

# Rancang Bangun Pisau Mesin Pencacah Plastik Tipe PET Dan LDPE

Sandy Riyaldy Maulana<sup>1</sup>, Yoddy Agung Nuhgraha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Mekanik Industri Dan Desain, Politeknik TEDC Bandung

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Mekanik Industri Dan Desain, Politeknik TEDC Bandung

Email: sandyriyaldy@gmail.com , yan\_nuhgraha@poltektedc.ac.id

## ABSTRAK

Limbah plastik rumah tangga merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin meningkat karena sifatnya sulit terurai. Salah satu upaya penanganannya adalah dengan mendaur ulang plastik melalui proses pencacahan agar ukurannya lebih kecil dan mudah diolah kembali. Penelitian ini berfokus pada perancangan serta pembuatan pisau pencacah plastik dengan memanfaatkan material spring steel dari per daun mobil bekas sebagai alternatif bahan yang murah, kuat, dan mudah diperoleh. Tahapan penelitian meliputi perancangan pisau, pemilihan material, serta proses pembuatan yang terdiri dari pemotongan, pembentukan profil bevel, perlakuan panas (hardening dan tempering), pengelasan ke rotor, finishing, dan pengasahan. Pengujian dilakukan untuk menilai kapasitas pencacahan serta kualitas hasil cacahan plastik jenis PET, HDPE, dan LDPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pisau berbahan spring steel berhasil diproduksi dengan kapasitas pencacahan 14,29–21,43 kg/jam. Kualitas cacahan berbeda sesuai jenis plastik, dengan LDPE menghasilkan cacahan lebih halus dan seragam. Dari sisi ekonomi, pisau ini dapat diproduksi dengan biaya sekitar Rp625.000 per unit dan memiliki ketahanan aus cukup baik setelah perlakuan panas, meskipun ketajamannya lebih cepat berkurang dibandingkan material SKD-11. Dengan demikian, pisau dari spring steel layak dijadikan alternatif ekonomis dan efektif untuk mesin pencacah plastik skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci : Pisau Pencacah Plastik, *Spring Steel*, Per Daun Mobil, *Heat Treatment*, Kapasitas Pencacahan.

## ABSTRACT

*Household plastic waste is one of the environmental problems that continues to increase due to its non-biodegradable nature. One effective solution is recycling plastic through shredding processes, which reduce its size and make it easier to reprocess. This study focuses on the design and fabrication of plastic shredder blades using spring steel from used leaf springs as an alternative material that is inexpensive, durable, and easily available. The research stages include blade design, material selection, and manufacturing processes consisting of cutting, bevel profile forming, heat treatment (hardening and tempering), welding to the rotor, finishing, and sharpening. Performance testing was carried out to evaluate shredding capacity and the quality of shredded plastic, specifically PET, HDPE, and LDPE. The results show that the spring steel blades were successfully produced with a shredding capacity of 14.29–21.43 kg/hour. The quality of shredded output varies according to plastic type, with LDPE producing finer and more uniform particles. Economically, the blade can be manufactured at approximately Rp625,000 per unit and demonstrates sufficient wear resistance after heat treatment, although it becomes dull faster compared to SKD-11 material. Therefore, spring steel blades can be considered an effective and economical alternative for small- to medium-scale plastic shredding machines.*

*Keywords: Plastic Shredder Blade, Spring Steel, Leaf Spring, Heat Treatment, Shredding Capacity.*

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik masih menjadi isu lingkungan yang sangat serius, baik di tingkat global maupun nasional. Plastik merupakan material yang sulit terurai secara alami dan menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan, khususnya di daerah perkotaan dan padat penduduk. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak limbah plastik adalah dengan mendaur ulangnya. Tahapan awal dalam proses daur ulang plastik adalah pencacahan material menjadi ukuran yang lebih kecil agar mudah diproses lebih lanjut. Mesin pencacah plastik berperan penting dalam proses ini, dengan pisau pencacah sebagai komponen utama yang menentukan efektivitas pencacahan.

Dengan menggunakan bahan per daun mobil sebagai pisau pencacah, diharapkan dapat diperoleh solusi desain pisau yang efektif, ekonomis, dan berkelanjutan untuk mendukung proses daur ulang plastik skala rumah tangga maupun industri kecil. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul “Rancang Bangun Pisau Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Material Per Daun Mobil” sebagai upaya menghasilkan desain pisau yang mampu meningkatkan kinerja mesin pencacah serta memberikan manfaat bagi masyarakat dan lingkungan.

## 2. KAJIAN TEORI

### 2.1 *Software Solidworks* Dalam Perancangan Teknik

Perkembangan teknologi komputer telah membawa perubahan signifikan dalam bidang perancangan teknik, khususnya dengan hadirnya perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD). Salah satu perangkat lunak CAD yang banyak digunakan di dunia industri maupun akademik adalah SolidWork.



Gambar 1. Logo Solidwork

SolidWorks adalah perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) berbasis parametrik yang digunakan secara luas dalam dunia teknik mesin dan manufaktur. Menurut Planchard (2013), *SolidWorks* memungkinkan perancang untuk membuat model tiga dimensi (3D), menggambar dua dimensi (2D), serta melakukan simulasi teknik secara efisien. Dalam konteks perancangan mesin pencacah, *SolidWorks* sangat membantu dalam visualisasi bentuk pisau, simulasi gaya, dan pemastian dimensi akurat sebelum proses manufaktur.

### 2.2 Teori Tentang Pisau Pencacah Plastik

Pisau pencacah merupakan komponen utama dalam mesin pencacah plastik yang berfungsi sebagai elemen pemotong untuk memperkecil ukuran limbah plastik menjadi serpihan-serpihan kecil (*flakes*). Menurut Irfan (2017), pemilihan jenis pisau sangat bergantung pada karakteristik limbah plastik dan efisiensi pencacahan yang diinginkan.



## 2.3 Material Pisau dan Sifat Mekanisnya

Pemilihan material merupakan salah satu faktor paling penting dalam perancangan pisau pencacah plastik. Material pisau harus mampu menahan gaya potong, memiliki ketahanan aus yang tinggi, dan cukup tangguh terhadap beban kejut. Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah baja pegas (spring steel) yang berasal dari per daun mobil bekas, karena sifat mekanisnya sesuai untuk aplikasi pencacahan plastik rumah tangga, serta lebih ekonomis dibanding baja perkakas impor seperti SKD-11. Baja pegas termasuk baja karbon menengah–tinggi dengan kandungan karbon sekitar 0,5–0,7% serta tambahan unsur mangan, silikon, dan kromium. Baja ini banyak digunakan pada komponen otomotif seperti per daun mobil, karena memiliki kombinasi sifat kuat, ulet, dan tahan beban kejut berulang (Surdia & Saito, 1999).

## 2.4 Studi Terdahulu

1. Setiawan (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Ulang Pisau Pencacah pada Mesin Pencacah Plastik Tipe Sisir” mengkaji variasi sudut potong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut potong 30° memberikan efisiensi pencacahan terbaik dengan gaya potong minimum dan hasil cacahan lebih halus.
2. Rahmat dan Ardiansyah (2019) melakukan “Analisis Tegangan pada Pisau Pencacah Plastik Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Simulasi dengan SolidWorks menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada area sudut tajam pisau, sehingga disarankan perlakuan panas atau modifikasi desain untuk mengurangi risiko retak.
3. Yusuf dkk. (2020) dalam jurnal “Pemilihan Material Pisau Pencacah Plastik Daur Ulang” membandingkan tiga material yaitu AISI D2, SKD-11, dan S50C. Hasil uji menunjukkan SKD-11 paling optimal dari segi kekerasan ( $\approx 60$  HRC) dan ketahanan aus untuk aplikasi jangka panjang.
4. Fitriani (2021) merancang mesin pencacah plastik dengan pisau putar tipe hook (pengait) dan melaporkan bahwa rancangan mampu mencacah botol PET dengan hasil serpihan rata-rata 5–10 mm. Penelitian ini juga menekankan pentingnya kombinasi pisau tetap dan pisau putar.
5. Kurniawan & Putra (2022) menguji pisau berbahan S45C dan AISI D2 terhadap plastik jenis HDPE, PET, dan PP. Hasilnya menunjukkan pisau AISI D2 memiliki ketahanan aus lebih baik, tetapi dari sisi biaya S45C lebih ekonomis untuk industri kecil.
6. Hidayat (2023) melakukan penelitian pemanfaatan baja pegas bekas (per daun mobil) untuk pisau pencacah limbah organik. Hasil uji menunjukkan material ini memiliki ketangguhan baik dan tahan terhadap beban kejut, meskipun lebih cepat aus dibanding baja perkakas. Studi ini mendukung penggunaan baja pegas sebagai alternatif murah untuk industri kecil/rumah tangga.

## 2.5 Teori Tegangan dan Analisis Kekuatan Pisau

Perancangan pisau pencacah plastik tidak hanya memperhatikan bentuk geometri dan material, tetapi juga memerlukan analisis kekuatan untuk memastikan pisau mampu menahan beban kerja selama proses pencacahan. Analisis kekuatan ini dilakukan dengan pendekatan mekanika bahan, yaitu dengan menghitung tegangan yang terjadi akibat gaya potong dan membandingkannya dengan kekuatan material.

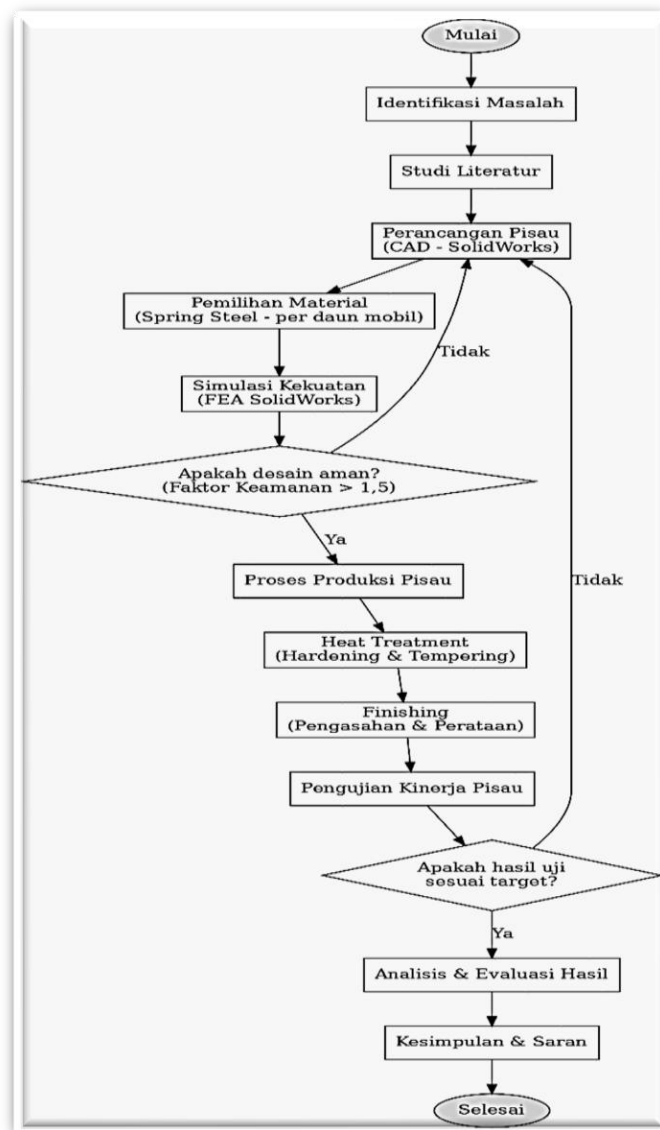
## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini ada beberapa tahapan, diantaranya dibawah ini:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

3. Studi Literatur
4. Perancangan Pisau (CAD-SolidWorks)
5. Pemilihan Material (Spring Steel-per daun mobil)
6. Simulasi Kekuatan (FEA SolidWorks)
7. Proses Produksi Pisau
8. Heat Treatment (Hardening & Tempering)
9. Finishing (Pengasahan & Peralatan)
10. Pengujian Kinerja Pisau
11. Analisis & Evaluasi Hasil
12. Kesimpulan & Saran
13. Selesai

Tahapan diatas, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pisau pencacah plastik berhasil diproduksi menggunakan bahan spring steel yang berasal dari per daun mobil. Proses produksi dilakukan sesuai tahapan yang dijelaskan pada Bab III, mulai dari pemotongan bahan, pembentukan profil bevel, pengeboran lubang baut, heat treatment, hingga finishing.

Hasil produksi pisau ditunjukkan pada Gambar 3. Pisau memiliki bentuk persegi panjang dengan dua buah lubang baut untuk pemasangan pada rotor mesin pencacah. Dimensi pisau yang dihasilkan adalah panjang  $\pm 600$  mm, lebar  $\pm 60$  mm, dan tebal  $\pm 10$  mm. Setelah proses heat treatment, kekerasan pisau mencapai kisaran 50–55 HRC, sehingga pisau diharapkan memiliki ketangguhan dan ketajaman yang memadai untuk mencacah berbagai jenis plastik.



Gambar 3. Pisau

1. Trade-off material: Spring steel lebih ekonomis & mudah didapat, kekerasan kerja 50–55 HRC (di bawah SKD-11  $\sim$ 58–62 HRC), tapi terbukti memadai untuk PETE/LDPE skala rumah tangga/UKM.
2. Desain & pemasangan: Flat blade tanpa lubang  $\rightarrow$  sambungan las kuat, sederhana, mudah servis.
3. Kinerja: Efisiensi  $>95\%$  dan fraksi halus memadai; LDPE memang menantang karena elastis  $\rightarrow$  rekomendasi: ulang pengasahan periodik & kontrol celah pisau-counter blade agar distribusi ukuran makin rapat.

Berikut perhitungan Analisis Tegangan Pisau:

1. Asumsi & Parameter  
Geometri pisau:  $290 \times 250 \times 10$  mm ( $p \times l \times t$ )  
Model sederhana: pisau dianggap kantilever dilas pada dudukan; gaya potong  $F$  bekerja di ujung bebas (worst case)  
Jarak dari garis las ke titik gaya ( $L$ ): 290 mm  
Sifat material (spring steel setelah heat treatment):  $\sigma_y \approx 650$  MPa,  $E = 210$  GPa  
Beban rujukan:  $F = 500\text{--}1000$  N (range konservatif untuk cacah PETE/LDPE)

## 2. Sifat Penampang

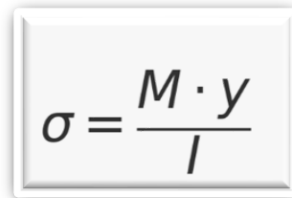
$$b = 250 \text{ mm}, t = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Momen inersia: } I = (b \times t^3) / 12 = (250 \times 10^3) / 12 = 20,833 \text{ mm}^4$$

$$\text{Jarak ke serat terluar: } y = t/2 = 0.005 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang: } A = b \times t = 2500 \text{ mm}^2$$

## 3. Tegangan Lentur ( $\sigma$ )



Gambar 4. Rumus Lentur (Bending)

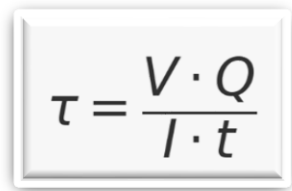
$$\text{Momen maksimum di kaki las: } M = F \times L$$

$$\text{Untuk } F = 1000 \text{ N} \rightarrow L = 290 \text{ mm } L=0.29$$

$$\sigma = (M \times y) / I = (290 \times 0.005) / 0.0508 \approx 28.543 \text{ MPa}$$

$$\text{Untuk } F = 500 \text{ N} \rightarrow \sigma \approx 34.8 \text{ MPa}$$

## 4. Tegangan Geser ( $\tau$ )



Gambar 5. Tegangan Geser

$$\text{dimana } I = 1/12 \times B \times H^3$$

$$\text{Pendekatan balok persegi: } \tau_{\max} \approx 1.5 \times (V / A), \text{ dengan } V \approx F$$

$$\text{Untuk } F = 1000 \text{ N} \rightarrow \tau_{\max} \approx 1.5 \times (1000 / 2500) = 0.6 \text{ MPa}$$

## 5. Tegangan Von Mises ( $\sigma_v$ ) & Faktor Keamanan (SF)

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Gambar 6. Tegangan Ekuivalen (Von Mises)

$$\text{Untuk } F = 1000 \text{ N:}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \approx \sqrt{(69.6)^2 + 3(0.6)^2} \approx 69.6 \text{ MPa}$$

$$SF = \sigma_y / \sigma_v = 650 / 69.6 \approx 9.3$$

$$\text{Untuk } F = 500 \text{ N:}$$

$$\sigma_v \approx 34.8 \text{ MPa} \rightarrow SF \approx 18.7$$



- Kesimpulan: Pada rentang gaya potong konservatif untuk PETE/LDPE, tegangan kerja jauh di bawah yield spring steel sehingga pisau aman. Hal yang perlu diperhatikan selanjutnya adalah kekuatan sambungan las dan defleksi ujung.
- Estimasi Gaya Potong Plastik  
Metode: gaya potong diestimasi dari kuat geser material plastik dikali luas penampang efektif yang terpotong:  
 $F = \tau \times A_{\text{efektif}}$ , dengan  $A_{\text{efektif}} = b_{\text{efektif}} \times t_{\text{efektif}}$ .  
Asumsi kontak konservatif:  $b_{\text{efektif}} = 50 \text{ mm}$ .  
PETE:  $\tau \approx 35 \text{ MPa}$ ,  $t_{\text{efektif}} = 1.0 \text{ mm} \rightarrow A = 50 \text{ mm}^2 \rightarrow F \approx 1750 \text{ N}$ .  
LDPE:  $\tau \approx 12 \text{ MPa}$ ,  $t_{\text{efektif}} = 0.5 \text{ mm} \rightarrow A = 25 \text{ mm}^2 \rightarrow F \approx 300 \text{ N}$ .
  - Defleksi Ujung Pisau  
Balok kantilever dengan beban ujung:  $\delta = (F \times L^3)/(3 E I)$ . Menggunakan  $E = 210 \text{ GPa}$ .
    - Defleksi untuk PETE ( $F \approx 1750 \text{ N}$ ):  $\delta \approx 3251.87 \mu\text{m}$ .
    - Defleksi untuk LDPE ( $F \approx 300 \text{ N}$ ):  $\delta \approx 557.46 \mu\text{m}$ .
  - Pemeriksaan Kekuatan Sambungan Las  
Anggap sambungan fillet weld satu sisi sepanjang 250 mm pada kaki pisau. Kapasitas geser las diambil konservatif:  
 $P_{\text{izin}} = \tau_{\text{izin}} \times A_{\text{throat}}$ , dengan  $A_{\text{throat}} = 0,707 \times a \times L_{\text{weld}}$ .  
Ukuran fillet (leg size)  $a = 4 \text{ mm} \rightarrow \text{throat} = 2.83 \text{ mm}$ .  
Panjang las  $L_{\text{weld}} = 250 \text{ mm} \rightarrow A_{\text{throat}} = 707.0 \text{ mm}^2$ .  
Ambil  $\tau_{\text{izin}} (\text{las}) = 100 \text{ MPa}$  (konservatif)  $\rightarrow P_{\text{izin}} \approx 70,700 \text{ N}$ .  
Perbandingan dengan kebutuhan:  $F_{\text{potong}} (\text{PETE}) \approx 1750 \text{ N} \ll P_{\text{izin}} \rightarrow$  sambungan las memadai. Bila ukuran fillet lebih kecil, sesuaikan perhitungan dengan  $a$  aktual.
  - Rekap & Implikasi
    - Tegangan lentur maksimum untuk  $F \approx 1750 \text{ N}$ :  $\sigma \approx 121.8 \text{ MPa}$ ; Von Mises  $\approx 121.8 \text{ MPa}$ ; SF terhadap  $\sigma_y \approx 5.34$  (aman).
    - Defleksi ujung pada beban kerja:  $3251.87 \mu\text{m}$  (PETE) hingga  $557.46 \mu\text{m}$  (LDPE)  $\rightarrow$  sangat kecil, tidak berpengaruh signifikan pada celah potong.
    - Kapasitas las jauh di atas gaya potong konservatif; kontrol kualitas las dan HAZ tetap diperlukan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka kesimpulan yang dapat diambil sesuai dengan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- Perancangan pisau pencacah plastik berbahan spring steel (per daun mobil) berhasil dilakukan dengan bentuk pisau polos (tidak bergerigi) yang dipasang pada rotor melalui metode pengelasan. Desain pisau dengan dimensi  $\pm 600 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  dinilai sesuai untuk mencacah limbah plastik rumah tangga.
- Proses pembuatan pisau dilakukan melalui tahapan pemotongan bahan, pembentukan profil bevel, perlakuan panas (hardening dan tempering), pemasangan dengan pengelasan, serta finishing dan pengasahan. Hasil akhir menunjukkan pisau memiliki kekerasan sekitar 50–55 HRC (setelah heat treatment), yang cukup mendukung sifat mekanis pisau agar tahan terhadap gesekan dan benturan selama proses pencacahan.



3. Performa pisau hasil produksi menunjukkan kapasitas pencacahan antara 14,29–21,43 kg/jam, dengan kualitas cacahan bervariasi (LDPE lebih halus dan seragam dibanding PET dan HDPE). Hasil ini sudah memenuhi target kapasitas minimal mesin pencacah skala laboratorium ( $\geq 15$  kg/jam). Dibandingkan dengan standar material pisau (misalnya SKD-11), spring steel memiliki kelebihan berupa biaya rendah, mudah diperoleh, dan cukup kuat, namun kekurangannya adalah lebih cepat tumpul sehingga memerlukan pengasahan ulang secara periodik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D. (2007). *Materials science and engineering: An introduction* (7th ed.). Wiley, Hoboken.
- Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2011). *Materials and processes in manufacturing* (11th ed.). Wiley, Hoboken.
- Fitriani, N. (2021). Analisis perancangan pisau pencacah plastik skala laboratorium. *Jurnal Teknologi Mesin*, 9(2), 55–62.
- Hidayat, R. (2023). Evaluasi performa pisau pencacah plastik berbasis spring steel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(1), 33–40.
- Irfan, M. (2017). Studi pemilihan jenis pisau pada mesin pencacah plastik rumah tangga. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 12(2), 77–84.
- Kalpajian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson, Upper Saddle River, NJ.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Laporan pengelolaan sampah plastik di Indonesia*. KLHK, Jakarta.
- Kurowski, P. M. (2015). *Engineering analysis with SolidWorks Simulation 2015*. SDC Publications, Mission, KS.
- Kurniawan, A., & Putra, Y. (2022). Rancang bangun pisau pencacah plastik menggunakan material alternatif. *Jurnal Inovasi Mesin*, 6(1), 44–52.
- Planchard, D. (2013). *Engineering design with SolidWorks 2013 and video instruction*. SDC Publications, Mission, KS.
- Prasetyo, A. (2020). Desain mesin pencacah plastik tipe rotary menggunakan SolidWorks. *Jurnal Teknologi Mesin Nusantara*, 8(1), 21–29.
- Rahmat, A., & Ardiansyah, F. (2019). Analisis tegangan pada pisau pencacah plastik dengan variasi material. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 10(2), 65–72.
- Setiawan, B. (2018). Perancangan ulang pisau pencacah plastik skala UMKM. *Jurnal Sains dan Teknologi Mesin*, 5(1), 11–18.
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan bahan teknik*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suryanto, B., & Purnomo, A. (2017). Pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan baja pegas (spring steel). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(1), 55–62.
- Totten, G. E. (2007). *Steel heat treatment: Metallurgy and technologies* (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton.
- Wibowo, T., Nugroho, A., & Putri, L. (2019). Analisis kinerja pisau pencacah plastik dengan material SKD-11. *Jurnal Rekayasa Material*, 7(2), 99–106.
- Yuliani, R., & Prasetyo, H. (2022). Studi perbandingan material pisau pencacah plastik antara baja SKD-11 dan spring steel. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 3(1), 87–94.
- Yusuf, A., Raharjo, D., & Lestari, M. (2020). Pemilihan material pisau pencacah plastik dengan metode perbandingan. *Jurnal Riset Teknik Mesin*, 6(2), 113–120.