ISSN (Online): 2686-5157 Volume 7, Number 2, April 2026

JURNAL INOVASI ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI (JIPTEK)

Perancangan dan Analisis Mata Pisau pada Mesin Pencacah Plastik Tipe Prototipe

Irwan Aranda [1], Muhamad Cahyadi [2], Slamet Rahardian [3]

[1,2,3] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : [1] dosen01281@unpam.ac.id, [2] dosen01280@unpam.ac.id,
[3] dosen01282@unpam.ac.id

Masuk: 20 April 2026 *Direvisi: 6 Mei 2026* *Disetujui: 23 Mei 2026*

Abstract: *The continuous increase in plastic waste has become a major environmental concern that demands effective mitigation through recycling processes. A crucial stage in plastic recycling is the size reduction of materials using a shredding machine. This research aims to design and analyze the structural strength of the blade in a prototype plastic shredding machine to achieve a safe and effective design. The research method involves geometric modeling using Computer-Aided Design (CAD) software, cutting force evaluation using a shaft torque-to-blade rotation radius approach, structural stress analysis, and machine capacity performance testing. The results indicate that the nominal cutting force generated is 500 N, inducing an actual working stress of 1.54 MPa on the blade. This stress value remains significantly below the allowable stress limit of the carbon steel material on the blade. This stress value remains significantly below the allowable stress limit of the carbon steel material (125 MPa); hence, the blade design is declared structurally safe during operation. Performance testing demonstrates that increasing the blade rotational speed directly improves the machine's shredding capacity. The maximum shredding capacity was achieved using thin PP plastic, reaching 48 kg/h at a rotational speed of 600 rpm. In conclusion, the prototype plastic shredding machine operates optimally and functions effectively for plastic waste processing applications.*

Keywords: *plastic shredding machine, blade design, cutting force, shredding capacity, plastic recycling.*

Abstrak: Peningkatan limbah plastik menjadi salah satu permasalahan lingkungan utama yang memerlukan penanganan tepat melalui proses daur ulang. Salah satu tahapan krusial dalam daur ulang adalah reduksi ukuran material menggunakan mesin pencacah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan mata pisau pada mesin pencacah plastik tipe prototipe guna memperoleh desain yang aman dan efektif. Metode penelitian meliputi perancangan geometri menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD), perhitungan gaya pemotongan dengan pendekatan torsi poros terhadap jari-jari putaran pisau, analisis tegangan struktural, serta pengujian kapasitas mekanis mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya pemotongan nominal yang terjadi adalah sebesar 500 N dengan tegangan kerja aktual pada mata pisau sebesar 1,54 MPa. Nilai tegangan tersebut berada jauh di bawah batas tegangan izin material baja karbon sebesar 125 MPa, sehingga konstruksi mata pisau dinyatakan aman digunakan selama operasi. Hasil pengujian performa membuktikan bahwa peningkatan kecepatan putaran poros berbanding lurus dengan kapasitas produksi mesin. Kapasitas pencacahan tertinggi dicapai oleh material plastik tipis jenis PP sebesar 48 kg/jam pada kecepatan putaran 600 rpm. Berdasarkan hasil keseluruhan, prototipe mesin pencacah plastik ini mampu beroperasi secara optimal dan efektif untuk mendukung proses pengolahan limbah plastik.

Kata kunci: mesin pencacah plastik, perancangan mata pisau, gaya pemotongan, kapasitas pencacahan, daur ulang plastik.

PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik saat ini menjadi salah satu isu lingkungan yang krusial di berbagai negara. Plastik banyak diaplikasikan dalam berbagai sektor industri maupun kebutuhan rumah tangga karena sifatnya yang ringan, kuat, tahan terhadap korosi, serta mudah dibentuk. Namun demikian, karakteristik plastik yang sulit terurai secara alami

berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dalam jangka panjang apabila tidak dikelola dengan tepat [1]. Peningkatan volume limbah plastik setiap tahun menuntut teknologi pengolahan yang efektif dan efisien untuk memitigasi dampak terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna material tersebut melalui konsep daur ulang [2].

Salah satu tahapan krusial dalam daur ulang plastik adalah reduksi ukuran material menjadi partikel yang lebih kecil. Tahapan ini bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya seperti pencucian, peleburan, dan pencetakan ulang. Mesin pencacah plastik merupakan perangkat yang umum digunakan untuk menghancurkan material plastik menjadi serpihan kecil agar lebih mudah diproses kembali. Dalam mekanismenya, kinerja mesin tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa komponen utama, seperti sistem transmisi, poros, serta mata pisau yang berfungsi sebagai elemen pemotong utama [3].

Mata pisau memiliki peranan vital karena berinteraksi langsung secara mekanis dengan material plastik. Desain mata pisau yang kurang tepat dapat menyebabkan reduksi ukuran tidak optimal, seperti ukuran hasil cacahan yang tidak seragam, peningkatan beban kerja mesin, hingga tingginya laju keausan pada komponen pemotong tersebut [4]. Oleh karena itu, perancangan mata pisau harus mempertimbangkan beberapa aspek teknis secara komprehensif, meliputi geometri pisau, sudut pemotongan, dimensi, serta jenis material yang digunakan agar mampu menghasilkan performa pencacahan yang efektif dan efisien [5].

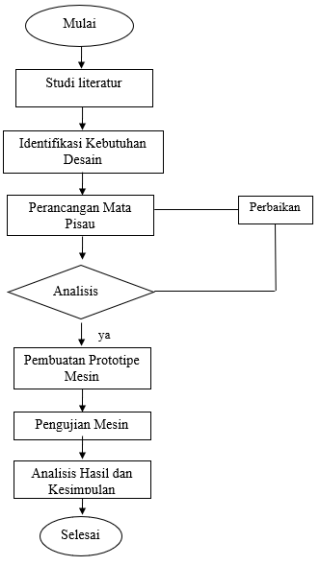
Selain itu, analisis terhadap kekuatan struktural mata pisau juga diperlukan untuk mengidentifikasi kemampuan komponen dalam menahan gaya pemotongan yang terjadi selama operasi berlangsung. Analisis ini penting untuk memastikan bahwa desain mata pisau yang dirancang memiliki kekuatan yang memadai, aman digunakan, serta memiliki umur pakai (*lifetime*) yang lebih lama [6]. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa optimasi desain pada komponen pemotong dapat meningkatkan efisiensi mekanis serta mereduksi beban kerja motor penggerak pada mesin pencacah [7].

Pranoto dkk. (2020) telah melakukan perancangan dan analisis mata pisau mesin pencacah plastik menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) [8]. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada simulasi numerik dan belum mengkaji pengaruh kecepatan putaran pisau terhadap kapasitas pencacahan mesin secara eksperimental. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan mata pisau melalui pendekatan kalkulasi mekanis analitis serta menguji pengaruh variasi putaran pisau terhadap kapasitas pencacahan pada mesin pencacah plastik tipe prototipe.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mata pisau mesin pencacah plastik tipe prototipe, menganalisis magnitudo gaya pemotongan beserta tegangan kerja yang terjadi, serta mengevaluasi pengaruh kecepatan putaran pisau terhadap kapasitas produksi pencacahan mesin.

METODOLOGI

Alur penelitian perancangan mata pisau mesin pencacah plastik ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, dimulai dari studi literatur hingga analisis hasil pengujian performa mesin. Diagram alir penelitian secara komprehensif disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

Perancangan Mata Pisau

Perancangan komponen mata pisau pada mesin pencacah plastik dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter utama yang memengaruhi efisiensi proses reduksi ukuran material. Parameter tersebut meliputi geometri, jumlah, dimensi, serta jenis material mata pisau.

Pada penelitian ini, mata pisau dirancang menggunakan material baja karbon (*carbon steel*) yang memiliki karakteristik kekuatan struktural dan ketahanan aus (*wear resistance*) yang tinggi. Dimensi mata pisau ditentukan berdasarkan volume ruang pencacah serta target kapasitas produksi mesin yang direncanakan. Spesifikasi detail hasil perancangan mata pisau disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mata pisau mesin pencacah

Parameter	Nilai/Spesifikasi
Panjang pisau	269 mm
Lebar pisau	65 mm
Tebal pisau	5 mm
Jumlah pisau	8 buah
Sudut pemotongan	25°

Sudut pemotongan sebesar 25° dipilih untuk mengoptimalkan mekanisme penetrasi penetaran pada material plastik sekaligus mereduksi besaran gaya pemotongan yang dibutuhkan saat proses pencacahan berlangsung.

Perhitungan Gaya Pemotongan

Gaya pemotongan yang bekerja pada mata pisau dipengaruhi oleh sifat mekanis material plastik serta kecepatan putaran poros. Hubungan antara torsi, gaya pemotongan, dan jari-jari putaran mata pisau dianalisis menggunakan pendekatan mekanika rotasi sebagai Persamaan 1.

$$F = \frac{T}{r} \quad (1)$$

Di mana:

F = gaya pemotongan (N)
T = torsi poros (Nm)
a = jari-jari putaran pisau (m)

Gaya pemotongan yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menganalisis intensitas tegangan yang terjadi pada struktur mata pisau. Tegangan normal nominal (σ) pada penampang pisau dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Di mana:

σ = tegangan normal (MPa)
F = gaya pemotongan (N)
A = luas penampang kritis pisau (mm²)

Hasil kalkulasi tegangan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan kekuatan batas material pisau untuk memastikan bahwa desain komponen berada dalam kondisi aman selama operasi pencacahan plastik. Nilai tegangan izin (*allowable stress*) dari material dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{n} \quad (3)$$

Di mana:

σ_{izin} = tegangan izin material (MPa)
σ_y = kekuatan luluh (*yield strength*) material (MPa)
n = faktor keamanan (*factor of safety*) rancangan

Besarnya torsi yang ditransmisikan oleh motor penggerak ke poros utama dihitung menggunakan pendekatan daya dan kecepatan putaran poros berdasarkan Persamaan 4.

$$T = 9550 \times \frac{P}{n} \quad (4)$$

Di mana:

T = torsi poros (Nm)
P = daya motor listrik (kW)
n = kecepatan putaran poros (rpm)
9550 = konstanta konversi satuan daya dan putaran terhadap torsi

Kecepatan putaran pada poros pencacah yang ditransmisikan melalui sistem *pulley* dan sabuk (*v-belt*) dihitung menggunakan persamaan hubungan diameter dan putaran menggunakan Persamaan 5.

$$n_2 = n_1 \times \frac{D_1}{D_2} \quad (5)$$

Di mana:

n_1 = kecepatan putaran *pulley* penggerak/motor (rpm)
n_2 = kecepatan putaran *pulley* yang digerakkan/poros pencacah (rpm)
D_1 = diameter *pulley* penggerak (mm)
D_2 = diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

Untuk memastikan tingkat keamanan dari komponen yang dirancang, dilakukan analisis faktor keamanan (*Factor of Safety* / FoS) dengan membandingkan nilai tegangan izin material terhadap intensitas tegangan kerja aktual menggunakan Persamaan 6.

$$FoS = \frac{\sigma_{izin}}{\sigma} \quad (6)$$

Di mana:

FoS = faktor keamanan (*dimensionless* / tanpa satuan)
σ_{izin} = tegangan izin material (MPa)
σ = tegangan kerja aktual pada mata pisau (MPa)

Parameter Pengujian Mesin

Pengujian eksperimental terhadap mesin pencacah plastik tipe prototipe dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mekanis serta efektivitas desain mata pisau. Karakteristik operasional yang diamati dalam tahapan pengujian ini meliputi:

1. Kapasitas pencacahan efektif (kg/jam)
2. Distribusi ukuran partikel hasil cacahan plastik
3. Kecepatan putaran poros pisau (rpm)
4. Ketahanan mekanis mata pisau saat memotong material
5. Stabilitas dan getaran struktur mesin saat beroperasi

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas operasional serta performa optimal dari desain mata pisau pada mesin pencacah plastik tipe prototipe. Spesifikasi daya motor penggerak serta komponen transmisi *pulley* secara detail disajikan pada Tabel 2.

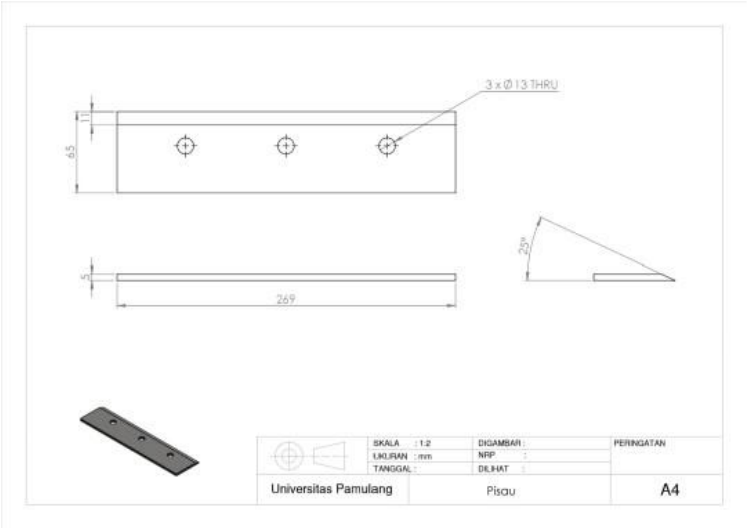
Tabel 2. Spesifikasi motor listrik dan sistem transmisi *pulley*

Parameter	Nilai/Spesifikasi
Jenis motor penggerak	Motor Listrik AC 1 *Phase*
Daya motor	1 HP (0,746 kW)
Tegangan operasional	220 V
Kecepatan putaran motor (n_1)	1400 rpm
Diameter *pulley* penggerak (D_1)	50 mm
Diameter *pulley* Poros Pencacah (D_2)	245 mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Hasil Perancangan Mata Pisau

Hasil perancangan menunjukkan bahwa komponen pemotong yang diimplementasikan pada mesin pencacah plastik ini menggunakan tipe pisau putar (*rotary blade*) yang dipasang secara aksial pada poros utama. Mata pisau ini berfungsi sebagai elemen mekanis utama untuk mereduksi ukuran limbah plastik menjadi partikel yang lebih kecil guna mempermudah proses daur ulang selanjutnya. Berdasarkan pemodelan menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD), geometri dan dimensi detail mata pisau disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain pisau

Tabel 3. Spesifikasi geometri dan material komponen mata pisau

Parameter	Nilai/Spesifikasi
Panjang mata pisau	269 mm
Lebar mata pisau	65 mm
Ketebalan mata pisau	5 mm
Jumlah bilah pisau	8 buah
Jari-jari putaran pisau (r)	50 mm (0,05 m)
Sudut pemotongan	25°
Material mata pisau	Baja Karbon ASTM A36
Kekuatan luluh material (σ_y)	250 MPa

Berdasarkan Tabel 3, konstruksi mata pisau memiliki dimensi panjang sebesar 269 mm dan lebar 65 mm. Pemilihan material baja karbon (*Carbon Steel*) ditujukan untuk menjamin kekuatan struktural serta ketajaman sisi potong yang optimal. Selain itu, konfigurasi sudut pemotongan sebesar 25° diaplikasikan untuk menghasilkan efek geser (*shearing effect*) yang tinggi guna meningkatkan efisiensi mekanis saat pisau menghantam material. Komponen ini dirakit dalam satu kesatuan rotor yang terdiri dari 8 bilah pisau.

Analisis Gaya Pemotongan

Pada proses pencacahan plastik, gaya pemotongan terjadi akibat interaksi antara mata pisau yang berputar dengan material plastik di dalam ruang pencacah. Besarnya gaya pemotongan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan ketebalan plastik, kecepatan putaran pisau, torsi poros, serta ketajaman mata pisau. Oleh karena itu, gaya pemotongan pada mesin pencacah plastik tidak hanya dipengaruhi oleh berat material, tetapi juga oleh kemampuan sistem pemotong dalam memberikan gaya geser terhadap material plastik.

Pada penelitian ini, gaya pemotongan dianalisis menggunakan pendekatan torsi poros terhadap jari-jari putaran pisau. Hasil perthitungannya adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Kecepatatan Putaran Poros (n_2)
   $n_2 = 1400 \times \frac{50}{245}$
   $n_2 = 285{,}7\ rpm \approx 286$ rpm
2. Perhitungan Torsi Poros (T)
   $T = 9550 \times \frac{0{,}746}{286}$
   $T = 24{,}91\ Nm\ \approx 25\ Nm$
3. Perhitungan Gaya Pemotongan (F)
   Pada penelitian ini digunakan nilai torsi poros sebesar $25\ Nm$ dan jari-jari putaran pisau sebesar $0{,}05\ m$. Nilai torsi sebesar $25\ Nm$ diperoleh dari hasil perhitungan daya motor dan putaran poros pada sistem transmisi mesin pencacah plastik. Maka gaya pemotongan dapat dihitung sebagai berikut:
   $F = \frac{25}{0{,}05}$
   $F = 500\ N$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa gaya pemotongan yang bekerja pada mata pisau adalah sebesar $500\ N$. Nilai gaya tersebut selanjutnya digunakan sebagai pendekatan pembebanan dalam analisis kekuatan dan intensitas tegangan pada struktur mata pisau.

Analisis Tegangan Mata Pisau

Tegangan kerja aktual yang terjadi pada mata pisau dihitung menggunakan persamaan tegangan normal (Persamaan 2). Hasil perthitungannya adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Luas Penampang Mata Pisau (A)
   $A = 65\ mm \times 5\ mm$
   $A = 325\ mm^2$
2. Perhitungan Tegangan Kerja Aktual (σ)
   Dengan menggunakan nilai gaya pemotongan sebesar $500\ N$, tegangan normal nominal yang terjadi pada mata pisau adalah:
   $\sigma = \frac{500}{325}$
   $\sigma = 1{,}54\ MPa$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai tegangan kerja yang terjadi pada mata pisau adalah sebesar $1{,}54\ MPa$. Nilai tegangan tersebut masih berada jauh di bawah batas kekuatan luluh baja karbon, sehingga desain mata pisau dinilai aman digunakan pada proses pencacahan plastik. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa material baja karbon memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban kerja selama mesin pencacah beroperasi.

Selanjutnya, kekuatan batas aman material ditentukan melalui perhitungan tegangan izin (*allowable stress*) menggunakan Persamaan 3. Hasil perthitungannya adalah sebagai berikut:

3. Perhitungan Tegangan Izin Material (σ_{izin})
   Pada rancangan awal penelitian ini, digunakan nilai faktor keamanan teoritis sebesar 2. Maka batas tegangan izinnya adalah:
   $\sigma_{izin} = \frac{250}{2}$
   $\sigma_{izin} = 125\ MPa$
4. Perhitungan Faktor Keamanan Aktual (FoS)
   Untuk mengetahui tingkat keamanan riil dari hasil rancangan prototipe ini, faktor keamanan aktual (*Factor of Safety*) pada mata pisau dihitung kembali menggunakan Persamaan 6.
   $FoS = \frac{125}{1{,}54}$
   $FoS = 81{,}17$

$A = lebar \times tebal$
$= 65\ mm \times 5\ mm$
$= 325\ mm^2$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4{,}9\ N}{325\ mm^2} = 0{,}015\ N/mm^2 = 0{,}015\ MPa$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai tegangan kerja aktual sebesar 1,54 MPa, sedangkan tegangan izin material adalah sebesar 125 MPa. Nilai faktor keamanan aktual (*Factor of Safety*) sebesar 81,17 mengonfirmasi bahwa desain mata pisau berada dalam kondisi aman untuk digunakan pada proses pencacahan plastik. Nilai faktor keamanan yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa intensitas tegangan kerja yang terjadi pada mata pisau masih relatif kecil jika dibandingkan dengan kekuatan luluh material baja karbon ASTM A36. Meskipun hasil evaluasi mengindikasikan bahwa struktur mata pisau berada dalam kondisi sangat aman, perlu dicatat bahwa pembebanan yang diaplikasikan masih berupa pendekatan awal (statis) dan belum sepenuhnya merepresentasikan karakteristik beban dinamis aktual selama proses pencacahan plastik berlangsung.

Proses Perakitan (*Assembly*) Mata Pisau

Gambar 3. Proses pemasangan mata pisau pada poros penggerak (rotor)

Gambar 3 mengilustrasikan tahapan perakitan (*assembly*) komponen mata pisau baja karbon pada struktur poros penggerak (rotor). Komponen mata pisau dikunci secara rigid menggunakan baut pengikat (*bolt*) dan ring (*washer*) guna memastikan posisi pisau tetap presisi dan stabil pada kondisi putaran tinggi. Proses penyetelan dilakukan secara mekanis dengan memperhatikan torsi pengencangan baut yang seragam untuk mengeliminasi timbulnya getaran berlebih (*excessive vibration*) saat mesin dioperasikan.

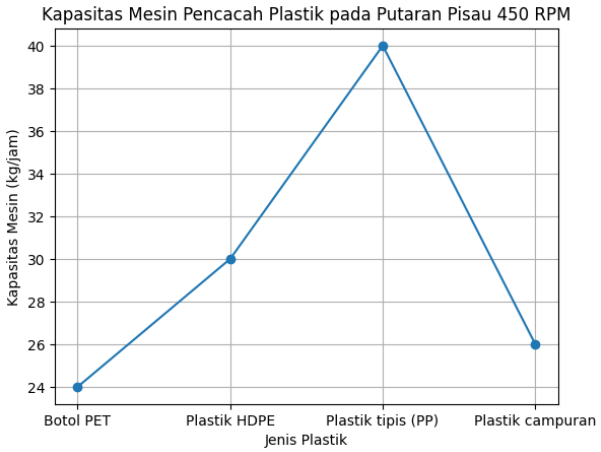
Hasil Pengujian Mesin Pencacah Plastik

Setelah proses perancangan dan pembuatan prototipe selesai, dilakukan pengujian mekanis untuk mengetahui performa dan kinerja nyata dari mesin pencacah plastik. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel jenis limbah plastik, seperti botol plastik (PET) dan plastik kemasan (PP/PE). Data lengkap mengenai hasil pengujian mesin tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian performa mesin pencacah plastik

No	Jenis Material Plastik	Berat Awal (kg)	Waktu Operasi (menit)	Putaran Poros (rpm)	Kapasitas Mesin (kg/jam)
1	Botol PET	2	5,0	450	24
2	Plastik HDPE	2	4,0	450	30
3	Plastik Tipis (PP)	2	3,0	450	40
4	Plastik Campuran	2	4,5	450	26

Berdasarkan Tabel 4, limbah plastik tipis jenis *polypropylene* (PP) menghasilkan kapasitas pencacahan tertinggi, yaitu sebesar 40 kg/jam. Hal ini dikarenakan karakteristik materialnya yang lebih tipis sehingga lebih mudah dipotong oleh mata pisau. Pengujian khusus ini dilakukan pada variasi kecepatan putaran 450 rpm saja sebagai basis data pengujian awal.



Gambar 4. Grafik pengujian

Grafik perbandingan kapasitas mesin pencacah plastik pada kecepatan putaran 450 rpm dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan adanya variasi kapasitas produksi yang dipengaruhi secara signifikan oleh karakteristik dari setiap jenis material plastik yang diproses. plastik jenis PP (plastik tipis) menghasilkan kapasitas pencacahan tertinggi mencapai 40kg/jam karena struktur materialnya lebih mudah dipotong oleh mata pisau. Sementara itu, plastik jenis HDPE menghasilkan kapasitas sebesar 30 kg/jam, dan plastik campuran menghasilkan 26 kg/jam.

Kapasitas pencacahan terendah tercatat pada plastik jenis PET dengan nilai 24 kg/jam. Rendahnya performa pada material PET ini disebabkan oleh sifat fisiknya yang jauh lebih keras dan tebal, sehingga membutuhkan waktu penetrasi potong yang lebih lama meskipun mesin beroperasi pada putaran yang sama.

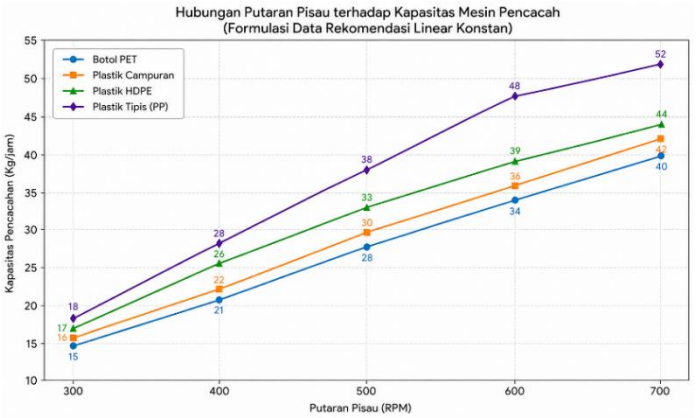
Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Pisau terhadap Kapasitas Produksi Mesin

Tabel 5. Pengaruh kecepatan putaran pisau terhadap kapasitas produksi mesin

Putaran Pisau (rpm)	Botol PET (kg/jam)	Plastik HDPE (kg/jam)	Plastik Tipis/PP (kg/jam)	Plastik Campuran (kg/jam)
300	15	17	18	16
400	21	26	28	23
500	28	33	38	30
600	34	39	48	36
700	40	44	-	-

Berdasarkan data pada Tabel 5, dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan putaran pisau, maka kapasitas pencacahan mesin juga meningkat secara signifikan. Peningkatan putaran tersebut menyebabkan frekuensi kontak antara mata pisau dan material plastik menjadi lebih tinggi, sehingga proses reduksi ukuran berlangsung lebih cepat.

Plastik tipis jenis PP secara konsisten menunjukkan kapasitas pencacahan tertinggi pada setiap variasi putaran karena memiliki karakteristik material yang lebih lunak dan mudah dipotong. Sebaliknya, botol PET menghasilkan kapasitas terendah akibat sifat materialnya yang lebih keras dan tebal, sehingga memerlukan waktu dan gaya pemotongan yang lebih besar. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Pranoto dkk [8] yang menyatakan bahwa geometri mata pisau serta kondisi parameter operasi mesin sangat memengaruhi efektivitas proses pencacahan plastik



Gambar 5. Analisis hubungan putaran pisau terhadap kapasitas mesin

Gambar 5 menunjukkan tren kenaikan yang berbanding lurus antara kecepatan putaran pisau dengan kapasitas pencacahan mesin pada seluruh jenis material plastik yang diuji. Peningkatan kecepatan putaran dari 300 rpm hingga 700 rpm terbukti secara signifikan meningkatkan kuantitas material yang dapat dicacah dalam satuan waktu yang sama. Hal ini terjadi karena semakin tinggi putaran poros, maka frekuensi kontak serta intensitas gaya geser antara mata pisau dengan material plastik di dalam ruang pencacah menjadi lebih tinggi. Akibatnya, proses reduksi ukuran material dapat berlangsung dengan jauh lebih cepat dan efisien.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, analisis teoretis, dan pengujian eksperimental pada mesin pencacah plastik tipe prototipe, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Komponen mata pisau tipe putar (*rotary blade*) berhasil dirancang menggunakan material baja karbon ASTM A36 dengan dimensi spesifik panjang 269 mm, lebar 65 mm, ketebalan 5 mm, jumlah 8 bilah, dan sudut pemotongan 25° yang sesuai untuk proses pencacahan skala prototipe.
2. Berdasarkan analisis mekanika dengan pendekatan torsi poros terhadap jari-jari putaran pisau, diperoleh nilai gaya pemotongan nominal sebesar.
3. Hasil analisis tegangan menunjukkan bahwa intensitas tegangan kerja aktual yang terjadi pada penampang kritis mata pisau adalah sebesar 1,54 MPa. Nilai tersebut masih berada jauh di bawah batas kekuatan luluh (*yield strength*) material (250 MPa), sehingga struktur mata pisau dinyatakan sangat aman dari risiko kegagalan fisis atau patah.

4. Karakteristik jenis material limbah plastik dan kecepatan putaran poros memiliki pengaruh yang signifikan dan berbanding lurus terhadap kapasitas produksi mesin. Plastik tipis jenis PP secara konsisten menghasilkan kapasitas pencacahan tertinggi pada setiap variasi pengujian, dengan capaian puncak sebesar 48 kg/jam pada putaran 600 rpm, sedangkan botol PET menghasilkan kapasitas terendah karena sifat fisiknya yang lebih keras dan tebal.

Secara keseluruhan, mesin pencacah plastik prototipe yang dirancang ini mampu beroperasi secara aman, mekanis berfungsi dengan baik, dan memberikan kapasitas pencacahan yang efektif untuk mendukung proses pengolahan serta reduksi ukuran limbah plastik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made," *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, p. e1700782, May 2026, doi: 10.1126/sciadv.1700782.

[2] Z. O. G. Schyns and M. P. Shaver, "Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review," *Macromol. Rapid Commun.*, vol. 42, no. 3, p. 2000415, Feb. 2021, doi: https://doi.org/10.1002/marc.202000415.

[3] A. P. Prasetia, M. A. Yusron, and D. N. Izzhati, "Design of a Plastic Waste Shredder Machine for the Processing of Inorganic Waste at TPS3R in Kudus Regency," *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 173–182, Dec. 2024, doi: https://doi.org/10.52435/jaiit.v6i2.615.

[4] M. T. Warasi, "Analisa Tegangan pada Desain Empat Mata Potong untuk Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Pondasi J. Appl. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–52, 2023.

[5] P. Wicaksono, B. D. P, S. B. W, and B. Basuki, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Mek. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 117–126, 2023, doi: https://doi.org/10.32722/jmt.v4i2.5854.

[6] S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, and F. Fraternali, "Recycled nylon fibers as cement mortar reinforcement," *Constr. Build. Mater.*, vol. 80, pp. 200–209, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.075.

[7] G. Romadon, W. Hasim, M. A. Ryandi, F. A. N. Laoli, and M. E. Sopian, "Analisis Sudut Mata Pisau Mesin Pencacah Kertas Dengan CAE," *Strength J. Penelit. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 3, pp. 235–246, 2025.

[8] S. H. Pranoto, S. Yatnikasari, M. N. Asnan, and R. I. Yaqin, "Desain dan Analisis Mata Pisau Pencacah Untuk Pengolahan Sampah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis," *INFOTEKMESIN*, vol. 11, no. 2, 2020, doi: https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i2.260.