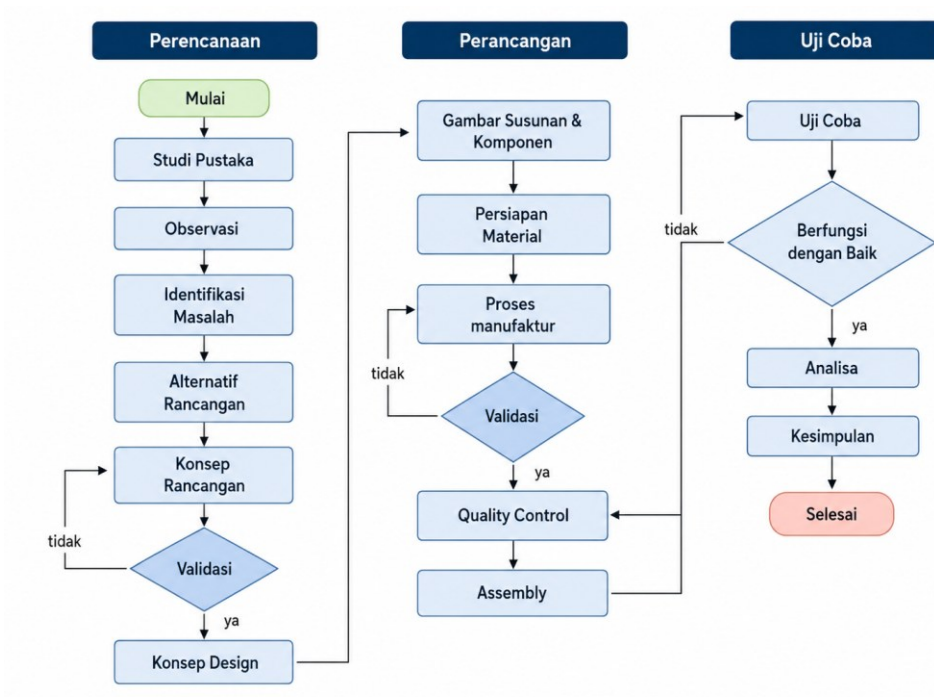
Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terdapat beberapa gap yang menjadi dasar artikel ini. Pertama, banyak studi menekankan desain mesin atau blade, tetapi integrasi antara sistem transmisi dan konfigurasi blade pada prototipe lokal masih perlu dibahas lebih rinci. Kedua, performa mesin sering dilaporkan sebagai kapasitas atau ukuran cacahan, tetapi penyebab teknis seperti slip belt, alignment kopling, rasio gearbox, dan celah blade belum selalu dikaitkan dengan hasil uji. Ketiga, studi tentang keausan dan konfigurasi blade menunjukkan pentingnya ketajaman serta orientasi pisau, sedangkan rancangan sumber menunjukkan bahwa ketidakaturan radius dan ketajaman blade menjadi penyebab hasil cacahan tidak seragam. Keempat, sebagian artikel menampilkan performa akhir tanpa menjelaskan konsekuensi manufaktur, misalnya proses pembubutan poros, pembuatan alur pasak, pengeboran blade, serta pemasangan kopling. Padahal detail tersebut memengaruhi keselarasan poros dan umur pakai mesin. Kajian pustaka juga memperlihatkan bahwa parameter pengujian perlu distandarkan agar kapasitas, ukuran cacahan, dan konsumsi energi dapat dibandingkan adil. Dengan demikian, tinjauan pustaka ini mengarahkan artikel pada pembahasan terpadu antara transmisi, blade, manufaktur, dan evaluasi kinerja.

Tabel 1. Ringkasan referensi artikel dan kontribusinya terhadap penelitian

Referensi	Fokus	Relevansi terhadap artikel ini
Wong, Gan, et al. (2022)	Review mesin shredder plastik	Menegaskan poros dan blade sebagai komponen kritis
Wong, Karen, et al. (2022)	Keausan dan performa blade PET	Dasar pembahasan geometri, orientasi, dan keausan blade
Fikri et al. (2025)	Konfigurasi blade PET/PLA	Mendukung evaluasi pengaruh bentuk blade pada ukuran cacahan
Ariefijanto et al. (2023)	Mesin portable 50 rpm	Pembandingan desain mesin skala kecil
Caguay et al. (2023)	Twin-shaft PET shredder	Pembandingan kebutuhan shredder lokal dan kapasitas
Susilawati et al. (2024)	HSS crusher type	Pembandingan motor 1 HP dan desain komponen
Setyaningsih et al. (2022)	Kontrol overheating IoT	Menguatkan isu keandalan motor listrik
Olodu et al. (2025)	Fabrikasi lokal	Menguatkan pendekatan manufaktur dan uji fungsi
Patil et al. (2023)	Desain dan fabrikasi shredder	Menguatkan peran shaft dan blade
Ciezkowski et al. (2024)	Distribusi ukuran hasil crushing	Menguatkan pentingnya evaluasi ukuran partikel

3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan teknik dan evaluasi eksperimental. Tahapan penelitian dimulai dari observasi kondisi mesin awal, identifikasi masalah, studi literatur, penyusunan alternatif konsep, pemilihan komponen, pembuatan komponen, perakitan, pengujian, hingga analisis hasil, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pendekatan tersebut sejalan dengan praktik perancangan mesin yang menempatkan kebutuhan pengguna, pemilihan material, perhitungan desain, manufaktur, dan validasi sebagai satu alur terpadu (Olodu et al., 2025; Susilawati et al., 2024).



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian (tempel manual dari sumber PDF/laporan).

Tabel 2 menunjukkan matriks pemilihan alternatif komponen yang digunakan sebagai dasar penentuan konfigurasi utama mesin pencacah plastik.

Tabel 2. Matriks pemilihan alternatif komponen dari sumber PDF

Komponen	Alternatif 1	Skor A1	Alternatif 2	Skor A2	Pilihan
Rangka	Model 1	14	Model 2	30	Alternatif 2
Motor	1 HP, 1400 rpm	20	2 HP, 1500 rpm	39	Alternatif 2 pada matriks; uji artikel memakai 1 HP sesuai batasan sumber
Roda troli	Tanpa roda	18	Roda karet 4 in	36	Alternatif 2
Gearbox	Gearbox 70	23	Gearbox 70 rasio 1:40	27	Alternatif 2
Blade	Tipe shredder	28	Tipe flake	30	Evaluasi difokuskan pada rotary cutter shredder hasil optimasi

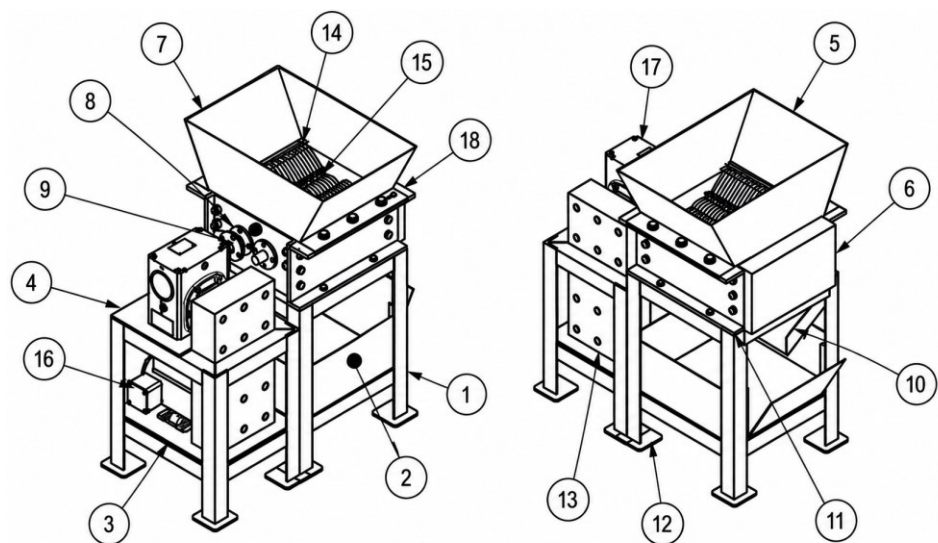
Secara umum, alternatif dengan skor lebih tinggi dipilih karena dinilai lebih sesuai terhadap kebutuhan rancangan, baik dari aspek kekuatan struktur, kemudahan operasi, stabilitas transmisi, maupun kemampuan pencacahan. Pada komponen rangka, Model 2 memperoleh skor 30, jauh lebih tinggi daripada Model 1 yang hanya memperoleh skor 14, sehingga dipilih karena dianggap lebih mampu menopang beban motor, gearbox, poros, dan blade serta mengurangi potensi getaran selama operasi. Pada komponen roda troli, penggunaan roda karet 4 inci juga dipilih karena skor 36 lebih tinggi dibandingkan alternatif tanpa roda, sehingga rancangan menjadi lebih mudah dipindahkan dan lebih praktis untuk penggunaan skala bengkel atau unit pengelola sampah.

Pada komponen motor, matriks menunjukkan bahwa alternatif motor 2 HP 1500 rpm memiliki skor tertinggi, yaitu 39, dibandingkan motor 1 HP 1400 rpm dengan skor 20. Hal ini mengindikasikan bahwa secara penilaian desain, motor 2 HP lebih unggul dari sisi ketersediaan daya dan kemampuan menghadapi beban pencacahan. Namun, artikel ini tetap menggunakan motor 1 HP sesuai batasan sumber dan kondisi prototipe yang diuji, sehingga pemilihan aktual tidak sepenuhnya mengikuti skor tertinggi pada matriks. Keputusan ini penting dijelaskan karena performa mesin dalam pengujian, seperti kapasitas 600-800 g/menit, harus dipahami sebagai hasil dari konfigurasi motor 1 HP, bukan motor 2 HP. Dengan demikian, tabel ini memperlihatkan adanya perbedaan antara alternatif ideal berdasarkan matriks dan konfigurasi aktual yang tersedia pada penelitian.

Untuk sistem transmisi, gearbox 70 dengan rasio 1:40 memperoleh skor 27 dan dipilih karena mampu menurunkan putaran motor menjadi putaran poros blade yang lebih rendah, yaitu sekitar 35 rpm pada motor 1400 rpm. Putaran rendah tersebut sesuai dengan karakter mesin shredder yang memerlukan torsi besar untuk menarik, merobek, dan memotong plastik. Pada komponen blade, tipe flake memang memiliki skor sedikit lebih tinggi daripada tipe shredder, tetapi pembahasan artikel tetap difokuskan pada rotary cutter shredder hasil optimasi karena sesuai dengan konstruksi prototipe. Oleh karena itu, Tabel 2 tidak hanya berfungsi sebagai daftar pilihan komponen, tetapi juga menunjukkan pertimbangan teknis dan batasan praktis dalam proses perancangan. Matriks ini menjadi jembatan antara tahap metodologi dan analisis mekanis karena menjelaskan mengapa rancangan akhir menggunakan rangka yang lebih kuat, roda troli, gearbox reduksi, serta konfigurasi blade yang kemudian dievaluasi pada bagian hasil dan pembahasan.

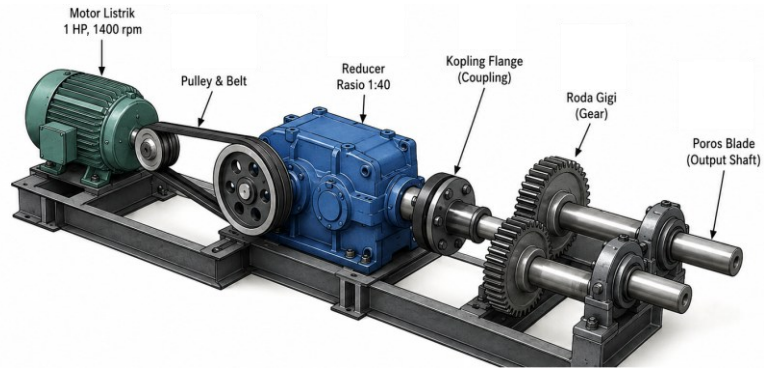
3.1 Perancangan dan Analisis Mekanis

Rancangan mesin mencakup rangka, boks penampung, landasan motor, landasan reducer, input hopper, cover gearbox, side plate box blade, penutup bearing, kopling, output hopper, box blade, cover pulley-belt, poros tetap, middle cutter, motor listrik, dan reducer, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan mesin pencacah plastik tipe shredder

Penempatan komponen tersebut bertujuan mengurangi slip, getaran, dan ketidaksejajaran yang ditemukan pada rancangan awal. Oleh karena itu, sistem transmisi dirancang agar mampu menyalurkan daya secara lebih stabil dan efisien, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

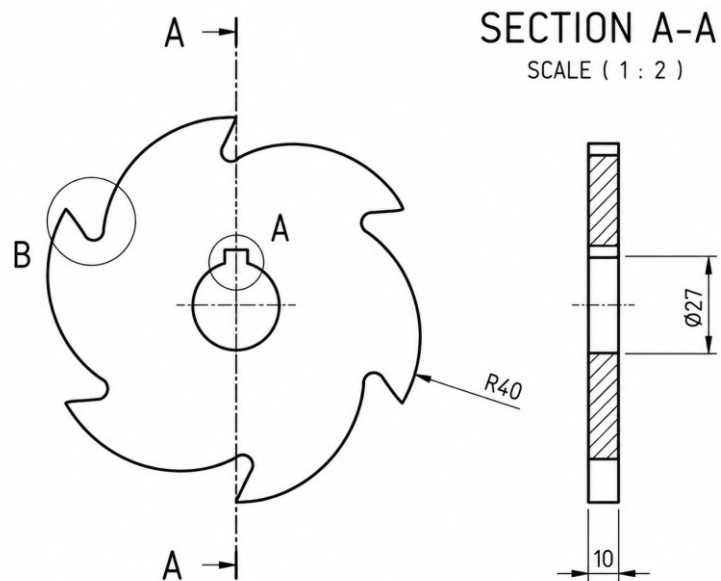


Gambar 3. Layout sistem transmisi motor, pulley-belt, reducer, kopling, roda gigi, dan poros blade.

Sistem transmisi dimulai dari motor listrik 1 HP 1400 rpm, diteruskan melalui pulley dan belt menuju gearbox reducer rasio 1:40. Output reducer diteruskan ke poros blade melalui kopling flange, kemudian poros pasangan disinkronkan menggunakan roda gigi. Penggunaan reducer diperlukan karena mekanisme shredder membutuhkan torsi tinggi pada putaran rendah.

3.2 Analisis Blade, Poros, Roda Gigi, dan Kopling

Gambar 4 memperlihatkan konfigurasi blade yang terdiri atas 24 rotary cutter berdimensi 115 x 115 x 10 mm dengan enam mata potong.

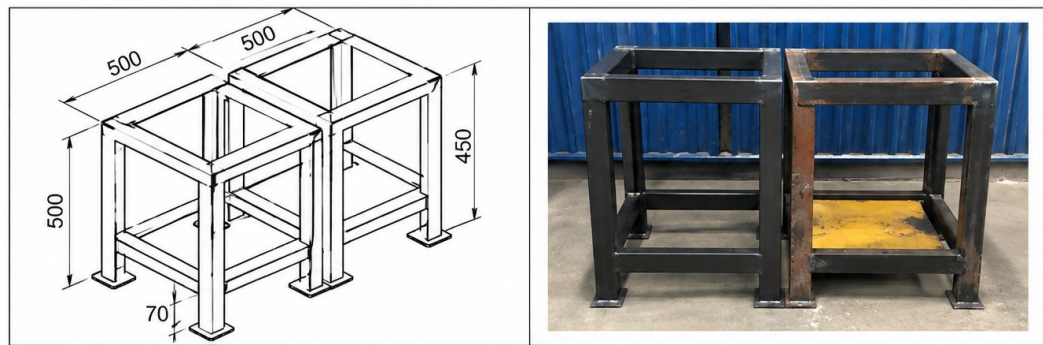


Gambar 4. Blade/mata pisau rotary cutter

Hasil uji yang belum seragam konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa geometri, orientasi, dan ketajaman blade berperan langsung terhadap ukuran cacahan serta efisiensi pencacahan (Fikri et al., 2025; Wong, Karen, et al., 2022).

3.3 Manufaktur dan Perakitan

Proses manufaktur meliputi pemotongan dan pengelasan rangka, pembubutan poros dari round bar 2 inci, pembuatan alur pasak, pemotongan profil blade, pengeboran lubang tengah diameter 28 mm, broaching alur pasak 10 mm, pembuatan blok sisir, box blade, serta perakitan sistem transmisi. Prinsip manufaktur lokal seperti ini sejalan dengan Olodu et al. (2025), yang menekankan penggunaan material dan fasilitas lokal agar mesin lebih terjangkau bagi pengguna skala kecil.



Gambar 8. Rangka mesin dan proses manufaktur rangka

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan melalui running test untuk memastikan bahwa sistem transmisi, poros, blade, hopper, dan output bekerja sebagai satu mekanisme pencacahan. Material uji utama adalah botol PET dengan ketebalan 0,2 mm dan 2 mm, sedangkan uji tambahan menggunakan 15 botol plastik dengan variasi ketebalan serta 4 kaleng tipis. Hasil uji menunjukkan bahwa material dapat masuk melalui hopper, tertarik ke ruang pencacahan, mengalami proses robek-geser oleh rotary cutter, lalu keluar melalui output. Kapasitas yang tercatat adalah 600 g/menit pada pengujian pertama dan 800 g/menit pada pengujian kedua. Rentang kapasitas tersebut menunjukkan bahwa prototipe sudah berfungsi sebagai mesin pencacah skala kecil, meskipun data masih perlu diperkuat dengan pengulangan uji dan kontrol massa umpan yang lebih ketat.

Tabel 4. Hasil pengujian mesin pencacah plastik

Uji	Material	Ketebalan	Waktu	Hasil
1	Botol PET	0,2 mm	1 menit	Tercacah dan keluar melalui output
2	Botol PET	2 mm	1 menit	Tercacah pada kondisi uji
Kapasitas 1	Botol PET	-	1 menit	600 g/menit
Kapasitas 2	Botol PET	-	1 menit	800 g/menit
Uji tambahan	15 botol plastik dan 4 kaleng	Kaleng 0,5 mm	1 menit	Mampu mencacah, tetapi ukuran belum seragam

Dari sisi sistem transmisi, penggunaan gearbox reducer rasio 1:40 menghasilkan putaran teoritis poros blade sebesar 35 rpm dari motor 1400 rpm. Putaran rendah ini sesuai dengan karakter mesin shredder yang mengandalkan torsi untuk menarik dan merobek material, bukan kecepatan potong tinggi seperti pada granulator. Jalur daya motor-pulley-belt-gearbox-kopling-poros juga menjawab kelemahan rancangan awal yang mengalami slip belt, getaran, dan ketidaksejajaran kopling. Namun, transmisi dengan putaran rendah tetap memerlukan kontrol alignment dan tegangan belt karena sedikit ketidaksejajaran dapat meningkatkan getaran, memperbesar rugi-rugi daya, dan menurunkan stabilitas pemotongan. Dengan demikian, hasil uji 600-800 g/menit perlu dipahami sebagai hasil gabungan antara rasio reduksi, torsi keluaran, kondisi belt, kekakuan rangka, dan kemampuan blade menggigit material.

Jika dibandingkan dengan mesin portable Ariefjanto et al. (2023) yang bekerja pada 50 rpm dan menghasilkan 10 kg/hari, prototipe ini memiliki putaran lebih rendah, yaitu 35 rpm, dengan kapasitas uji sesaat 600-800 g/menit. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kapasitas tidak dapat ditentukan oleh rpm saja. Jumlah blade, celah antarblade, sudut potong,

metode feeding, jenis material, kadar deformasi botol, dan durasi pengujian ikut memengaruhi laju keluaran. Caguay et al. (2023) menempatkan twin-shaft shredder sebagai alat pengurangan volume PET untuk kebutuhan pengumpul lokal; dalam konteks tersebut, prototipe ini telah menunjukkan fungsi dasar yang relevan karena botol PET dapat direduksi ukurannya. Namun, untuk menyatakan performa operasional harian, pengujian perlu diperluas dari uji satu menit menjadi uji berulang dengan interval beban, waktu istirahat motor, dan massa input yang terkendali.

Hasil cacahan yang belum seragam menjadi temuan paling penting pada penelitian ini. Secara visual, material memang tercacah, tetapi variasi ukuran menunjukkan bahwa proses potong belum berlangsung konsisten pada seluruh lintasan blade. Penyebab utama dapat dijelaskan melalui dua aspek. Pertama, radius dan ketajaman mata blade belum sama sehingga kontak pemotongan antarblade tidak identik. Blade yang kurang tajam cenderung menekan atau menyobek plastik secara tidak teratur, sedangkan blade yang lebih tajam menghasilkan potongan lebih bersih. Kedua, celah kerja antarblade, spacer, dan sisir belum dikendalikan dengan presisi. Apabila celah terlalu besar, material tipis seperti botol PET dapat lolos sebagian, terlipat, atau hanya tersayat. Kondisi ini konsisten dengan Fikri et al. (2025), yang menunjukkan bahwa konfigurasi pisau memengaruhi ukuran hasil cacahan PET dan PLA, serta Wong, Karen, et al. (2022), yang menegaskan bahwa geometri dan orientasi blade menentukan distribusi beban, keausan, dan efisiensi pencacahan.

Pembahasan terhadap blade juga perlu dikaitkan dengan proses manufaktur. Blade pada prototipe dibuat melalui pemotongan profil, pengeboran lubang tengah, dan pembuatan alur pasak. Setiap deviasi kecil pada lubang center, ketebalan blade, atau alur pasak dapat memengaruhi konsentrisitas putaran. Ketika rotary cutter tidak berputar dengan keselarasan yang baik, jarak kontak antarblade berubah sepanjang putaran sehingga hasil cacahan menjadi bervariasi. Dalam jangka panjang, ketidaksejajaran tersebut juga dapat mempercepat keausan pada sisi potong, pasak, bantalan, dan kopleng. Wong, Karen, et al. (2022) mengelompokkan keausan blade sebagai progressive wear yang dapat dipengaruhi abrasi, adhesi, dan oksidasi. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan tidak hanya berupa mempertajam blade, tetapi juga standarisasi proses grinding, pengecekan run-out poros, penyetelan spacer, dan inspeksi berkala terhadap profil mata potong.

Dari sisi material plastik, botol PET tipis dapat mengalami deformasi, lipatan, dan slip lokal sebelum benar-benar terpotong. Ciekowski et al. (2024) menunjukkan bahwa sifat mekanik polimer dan kinematika mesin memengaruhi distribusi ukuran hasil penghancuran. Hal ini menjelaskan mengapa peningkatan transmisi saja belum otomatis menghasilkan cacahan seragam. Untuk memperoleh data lebih kuat, hasil cacahan sebaiknya dianalisis menggunakan ayakan bertingkat sehingga persentase cacahan halus, sedang, dan kasar dapat dilaporkan secara kuantitatif.

Keandalan motor juga perlu diperhatikan karena mesin shredder bekerja dengan beban fluktuatif. Ketika botol tertarik tiba-tiba atau kaleng tipis masuk ke ruang potong, torsi sesaat dapat meningkat. Setyaningsih et al. (2022) menunjukkan bahwa mesin shredder berbasis motor listrik dapat mengalami masalah daya dan overheating. Karena itu, penelitian lanjutan perlu menambahkan pengukuran arus, temperatur motor, putaran aktual, getaran, dan kebisingan agar efisiensi transmisi serta stabilitas operasi dapat dianalisis lebih objektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi transmisi berhasil membuat mesin bekerja pada karakter putaran rendah yang sesuai untuk shredder, sedangkan konfigurasi blade masih menjadi faktor pembatas kualitas cacahan. Implikasi tekniknya adalah perbaikan harus diarahkan pada penyetelan transmisi agar slip dan getaran minimum, presisi manufaktur blade agar celah potong konsisten, serta pengujian performa dengan parameter yang terukur.

Tabel 5. Perbandingan kinerja dengan penelitian terdahulu

Penelitian	Konfigurasi utama	Kinerja yang dilaporkan	Implikasi
Artikel ini	Motor 1 HP, reducer 1:40, 24 rotary cutter	600-800 g/menit; PET sampai 2 mm	Perlu optimasi ketajaman dan celah blade

Ariefjanto et al. (2023)	Motor 0,75 kW, output 50 rpm	10 kg/hari; cacahan 5 x 5 mm	target	Desain portable menekankan ukuran cacahan
Caguay et al. (2023)	Mini twin-shaft PET shredder	Didesain pengurangan PET lokal	untuk volume	Relevan untuk skala komunitas
Susilawati et al. (2024)	HSS crusher type, motor 1 HP	Menghasilkan flakes	PET	Material blade dan sieve penting untuk ukuran akhir
Fikri et al. (2025)	Pisau lurus, zig-zag, gelombang	Zig-zag menghasilkan cacahan lebih halus		Geometri blade perlu diuji komparatif
Wong, Karen, et al. (2022)	Variasi geometri dan orientasi blade	Double-edge unggul pada efisiensi	spiral	Orientasi blade memengaruhi keausan dan performa

5. Perbandingan

Penelitian tentang mesin pencacah plastik tipe shredder telah banyak dilakukan. Sufiyanto dkk. (2019) menekankan pentingnya sistem transmisi dalam kinerja mesin. Kandolo & Pranoto (2026) menemukan bahwa sudut mata pisau 35° menghasilkan cacahan lebih seragam daripada sudut 60°. Kohar Asazidin (2023) menunjukkan RPM 600 sebagai pengaturan terbaik untuk keseragaman cacahan. Akbar dkk. (2024) mengembangkan pisau double-shaft yang efektif untuk plastik keras, sedangkan Rohman & Susanti (2025) membandingkan transmisi sabuk-V dan rantai, dengan rantai lebih efisien namun perawatannya lebih intensif. Meski demikian, penelitian-penelitian tersebut masih terfokus pada aspek terpisah baik pisau, RPM, maupun transmisi secara individu—dan belum ada yang mengintegrasikan optimasi kinerja transmisi dengan keseragaman hasil cacahan secara simultan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) dengan melakukan optimasi terintegrasi pada kedua aspek tersebut untuk meningkatkan kinerja mesin pencacah plastik tipe shredder secara menyeluruh.

6. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa mesin pencacah plastik tipe shredder dapat dirancang melalui integrasi sistem transmisi yang terdiri atas motor listrik, pulley-belt, gearbox reducer, kopling flange, roda gigi, dan poros blade. Penggunaan motor listrik 1 HP dengan putaran 1400 rpm dan gearbox rasio 1:40 menghasilkan putaran teoritis poros blade sebesar 35 rpm. Kondisi tersebut sesuai dengan karakter operasi shredder yang memerlukan torsi tinggi pada putaran rendah. Konfigurasi 24 rotary cutter berdimensi 115 x 115 x 12 mm dengan enam mata potong mampu mencacah botol PET dengan ketebalan sampai 2 mm dan kaleng tipis 0,5 mm. Kapasitas pengujian berada pada rentang 600-800 g/menit, sehingga prototipe telah berfungsi sebagai mesin pencacah skala kecil untuk mendukung reduksi ukuran limbah plastik. Hasil ini juga menunjukkan bahwa pemilihan rasio transmisi, kekakuan rangka, dan kesinambungan jalur daya berkontribusi langsung terhadap stabilitas kerja mesin.

Meskipun mesin telah mampu mencacah material uji, hasil cacahan belum seragam sehingga aspek blade masih menjadi titik perbaikan utama. Ketidakteraturan ukuran cacahan terutama dipengaruhi oleh ketajaman blade, keseragaman radius mata potong, celah antarblade, celah terhadap sisir, serta presisi perakitan poros dan kopling. Oleh karena itu, pengembangan berikutnya perlu diarahkan pada penajaman blade yang lebih presisi, penyetelan spacer, pengecekan run-out poros, pengurangan slip belt, dan peningkatan alignment transmisi. Evaluasi performa juga perlu dilengkapi dengan pengukuran daya aktual, arus motor, temperatur, getaran, kebisingan, torsi, serta distribusi ukuran cacahan menggunakan ayakan. Dengan pengujian yang lebih terukur, rancangan mesin ini dapat dikembangkan menjadi teknologi tepat guna yang lebih stabil, aman, dan mudah direplikasi untuk pengelolaan limbah plastik lokal. Kontribusi praktis penelitian ini adalah menyediakan dasar perbaikan desain bagi bengkel pendidikan, komunitas daur ulang, dan unit pengelola

sampah yang membutuhkan mesin sederhana tetapi tetap dapat dianalisis secara teknik. Arah pengembangan tersebut juga mendukung penerapan ekonomi sirkular pada skala lokal.

Kontribusi Penulis: Kontribusi utama penelitian ini adalah mengintegrasikan optimasi sistem transmisi dan keseragaman hasil cacahan secara simultan, yang belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penulis merancang dan menguji berbagai konfigurasi transmisi, seperti rasio pulley, jenis sabuk, dan sistem roda gigi, untuk menghasilkan putaran dan torsi yang optimal sesuai dengan karakteristik plastik. Selain itu, penulis mengidentifikasi parameter operasional terbaik, meliputi kecepatan putaran (RPM), sudut mata pisau, dan jenis material plastik, guna menghasilkan cacahan yang seragam sesuai standar daur ulang. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi teknis berupa desain transmisi yang efisien dan panduan perawatan, yang dapat diterapkan oleh pelaku usaha daur ulang skala UKM untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil cacahan. Secara ilmiah, penelitian ini menyumbangkan data dan analisis baru tentang hubungan kinerja transmisi dengan keseragaman hasil cacahan, yang dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya dalam pengembangan mesin pencacah plastik yang lebih unggul.

Pendanaan: Penelitian ini didanai secara mandiri oleh penulis tanpa melibatkan pihak eksternal atau lembaga pemberi dana (self-funded). Seluruh biaya yang dikeluarkan mencakup pembelian material dan komponen mesin, pembuatan prototipe, biaya pengujian, serta penyusunan laporan penelitian. Penulis menyadari keterbatasan anggaran yang ada, namun hal tersebut tidak mengurangi kualitas dan validitas hasil penelitian karena setiap tahapan dilakukan secara cermat dan sesuai dengan prosedur ilmiah yang berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data: Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil uji coba langsung pada prototipe mesin pencacah plastik tipe shredder yang dikembangkan oleh penulis. Data mencakup hasil pengukuran kinerja transmisi (putaran, torsi, efisiensi) dan hasil analisis keseragaman cacahan (ukuran, distribusi, dan persentase seragam) untuk berbagai variasi parameter operasional. Data pendukung lainnya meliputi spesifikasi komponen mesin, hasil pengujian material, serta dokumentasi proses penelitian. Seluruh data tersebut tersedia dan dapat diakses untuk keperluan verifikasi atau penelitian lanjutan. Data mentah (raw data) dan hasil pengolahan data dapat diperoleh dengan menghubungi penulis melalui surel [alamat surel] atau dapat diakses melalui repositori [nama repositori/link, jika ada].

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya penelitian ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada seluruh tim yang telah tergabung dalam penelitian ini, yaitu [sebutkan nama-nama anggota tim, yang telah bekerja sama dengan penuh dedikasi, tanggung jawab, dan semangat kebersamaan mulai dari tahap perencanaan, perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, hingga penyusunan laporan penelitian. Kontribusi, masukan, dan tenaga yang diberikan oleh setiap anggota tim sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga menyadari bahwa keberhasilan penelitian ini tidak terlepas dari sinergi dan kolaborasi yang terjalin dengan baik di antara seluruh tim. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat yang luas, khususnya dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah plastik di Indonesia.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini. Seluruh proses penelitian, mulai dari perencanaan, perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, hingga penyusunan laporan, dilakukan secara independen dan objektif tanpa adanya intervensi, tekanan, atau kepentingan pribadi maupun pihak tertentu yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Penulis juga menyatakan bahwa tidak ada afiliasi finansial atau hubungan pribadi dengan pihak-pihak yang terkait dengan materi atau produk yang diteliti dalam penelitian ini. Dengan demikian, seluruh data dan temuan yang disajikan merupakan hasil kerja ilmiah yang jujur dan dapat dipertanggungjawabkan.

Referensi

- [1] D. Ariefjanto, N. R. Novianty, and A. I. Komara, "Perancangan plastic waste shredder machine portable di Kampus Polman Bandung," *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 37-43, 2023.
- [2] M. E. Caguay, R. B. Gavino, H. F. Gavino, and T. B. Sayco, "Development and performance analysis of a mini twin-shaft shredder for efficient polyethylene terephthalate (PET) bottle recycling," *Journal of Engineering Research and Reports*, vol. 25, no. 8, pp. 217-229, 2023. doi: 10.9734/JERR/2023/v25i8974.
- [3] P. Ciezkowski, S. Bak, J. Caban, J. Senko, and M. A. Waskowicz, "Preliminary research to assess the possibility of grinding selected plastics using crushers," *Polymers*, vol. 16, no. 22, p. 3104, 2024. doi: 10.3390/polym16223104.
- [4] M. L. S. Fikri, Y. K. P. Saleha, A. Madanua, and S. Mulyono, "Analisis pengaruh konfigurasi mata pisau pada mesin pencacah sederhana terhadap kualitas cacahan material PLA dan PET," *KOLECER*, vol. 1, no. 2, pp. 74-83, 2025. doi: 10.23969/ksjme.v1i2.27862.
- [5] M. E. Hardinata, N. Paramytha, M. Ariandi, and T. D. Purwanto, "Rancang bangun mesin pencacah cup dan botol plastik," *JEEtech*, vol. 7, no. 1, 2026. doi: 10.32492/jeetech.v7i1.7104.
- [6] A. B. Jalisa, J. H. Wong, W. M. J. Karen, W. Y. H. Liew, B. L. Chua, N. J. S. Siambun, and G. J. H. Melvin, "Evaluation on the performance and wear of blades in a small-sized high-density polyethylene shredder," *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 2024.
- [7] D. D. Olodu, F. O. Aluya, S. Walters, and A. B. Falobi, "Design and fabrication of a locally made plastic shredder," *ABUAD Journal of Engineering Research and Development*, vol. 8, no. 1, pp. 226-239, 2025. doi: 10.53982/ajerd.
- [8] F. Panjaitan, A. Aryanto, M. D. Nurafik, and A. P. Bakti, "Optimalisasi mesin pencacah plastik sistem shredder," *Akademi Teknik Soroako*, 2023.
- [9] R. Pandey, R. Singh, and R. Ranjan, "Design and development of a shredder machine for efficient recycling of waste plastic in India," in *Advances in Manufacturing Engineering*, M. K. Dikshit, N. Khanna, A. Soni, and A. P. Markopoulos, Eds. Singapore: Springer, 2024. doi: 10.1007/978-981-97-4324-7_30.
- [10] S. M. Patil, V. M. Patil, A. L. Tare, and A. P. Vaity, "Design and fabrication of plastic shredding machine," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 1070-1079, 2023. doi: 10.22214/ijraset.2023.50286.
- [11] E. Prasetyawati, S. Kencono, J. Suparno, Y. J. Sumbogo, D. Ardiansyah, and G. I. S. Rajasa, "Rancang bangun pembuatan mesin pencacah sampah plastik minimalis," *ACCURATE*, vol. 5, no. 1, 2024. doi: 10.35970/accurate.v5i1.2419.
- [12] E. Setyaningsih, S. D. Hariyanto, D. Wahyuningtyas, and S. Kristiana, "Performance improvement of the shredder machines using IoT-based overheating controller feature," *Jurnal INFOTEL*, vol. 14, no. 3, 2022.
- [13] Sularso and K. Suga, *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. Jakarta, Indonesia: Pradnya Paramita, 2004.
- [14] Susilawati, A. Nugraha, A. S. Buchori, F. C. Rachelia, and M. R. Pramudia, "Design of plastic shredding machine with HSS crusher type," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 179-187, 2024. doi: 10.21831/dinamika.v9i2.78306.
- [15] S. L. R. Tiyoka, "Proses manufaktur mesin pencacah botol plastik kapasitas 5 kg/jam dengan teknologi crusher berbasis pisau shredder," Undergraduate Thesis, Universitas Lambung Mangkurat, 2025.
- [16] A. Trada, N. Amoura, A. A. Elhadja, and H. Kebir, "Optimizing plastic shredder rotor design through structural finite element analysis: A comprehensive approach using experimental design and response surface methodology," *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, vol. 52, no. 12, pp. 10682-10701, 2024. doi: 10.1080/15397734.2024.2360680.
- [17] J. H. Wong, M. J. H. Gan, B. L. Chua, M. Gakim, and N. J. Siambun, "Shredder machine for plastic recycling: A review paper," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1217, p. 012007, 2022. doi: 10.1088/1757-899X/1217/1/012007.
- [18] J. H. Wong, W. M. J. Karen, S. A. Bahrin, B. L. Chua, G. J. H. Melvin, and N. J. Siambun, "Wear mechanisms and performance of PET shredder blade with various geometries and orientations," *Machines*, vol. 10, no. 9, p. 760, 2022. doi: 10.3390/machines10090760.
- [19] J. H. Wong, W. M. J. Karen, S. A. Bahrin, B. L. Chua, G. J. H. Melvin, and N. J. Siambun, "Wear processes and performance of blade pair in small-scale single-shaft plastic shredder machine," *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, vol. 54, no. 6, pp. 725-736, 2023.
- [20] "Spindle transmission structure of single-shaft shredder," CN202028447U, Feb. 13, 2011. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN202028447U/>