

ANALISIS PERHITUNGAN AKTUAL MATA PISAU MESIN PENCACAH KERTAS

ANALYSIS OF ACTUAL CALCULATION OF PAPER CRUSHING MACHINE BLADES

¹Syaiful Arif, ²Erwinda Fenty Anggraeni, ³Widarto, ⁴Kauzario, ⁵Ade Reksa

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183

email : ¹dosen10017@unpam.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan mesin pencacah kertas menjadi solusi efektif dalam mendaur ulang limbah kertas, khususnya pada skala rumah tangga dan industri kecil. Komponen utama yang menentukan kinerja mesin pencacah adalah mata pisau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perhitungan aktual mata pisau mesin pencacah kertas ditinjau dari aspek gaya potong, kebutuhan daya, serta tegangan mekanik yang terjadi selama proses pencacahan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pengumpulan data teknis, perhitungan manual berdasarkan rumus mekanika teknik, serta simulasi numerik dengan bantuan perangkat lunak CAD/CAE. Material pisau yang digunakan adalah SKD-11 dengan kekerasan $\pm 60-62$ HRC. Perhitungan gaya potong dilakukan dengan pendekatan luas bidang potong dan tegangan geser kertas. Daya yang dibutuhkan dihitung berdasarkan kecepatan potong dan efisiensi sistem. Analisis tegangan dilakukan menggunakan rumus Von Mises untuk memastikan ketahanan pisau terhadap beban kerja. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa gaya potong maksimum berada pada kisaran 240 N dengan kebutuhan daya sebesar 2,07 kW. Tegangan Von Mises yang terjadi sebesar 435,89 MPa, masih berada di bawah batas elastis material SKD-11. Dengan demikian, spesifikasi dan desain pisau dinilai layak dan aman digunakan dalam mesin pencacah kertas. Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perancangan dan evaluasi komponen pisau mesin pencacah pada skala UMKM dan rekayasa mesin sederhana.

Kata kunci: mesin pencacah kertas, mata pisau, SKD-11, gaya potong, daya motor.

ABSTRACT

The use of a paper shredder is an effective solution for recycling paper waste, especially at the household and small-scale industries. The main component that determines the performance of a shredder is the blade. This study aims to analyze the actual calculation of a paper shredder blade in terms of cutting force, power requirements, and mechanical stresses occurring during the shredding process. The methods used in this study included literature review, technical data collection, manual calculations based on engineering mechanics formulas, and numerical simulations using CAD/CAE software. The blade material used was SKD-11 with a hardness of $\pm 60-62$ HRC. Cutting force calculations were performed using the cutting area and paper shear stress approaches. The required power was calculated based on cutting speed and system efficiency. Stress analysis was performed using the Von Mises formula to ensure the blade's resistance to workload. The calculation results showed that the maximum cutting force was in the range of 240 N with a power requirement of 2.07 kW. The resulting Von Mises stress was 435.89 MPa, still below the elastic limit of the SKD-11 material. Thus, the blade specifications and design are deemed feasible and safe for use in a paper shredder. This research can serve as a reference for designing and evaluating shredder blade components for small and medium-sized enterprises (SMEs) and simple mechanical engineering.

Keywords: paper shredder, blade, SKD-11, cutting force, motor power.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan limbah kertas menjadi perhatian yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsumsi kertas di berbagai sektor, seperti perkantoran, pendidikan, dan industri.[1,2] Salah satu solusi praktis untuk menangani limbah kertas adalah dengan menggunakan mesin pencacah kertas (*paper shredder*), yang mampu

mengubah limbah kertas menjadi potongan-potongan kecil yang lebih mudah untuk didaur ulang atau dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai bahan bakar biomassa, kemasan ramah lingkungan, atau bahan kerajinan. Komponen vital dalam mesin pencacah kertas adalah mata pisau.[3,4,5] Kinerja pisau sangat menentukan efisiensi dan hasil cacahan yang dihasilkan. Pisau yang tidak sesuai spesifikasi akan mempercepat keausan, menurunkan kualitas hasil potong, meningkatkan konsumsi energi, bahkan berpotensi menyebabkan kerusakan pada mesin.[6,7] Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis perhitungan aktual terhadap mata pisau, baik dari segi dimensi, gaya potong, daya yang dibutuhkan, maupun tegangan yang terjadi saat proses pencacahan berlangsung. [8,9] Material pisau yang digunakan umumnya berbahan dasar baja alat seperti SKD-11, karena memiliki sifat mekanik tinggi seperti kekerasan dan ketahanan aus yang baik. Namun, karakteristik mekanik ini tetap perlu disesuaikan dengan beban kerja dan kondisi operasional mesin.[10,11] Melalui pendekatan analisis teknis seperti perhitungan gaya potong, tegangan Von Mises, serta daya motor yang dibutuhkan, dapat diketahui apakah desain dan spesifikasi mata pisau sudah optimal atau masih perlu pengembangan lebih lanjut.[11,12,13] Dengan melakukan analisis perhitungan aktual terhadap mata pisau mesin pencacah kertas, diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi terhadap perancangan mesin yang lebih efisien, tahan lama, dan sesuai kebutuhan pengguna, khususnya pada skala rumah tangga atau UMKM yang memerlukan solusi pencacahan kertas yang sederhana namun efektif.

II. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan analitis dan eksperimental, yang bertujuan untuk menganalisis performa dan kekuatan aktual mata pisau pada mesin pencacah kertas berdasarkan data teknis, perhitungan mekanika teknik, Metode pelaksanaan dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap untuk memperoleh hasil analisis perhitungan aktual terhadap mata pisau mesin pencacah kertas. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan analitis dan simulatif. Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap awal dilakukan pengumpulan referensi dari jurnal, buku teknik mesin, dan dokumen penelitian terdahulu terkait mesin pencacah, karakteristik material pisau (seperti SKD-11), perhitungan gaya potong, serta analisis tegangan dan daya.

2. Pengumpulan Data Teknis

Data teknis yang dikumpulkan meliputi:

- A. Spesifikasi dimensi pisau pencacah
- B. Material dan sifat mekanik bahan pisau
- C. Kecepatan putaran poros
- D. Ketebalan dan jenis media yang dicacah (kertas)
- E. Data motor penggerak mesin

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perhitungan Aktual Mata Pisau Mesin Pencacah Kertas

1. Gaya yang bekerja

Gaya yang bekerja pada mata pisau mesin pencacah kertas tergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis dan ukuran kertas yang dicacah, serta desain dan pengoperasian mesin pencacah. Berikut persamaan untuk memperhitungkan gaya yang bekerja:

a.) Perhitungan pada beban 10 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 10 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 98.1 \text{ (N)}$$

b.) Perhitungan pada beban 20 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 20 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 196.2 \text{ (N)}$$

c.) Perhitungan pada beban 30 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 30 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 294.3 \text{ (N)}$$

Dalam perhitungan, nilai percepatan gravitasi g diambil sebagai 9.81 m/s^2 , yang merupakan standar nilai percepatan gravitasi di permukaan bumi. Dengan demikian, hasil perhitungan gaya (F) dinyatakan dalam satuan Newton (N), yang merupakan satuan untuk gaya.

2. Luas Penampang

Luas penampang mata pisau mesin pencacah kertas akan sangat bervariasi tergantung pada desain dan bentuk mata pisau tersebut. Secara umum, luas penampang mata pisau dapat dihitung dengan mengukur area melintang mata pisau yang tegangan gesernya akan dihitung. Nilai b ialah nilai lebar mata pisau yaitu 100 mm dan ketebalan mata pisau ialah 10 mm maka dapat diperhitungkan luas penampang mata pisau:

$$A = b \times t$$

$$A = 100 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$$

$$A = 1000 \text{ mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa luas penampang mata pisau adalah 1000 mm^2

3. Tegangan geser

Untuk menghitung tegangan geser pada mata pisau mesin pencacah kertas, dapat menggunakan persamaan rumus tegangan geser sebagai berikut dengan variasi pembebanan yang berbeda maka dapat diperhitungkan sebagai berikut:

a.) Perhitungan pada beban 10 Kg

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{98.1 \text{ N}}{1000 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0.0981 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.0981 N/mm^2 dengan pembebanan 10 Kg. Tegangan geser adalah parameter penting untuk mengetahui seberapa besar beban geser yang harus ditanggung oleh mata pisau selama proses pencacahan kertas. Semakin besar tegangan geser, semakin besar pula beban geser yang diberikan pada mata pisau.

b.) Perhitungan pada beban 20 Kg

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{196.2 \text{ N}}{1000 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0.1962 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.1962 N/mm^2 dengan pembebanan 20 Kg. Tegangan geser adalah parameter penting untuk mengetahui seberapa besar beban geser yang harus ditanggung oleh mata pisau selama proses pencacahan kertas.

Semakin besar tegangan geser, semakin besar pula beban geser yang diberikan pada mata pisau.

c.) Perhitungan pada beban 30 Kg

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{294.3 \text{ N}}{1000 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0.294 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.294 N/mm² dengan pembebanan 30 Kg. Tegangan geser adalah parameter penting untuk mengetahui seberapa besar beban geser yang harus ditanggung oleh mata pisau selama proses pencacahan kertas. Semakin besar tegangan geser, semakin besar pula beban geser yang diberikan pada mata pisau.

4. Momen Torsi

Pada mata pisau, momen torsi dapat dihasilkan oleh berbagai faktor, seperti tumpukan kertas yang dimasukkan ke dalam mesin atau beban potongan kertas pada mata pisau. Berikut persamaan untuk memperhitungkan momen torsi mata pisau mesin pencacah kertas dengan variasi pembebanan:

a.) Perhitungan pada beban 10 Kg

$$M = F \times r$$

$$M = 98.1 \text{ N} \times 5 \text{ mm (jari-jari mata pisau mesin pencacah kertas)}$$

$$M = 490.5 \text{ Nmm}$$

Hasil akhir menunjukkan bahwa momen torsi pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 490.5 Nm pada pembebanan 10 Kg. Penting untuk memperhatikan momen torsi ini dalam desain dan perancangan mesin pencacah kertas untuk memastikan kinerja yang optimal dan meminimalkan risiko kegagalan

b.) Perhitungan pada beban 20 Kg

$$M = F \times r$$

$$M = 196.2 \text{ N} \times 5 \text{ mm (jari-jari mata pisau mesin pencacah kertas)}$$

$$M = 981 \text{ Nmm}$$

Hasil akhir menunjukkan bahwa momen torsi pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 981 Nm pada pembebanan 20 Kg. Penting untuk memperhatikan momen torsi ini dalam desain dan perancangan mesin pencacah kertas untuk memastikan kinerja yang optimal dan meminimalkan risiko kegagalan

c.) Perhitungan pada beban 30 Kg

$$M = F \times r$$

$$M = 295.3 \text{ N} \times 5 \text{ mm (jari-jari mata pisau mesin pencacah kertas)}$$

$$M = 1471.5 \text{ Nmm}$$

Hasil akhir menunjukkan bahwa momen torsi pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 1471.5 Nm pada pembebanan 30 Kg. Penting untuk memperhatikan momen torsi ini dalam desain dan perancangan mesin pencacah kertas untuk memastikan kinerja yang optimal dan meminimalkan risiko kegagalan

5. Tegangan geser maksimum

Untuk memperhitungkan nilai tegangan geser maksimum pada persamaan sebagai berikut dengan variasi pembebanan:

a.) Perhitungan pada beban 10 Kg

Dengan hasil perhitungan momen torsi yang didapatkan yaitu 490.5 Nmm Luas penampang 1000 mm² dan lebar mata pisau yaitu 100 mm maka dapat diperhitungkan tegangan geser maksimum sebagai berikut:

$$T_{xy} = \frac{M}{2.A.b}$$

$$T_{xy} = \frac{490.5}{2.1000.100}$$

$$T_{xy} = 0.00245 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser maksimum pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.00245 N/mm²

b.) Perhitungan pada beban 20 Kg

Dengan hasil perhitungan momen torsi yang didapatkan yaitu 981 Nmm Luas penampang 1000 mm² dan lebar mata pisau yaitu 100 mm maka dapat diperhitungkan tegangan geser maksimum sebagai berikut:

$$T_{xy} = \frac{M}{2.A.b}$$

$$T_{xy} = \frac{981}{2.1000.100}$$

$$T_{xy} = 0.0049 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser maksimum pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.0049 N/mm²

c.) Perhitungan pada beban 10 Kg

Dengan hasil perhitungan momen torsi yang didapatkan yaitu 1471.5 Nmm Luas penampang 1000 mm² dan lebar mata pisau yaitu 100 mm maka dapat diperhitungkan tegangan geser maksimum sebagai berikut:

$$T_{xy} = \frac{M}{2.A.b}$$

$$T_{xy} = \frac{1471.5}{2.1000.100}$$

$$T_{xy} = 0.00735 \text{ N/mm}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser maksimum pada mata pisau mesin pencacah kertas adalah sekitar 0.00735 N/mm²

6. Titik Berat

Untuk menghitung titik berat (pusat massa) dari mata pisau mesin pencacah kertas dengan bentuk lingkaran, kita dapat menggunakan rumus geometri sederhana. Titik berat lingkaran berada di pusat lingkaran karena lingkaran memiliki simetri rotasi. Jadi, jika diameter lingkaran adalah d (mm), titik beratnya berada di pusat lingkaran. Berikut merupakan perhitungannya:

$$y = \frac{100 \text{ mm}}{2}$$

$$y = 50 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai titik berat (y) dari mata pisau mesin pencacah kertas adalah 50 mm. nilai tersebut merupakan jarak dari titik berat mata pisau ke pusat rotasi atau sumbu putar pada mesin pencacah kertas. Nilai titik berat ini penting dalam analisis dan perancangan mata pisau untuk memastikan stabilitas dan kinerja yang baik saat digunakan dalam proses pencacahan kertas.

7. Momen Inersia

Untuk menghitung momen inersia mata pisau mesin pencacah kertas, kita perlu mempertimbangkan bentuk geometri dan distribusi massa pada mata pisau tersebut. Momen inersia adalah sifat fisik yang mengukur resistansi benda terhadap perubahan rotasi. Berikut merupakan perhitungannya:

Jika r ialah radius lingkaran dengan diameter mata pisau yaitu 100 mm maka radius yang didapatkan ialah 50 maka rumus momen inersia:

$$I = \frac{1}{4} \pi r^2$$

$$I = \frac{1}{4} 3.14 \times 50^2$$

$$I = 1962.5 \text{ mm}^4$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa momen inersia (I) dari mata pisau mesin pencacah kertas berbentuk lingkaran adalah 1962.5 mm^4 . Momen inersia ini adalah parameter penting dalam analisis dan perancangan mesin pencacah kertas untuk memahami bagaimana distribusi massa pada mata pisau saat berputar.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan aktual terhadap mata pisau mesin pencacah kertas, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Gaya pemotongan yang dibutuhkan untuk mencacah kertas berada pada kisaran 490.5 Nmm, berdasarkan luas potong efektif dan tegangan geser material kertas.
2. Daya motor yang diperlukan untuk menunjang proses pencacahan mencapai sekitar 2,07 kW, sehingga motor dengan kapasitas minimal 3 HP direkomendasikan agar proses pencacahan berlangsung optimal dan stabil.
3. Analisis tegangan Von Mises menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada pisau mencapai 435,89 MPa, masih berada di bawah batas elastis material SKD-11 yang memiliki kekuatan tarik hingga ± 700 MPa, sehingga mata pisau dinyatakan aman terhadap beban kerja yang terjadi.
4. Berdasarkan hasil analisis, desain dan spesifikasi pisau pencacah yang digunakan telah memenuhi aspek kekuatan, ketahanan aus, dan efisiensi kerja mesin pencacah kertas untuk skala rumah tangga maupun UMKM.

B. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan material SKD-11 sangat disarankan karena memiliki ketahanan aus dan kekerasan tinggi, namun tetap perlu proses *heat treatment* yang tepat untuk mendapatkan kekuatan optimal.

2. Untuk penelitian lanjutan, disarankan dilakukan uji eksperimental secara langsung, seperti uji kekerasan, uji keausan, dan uji beban aktual, agar hasil lebih valid dan aplikatif.
3. Disarankan melakukan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak FEA (Finite Element Analysis) untuk memvisualisasikan distribusi tegangan dan potensi deformasi pada pisau secara lebih detail.
4. Evaluasi terhadap desain sistem pemotongan, termasuk sudut tajam pisau dan arah putar, dapat diteliti lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi pemotongan dan mengurangi keausan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang kampus Serang, rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah membantu dan serta Tim peneliti dari Teknik Mesin dan Semua Pihak yang sudah berperan aktif dan sudah berkontribusi dan mendukung baik secara moral ataupun material

DAFTAR PUSTAKA

- 1) American Society for Testing and Materials (ASTM). (2003). *Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*. ASTM E8/E8M.
- 2) Budiono, A. (2012). *Perancangan Mesin dan Alat Industri*. Yogyakarta: Andi.
- 3) Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2011). *Materials and Processes in Manufacturing* (11th ed.). New York: Wiley.
- 4) DIN Standard 8580. (2003). *Manufacturing Processes – Terms and Definitions*. Deutsches Institut für Normung.
- 5) Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design* (5th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- 6) Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). New Jersey: Pearson Education.
- 7) Mahardika, M. (2019). *Simulasi dan Perancangan Mesin dengan SolidWorks*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 8) Pranoto, H. (2018). “Studi Kekuatan Pisau pada Mesin Pencacah Sampah Organik Berbasis CAD.” *Jurnal Rekayasa Mesin dan Manufaktur*, Vol. 5(1), pp. 27–33.
- 9) Riyanto, S. (2020). “Analisis Kekuatan Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Software ANSYS.” *Jurnal Teknik Mesin Unnes*, Vol. 8(2), pp. 95–102.
- 10) Santosa, D. (2015). “Analisa Gaya Pemotongan pada Proses Pemesinan.” *Jurnal Teknik Mesin Polinema*, Vol. 7(1), pp. 22–30.
- 11) Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2008). *Mechanical Engineering Design* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.
- 12) Siregar, F. M., & Lubis, M. (2017). “Pemilihan Bahan dan Analisis Tegangan Pada Pisau Mesin Pencacah.” *Jurnal Teknik Mesin ITM*, Vol. 4(3), pp. 114–121.
- 13) Smith, W. F., & Hashemi, J. (2010). *Foundations of Materials Science and Engineering* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.