

Perbaikan Poros Mesin Pencacah Jerami untuk Optimasi

Adisty Karunia Octaviana*¹

¹Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

e-mail: *¹ u100240002@student.ums.ac.id

Abstrak

Salah satu komponen vital dalam mesin pencacah jerami adalah poros (shaft), yang berfungsi sebagai penyalur daya putar dari motor penggerak ke pisau pencacah. Kinerja dan ketahanan mesin sangat dipengaruhi oleh kekuatan poros dalam menahan beban torsi, beban lentur, dan beban kejut selama proses pencacahan. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan optimasi sebagai profil model acuan awal yang kemudian disempurnakan dengan pemodelan ulang menggunakan MecWay. Model poros mula-mula diuji statik dengan mengaplikasikan beban sesuai perhitungan dan diagram poros. Hasil Analisa MecWay pada poros hasil optimasi menunjukkan pada S45C Ø 45 mm memiliki Massa 7.5 kg, Gaya Geser Maksimum 224 N, Lendutan Maksimum 0,008018 mm, Tegangan lentur maksimum 2,425 MPa. Sementara dengan Massa 7,5 kg, Gaya Geser Maksimum 224 N, Lendutan Maksimum 0,008862 mm, Tegangan Lentur maksimum positif 2,425 MPa adalah hasil analisa poros S30C Ø 45 mm. Kesimpulan yang dapat diberikan adalah bahwa poros Ø 45 mm sudah sangat memadai untuk beban-lentur dan geser yang relatif ringan, memberikan penghematan massa ~19 % dengan peningkatan defleksi & tegangan yang masih jauh di bawah batas material. Material S45C direkomendasikan untuk margin keamanan kelelahan/lelah lebih besar tanpa penalti berat atau kekakuan.

Kata kunci— mesin pencacah jerami, optimasi desain, poros

Abstract

One of the vital components in a straw chopper machine is the shaft, which functions as a distributor of rotational power from the drive motor to the chopper blade. The performance and durability of the machine are greatly influenced by the strength of the shaft in withstanding torque loads, bending loads, and shock loads during the chopping process. The method used is to optimize as an initial reference model profile which is then refined by re-modeling using MecWay. The shaft model was initially tested statically by applying loads according to calculations and shaft diagrams. The results of the MecWay analysis on the optimized shaft showed that the S45C Ø 45 mm had a Mass of 7.5 kg, Maximum Shear Force of 224 N, Maximum Deflection of 0.008018 mm, Maximum Bending Stress of 2.425 MPa. While with a Mass of 7.5 kg, Maximum Shear Force of 224 N, Maximum Deflection of 0.008862 mm, Maximum Positive Bending Stress of 2.425 MPa is the result of the S30C Ø 45 mm shaft analysis. The conclusion that can be drawn is that the Ø 45 mm shaft is more than adequate for relatively light bending and shear loads, providing a mass saving of ~19% with deflection & stress improvements that are still well below the material limits. S45C material is recommended for its larger fatigue safety margin without any weight or stiffness penalty.

Keywords— straw chopper machine, design optimization, shaft

1. PENDAHULUAN

Jerami merupakan limbah pertanian yang melimpah dan berpotensi dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan bakar, maupun bahan dasar kompos. Namun, pemanfaatan jerami secara maksimal membutuhkan proses pencacahan terlebih dahulu agar ukurannya menjadi lebih kecil dan mudah diolah. Mesin pencacah jerami menjadi solusi penting dalam proses tersebut karena dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja petani serta industri pengolahan hasil pertanian (Wibowo et al., 2020).

Salah satu komponen vital dalam mesin pencacah jerami adalah poros (shaft), yang berfungsi sebagai penyalur daya putar dari motor penggerak ke pisau pencacah. Kinerja dan ketahanan mesin sangat dipengaruhi oleh kekuatan poros dalam menahan beban torsi, beban lentur, dan beban kejut selama proses pencacahan. Dalam praktiknya, banyak ditemukan kasus kerusakan poros akibat desain yang kurang optimal, penggunaan material yang tidak sesuai, serta kurangnya analisis terhadap beban kerja aktual (Ismail et al., 2021).

Poros adalah elemen mesin berbentuk silindris yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu bagian ke bagian lain. Dalam mesin pencacah jerami, poros berfungsi untuk mentransmisikan torsi dari motor penggerak ke pisau pencacah. Desain poros harus mempertimbangkan torsi, momen lentur, gaya aksial, dan tegangan gabungan agar tidak terjadi kegagalan. Menurut Budynas dan Nisbett (2015), analisis poros mencakup 1) tegangan puntir (torsional stress) akibat torsi, 2) tegangan lentur akibat beban radial, 3) tegangan gabungan dan analisis kelelahan (fatigue). Norton, R. L. (2013), poros yang tidak seimbang dapat menyebabkan getaran yang merusak. Oleh karena itu, penting dilakukan analisis keseimbangan dinamis untuk mencegah keausan dini dan kerusakan komponen. Material poros harus memiliki kekuatan tarik dan torsi tinggi, tahan kelelahan, serta mudah diproses. Baja karbon menengah dan baja paduan sering digunakan untuk poros mesin karena sifat mekaniknya yang baik (Kalpakjian, S., & Schmid, S. R., 2014). Rao, S. S. (2009), optimasi adalah proses pencarian nilai terbaik dari variabel desain untuk meminimalkan atau memaksimalkan tujuan tertentu, seperti bobot minimum atau kekuatan maksimum. Dalam konteks poros, optimasi bertujuan mendapatkan desain yang ringan namun kuat dan tahan lama.

Penelitian oleh Setiawan et al. (2020) merancang mesin pencacah jerami dan melakukan analisis terhadap performa pisau dan motor. Namun, penelitian ini belum fokus pada optimasi poros sebagai komponen kritis. Menggunakan software ANSYS untuk menganalisis tegangan maksimum pada poros. Ditemukan bahwa modifikasi diameter dan material dapat meningkatkan umur pakai poros secara signifikan (Haryanto, A., & Putra, D. F., 2019). Santosa, M. D., & Prasetyo, T. (2021), metode Taguchi diterapkan untuk mengoptimalkan dimensi poros dengan mempertimbangkan respon berupa tegangan maksimum dan deformasi. Hasilnya menunjukkan kombinasi parameter optimal yang signifikan menurunkan tegangan kerja (Suryawan, A., & Rahayu, N., 2018).

Optimasi poros menjadi penting agar mesin dapat beroperasi dengan stabil dan memiliki umur pakai yang lebih lama. Dengan pendekatan teknik seperti analisis tegangan, simulasi elemen hingga (Finite Element Analysis), serta metode optimasi desain, diharapkan poros dapat dirancang dengan dimensi dan material yang paling efisien namun tetap kuat terhadap berbagai gaya kerja (Putra & Mulyadi, 2022). Selain itu, pemilihan material yang tepat juga menjadi kunci dalam mengurangi keausan dan kelelahan material (fatigue), yang merupakan penyebab umum kegagalan komponen mesin (Sutrisno et al., 2020). Ardjuna, B., Setiyana, B., & Haryanto, I. (2024) mendapatkan Material swingarm yang digunakan adalah Aluminium 6061-T6 dengan kekuatan luluh sebesar 275 MPa. Uji statik pada swingarm hasil optimasi menunjukkan tegangan maksimum sebesar 102 MPa dengan faktor keamanan sebesar 1,9. Massa akhir hasil optimasi berkurang sebesar 30% dari semula 3,96 kg menjadi 2,76 kg.

Pada konstruksi poros Mesin Pencacah Jerami masih meninggalkan permasalahan yaitu, apakah desain poros saat ini telah sesuai dengan beban kerja actual. Oleh karena itu perlu kiranya dilakukan analisis terhadap beban-beban yang bekerja pada poros mesin pencacah jerami, mengevaluasi desain dan material poros eksisting terhadap ketahanan mekanis dan

menghasilkan desain poros yang optimal dalam hal kekuatan dan efisiensi biaya dengan metode optimasi tentunya. Upaya optimasi poros mesin pencacah jerami digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya perawatan, serta memperpanjang masa pakai mesin secara keseluruhan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam pengembangan mesin pencacah jerami yang lebih andal dan tahan lama, khususnya dalam sektor pertanian terpadu dan agroindustri di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

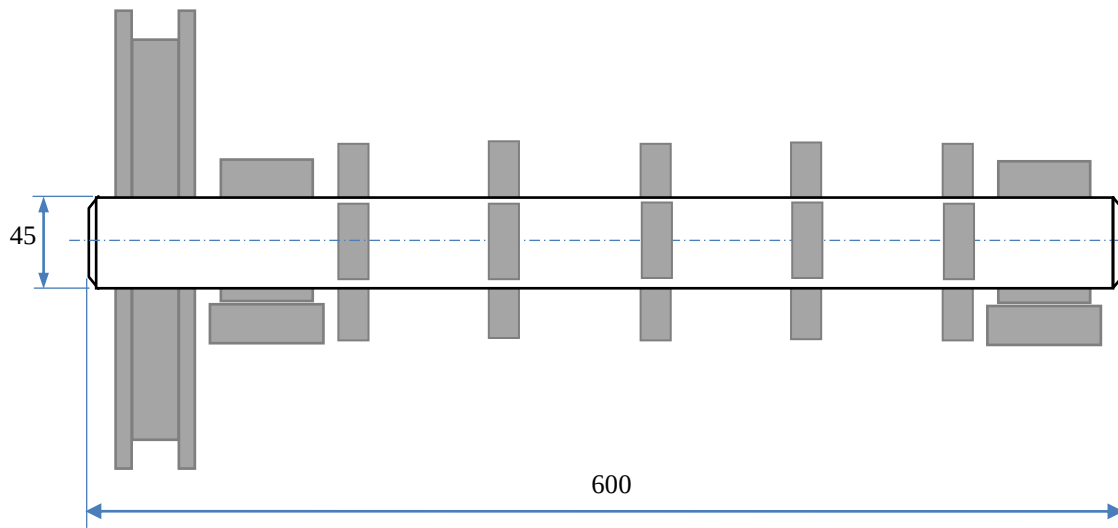
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis dan optimasi teknik berbasis simulasi dan perhitungan mekanika teknik. Proses penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, sebagai berikut

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data Teknis
 - Spesifikasi mesin pencacah jerami
 - a. Daya motor, 5,2 hp
 - b. Kecepatan putar, 180 rpm
 - c. kapasitas output, 30 kg/jam



Gambar 1. Mesin pencacah jerami

- Data teknis
 - a. Beban torsi yang bekerja pada poros 207 Nm
 - b. Data geometris awal poros, Diameter = 50 mm, panjang = 600 mm
 - c. Jenis material yang digunakan S30C, Tegangan Tarik = 48 kg/mm²



Gambar 2. Poros pencacah jerami

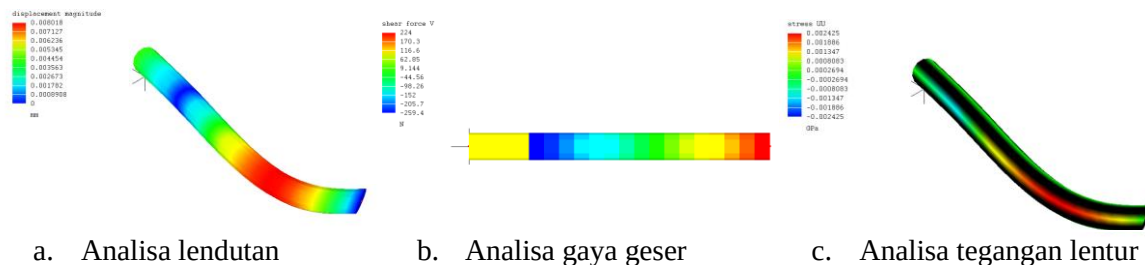
3. Simulasi Mecway

4. Data Optimasi

Diameter poros 45 mm, material S45C, Teg. Tarik = 58 kg/mm²Diameter poros 45 mm, material S30C, Teg. Tarik = 48 kg/mm²

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi



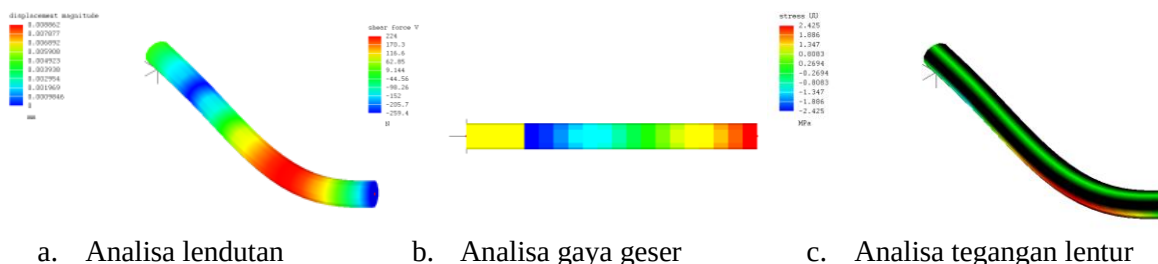
a. Analisa lendutan

b. Analisa gaya geser

c. Analisa tegangan lentur

Gambar 3. Analisa FEA poros dengan diameter 45 mm, material S45C

Gambar 3.a. menunjukkan lendutan maksimum yang sangat kecil ($\sim 0,008018$ mm), mencerminkan kekakuan yang tinggi. Distribusi lendutan mengikuti pola lenturan klasik maksimum di tengah bentang dan mendekati nol di tumpuan yang menegaskan kesesuaian desain geometri-material untuk meminimalkan defleksi. Gambar 3. b. Poros menunjukkan distribusi gaya geser yang wajar untuk beban terdistribusi: reaksi di tumpuan kecil (~ 224 N), puncak negatif di ujung bebas (~ -259 N), dan nol di tengah. Semua nilai gaya geser relative. Gambar 3. c. distribusi tegangan lentur yang normal dan simetris, dengan nilai tegangan maksimum $\pm 2,425$ MPa yang sangat kecil dibandingkan kekuatan materialnya. Secara desain, poros sangat aman dan kaku, namun ada peluang untuk optimasi dimensi atau material bila ingin efisiensi berat dan biaya lebih baik.



Gambar 4. Analisa FEA poros dengan diameter 45 mm, material S30C

Poros Ø45 mm, P = 600 mm berbahan S30C ini menunjukkan defleksi pusat yang sangat kecil ($\approx 0,008862$ mm), sehingga secara kekakuan dan kestabilan dinamik sangat aman. Untuk optimasi, Anda dapat mempertimbangkan pengurangan diameter atau penyesuaian letak tumpuan, asalkan dilakukan verifikasi ulang pada tegangan lentur, kritikal speed, dan umur lelah (gambar 4.a). Gambar 4.b menunjukkan bahwa, dari sudut gaya geser sangat aman, gaya geser maksimum hanya ≈ 224 N. Namun untuk optimasi desain (berat, umur lelah, kekakuan), bisa mempertimbangkan pengurangan diameter, perbaikan fillet, dan perlakuan permukaan. Gambar 4.c, material S30C menunjukkan performa sangat aman terhadap tegangan lentur. Tegangan maksimum hanya $\pm 2,425$ MPa, jauh di bawah batas luluh material. Ini membuka peluang optimasi desain, seperti pengurangan diameter atau modifikasi geometri untuk mengurangi berat tanpa mengorbankan kekuatan struktural.

Tabel 1. Perbandingan poros mesin dan optimalisasi

	Ø 50 mm, S30C	Ø 45 mm, S45C	Ø 45 mm, S30C
Massa (kg)	9,24	7,5	7,5
Gaya Geser Maks (N)	224	224	224
Lendutan Maksimum (mm)	0,005814	0,008018	0,008862
Tegangan lentur maks (MPa)	1,768	2,425	2,425

Kekakuan & Kekuatan Maksimal Ø 50 mm, S30C dimana, Defleksi paling kecil & tegangan paling rendah, cocok untuk aplikasi presisi tinggi, mesin berat. Efisiensi Berat dengan Kekuatan Tinggi Ø 45 mm, S45C dimana, Massa ringan, kekuatan lebih tinggi (S45C), defleksi masih kecil. Cocok untuk aplikasi industri umum. Ekonomis Ø 45 mm, S30C, Material lebih murah dari S45C, cukup kuat untuk beban ini, tapi lendutan paling besar di antara ketiganya (meskipun masih kecil secara absolut).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari proses optimasi desain, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut, poros Ø 45 mm sudah sangat memadai untuk beban-lentur dan geser yang relatif ringan, memberikan penghematan massa ~ 19 % dengan peningkatan defleksi & tegangan yang masih jauh di bawah batas material. Material S45C direkomendasikan untuk margin keamanan kelelahan/lelah lebih besar tanpa penalti berat atau kekakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febri Nugroho. 2016. Sistem Penjualan Pada Perangkat Bergerak Berbasis Android Menggunakan Web Service. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika. Jurusan Teknik Informatika. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- [2] Imamul Huda. 2011, Pengembangan Aplikasi P3k Berbasis Smartphone Android.

- Skripsi. Program studi teknik informatika . Fakultas sains dan teknologi. Universitas islam negeri syarif hidayatullah. Jakarta
- [3] Ivan Alfatih Saputra. 2017. Aplikasi Layanan Bengkel Mobil Berbasis Android Di Kota Bandar Lampung. Skripsi. Jurusan Ilmu Komputer. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas lampung.
- [4] Kanedi, I., dkk. 2013. Media Sarana Promosi Makanan Khas Bengkulu Berbasis Website Menggunakan Script PHP. *Jurnal Media Infotama*. Vol.9, No.2. 206225.
- [5] Ragil, Wukil. 2017. Analisis menggunakan Metode Pieces. Jakarta: Metadata.
- [6] Safaat H, Nazarudin. 2017. Pemograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android. Bandung: Informatika.
- [7] Zheing, Pei dan Ni, Lionel. 2016. *Smartphone & Next Generation Mobile Computing*. Morgan Kaufman: San Fransisco.
- [8] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- [9] Haryanto, A., & Putra, D. F. (2019). Analisis Tegangan dan Deformasi pada Poros Mesin Pencacah Rumput. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(2), 95–102.
- [10] Ismail, M., Suryanto, A., & Raharjo, R. (2021). Analisis Tegangan dan Deformasi Poros Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Mesin Pencacah Limbah. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 34–41.
- [11] Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson.
- [12] Norton, R. L. (2013). *Machine Design: An Integrated Approach* (5th ed.). Pearson.
- [13] Putra, Y. D., & Mulyadi, R. (2022). Optimasi Desain Poros dengan Pendekatan Finite Element Analysis (FEA). *Jurnal Rancang Teknik*, 7(3), 105–112.
- [14] Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization: Theory and Practice* (4th ed.). Wiley.
- [15] Santosa, M. D., & Prasetyo, T. (2021). Optimasi Dimensi Poros Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(1), 55–62.
- [16] Setiawan, D., Susilo, E., & Santoso, B. (2020). Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pencacah Jerami Tipe Silinder. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(1), 15–22.
- [17] Suryawan, A., & Rahayu, N. (2018). Pengaruh Material dan Desain Poros terhadap Kekuatan Mekanis Komponen Transmisi. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, 6(1), 35–40.
- [18] Wibowo, A., Nugroho, R., & Haryanto, A. (2020). Rancang Bangun Mesin Pencacah Jerami Sebagai Bahan Pakan Ternak. *Jurnal Teknik Pertanian*, 21(2), 65–72.