

Construction and Performance Testing of Young Coconut Waste Shredding Machines

Ellys Mei Sundari¹, Suhendra^{2*}, Leo Dedy Anju³, Sri Windari⁴

^{1,3} Prodi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas
Jl. Raya Sejangkung, Sambas, Kalimantan Barat, Indonesia

^{2,4} Prodi Teknik Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas
Jl. Raya Sejangkung, Sambas, Kalimantan Barat, Indonesia

*Corresponding author: aka.suhendra@yahoo.com

Abstract

The problem of coconut husks and shells that are not utilized was that they are usually discarded as waste, so further processing was needed to overcome this. This study aims to manufacture and test the performance of a young coconut waste shredder. The research methods include machine construction, performance testing, and analysis of test results. The independent variables tested were rotational speed and number of test material cuts. The rotational speed was varied to 1,400 rpm, 1,750 rpm, and 2,333 rpm, while the number of cuts was varied to 4, 6, and 8 cuts. The data obtained were analyzed using a completely randomized design with an F-test. The shredder machine was constructed using a 1 HP electric motor drive, a V-belt transmission system, a shredding chamber diameter of 400 mm, a shredding chamber height of 150 mm, and is equipped with 4 shredding blades. The test results showed the highest chipping capacity of 77.56 kg/hour obtained at a speed of 1,750 rpm and 8 pieces, while the finest chipping results with a chipping length of 4.214 mm and a chipping width of 1.271 mm were obtained at a speed of 2,333 rpm and 8 pieces. Based on the analysis results, the rotation speed had a significant effect on the chopping capacity, while the number of cuts had no significant effect on the chopping capacity. Other analysis results showed that the rotation speed and number of cuts had a very significant effect on the chopping results.

Keywords: coconut waste, shredding capacity, shredding machine, shredding results

Abstrak

Permasalahan sabut dan batok kelapa muda yang tidak dimanfaatkan biasanya dibuang begitu saja menjadi limbah, sehingga perlu pengolahan lebih lanjut untuk mengatasinya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan dan uji kinerja terhadap mesin pencacah limbah kelapa muda. Metode penelitian mencakup konstruksi mesin, uji kinerja dan analisis hasil pengujian. Variabel bebas pengujian adalah kecepatan putar dan jumlah potongan bahan uji. Kecepatan putar divariasikan menjadi 1.400 rpm, 1.750 rpm, dan 2.333 rpm sedangkan jumlah potongan divariasikan menjadi 4, 6, dan 8 potongan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan uji F. Hasil konstruksi mesin pencacah menggunakan penggerak motor listrik 1 HP, sistem transmisi puli-sabuk v, diameter ruang pencacah 400 mm, tinggi ruang pencacah 150 mm, dilengkapi 4 pisau pencacah. Hasil pengujian menunjukkan kapasitas cacahan tertinggi sebesar 77,56 kg/jam yang diperoleh pada kecepatan 1.750 rpm dan jumlah potongan 8, sedangkan hasil cacahan terhalus dengan panjang cacahan 4,214 mm dan lebar cacahan 1,271 mm diperoleh pada kecepatan 2.333 rpm dan jumlah potongan 8. Berdasarkan hasil analisis, kecepatan putar berpengaruh nyata terhadap kapasitas cacahan sedangkan jumlah potongan bahan tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas cacahan. Hasil analisis lainnya menunjukkan bahwa kecepatan putar dan jumlah potongan bahan berpengaruh sangat nyata terhadap hasil cacahan.

Kata kunci: hasil cacahan, kapasitas cacahan, limbah kelapa, mesin pencacah.

1. Pendahuluan

Tanaman kelapa memiliki potensi ekonomi sangat penting bagi petani Indonesia. Kontribusi usahatani kelapa di Kabupaten Kubu Raya dapat memberikan pendapatan rumah tangga sebesar 31,03% atau sekitar Rp 4.640.240 per hektar setiap tiga bulan [1]. Namun, keberlanjutan usaha tanaman kelapa tergolong kurang karena rendahnya produktivitas serta penurunan

luas lahan [2]. Praktik budidaya tanaman kelapa juga belum optimal sehingga produksi kelapa di Indonesia tergolong rendah [3].

Berdasarkan data potensi tanaman kelapa [4], produksi tanaman kelapa di Indonesia tahun 2023 diperkirakan sebesar 2,89 juta ton dengan luas areal tanaman 3,32 juta hektare. Sebagian besar bagian dari tanaman kelapa bisa dimanfaatkan seperti

bagian akar, batang, daun, hingga buahnya. Namun, bagian yang paling sering digunakan dan memiliki nilai utama adalah buah kelapa.

Kelapa muda cocok dijadikan sebagai minuman. Bagian yang biasa diambil dari buah kelapa muda adalah air dan daging buah, sedangkan bagian sabut dan batok kelapa tidak dimanfaatkan serta dibuang dan ditumpuk begitu saja sehingga dapat menimbulkan masalah berupa limbah kulit kelapa. Pada saat bulan puasa, penjualan kelapa muda sangat melimpah sehingga limbah yang dihasilkan sangat menumpuk. Limbah tempurung kelapa termasuk dalam kategori sampah organik yang sulit terurai karena memiliki tekstur yang keras [5].

Banyaknya penjual kelapa muda menyebabkan bertambahnya volume limbah kulit dan sabut kelapa muda yang dihasilkan setiap hari. Hal ini mengakumulasi sampah organik yang dapat mencemari tanah dan udara [6]. Limbah ini memiliki potensi jika dimanfaatkan dan dikelola dengan baik. Pengolahan limbah kelapa muda dapat diolah menjadi media tanam [7], pupuk kompos dan bahan bakar biobriket [8], pupuk organik cair [9], dan *biochar* sebagai bahan bakar atau penyubur tanah.

Teknik pengolahan limbah kulit dan sabut kelapa muda dilakukan melalui proses pencacahan. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan mesin pencacah limbah telah dilakukan untuk mengolah limbah menjadi produk yang lebih bermanfaat antara lain rancang bangun mesin pencacah limbah kelapa menggunakan pisau berjumlah 4 buah dengan motor penggerak 5,5 HP dan poros pencacah dipasang secara vertikal [10]. Penelitian lainnya berupa rancang bangun mesin pencacah limbah kelapa menggunakan motor penggerak berdaya 5,5 HP dengan poros pencacah pada arah horizontal [11]. Pengembangan lainnya adalah perbaikan mesin pencacah sampah sabut kelapa menggunakan mekanisme pencacah *circular saw* [12]. Pengembangan dan inovasi pada mesin pencacah masih terus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal, baik dari segi proses maupun kualitas yang dihasilkan.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya,

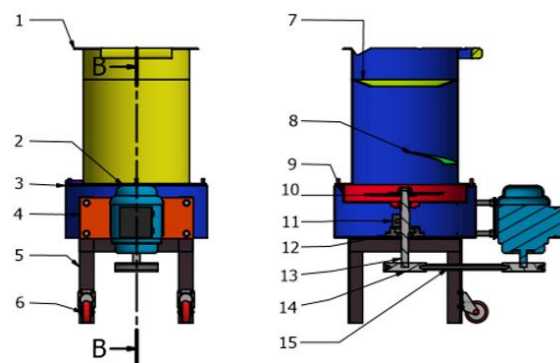
melalui penelitian ini dikembangkan mesin pencacah limbah kelapa muda menggunakan penggerak berupa motor listrik 1 HP. Mekanisme pencacah menggunakan 4 buah mata pisau yang dipasang pada poros vertikal. Penggunaan penggerak motor listrik diharapkan dapat menghasilkan efisiensi energi lebih tinggi, ramah lingkungan, serta tidak menghasilkan polusi udara maupun suara berlebihan dibandingkan penggerak *engine* berbahan bakar. Penggunaan motor listrik membuat putaran dan torsi stabil yang penting untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal agar proses pencacahan lebih efisien.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah mengkonstruksi dan melakukan uji kinerja pada mesin pencacah limbah kelapa muda dengan mekanisme pencacah menggunakan empat mata pisau untuk mengetahui kapasitas dan hasil pencacahan.

2. Metode Penelitian

Tahapan umum penelitian ini dilakukan dengan mengkonstruksi mesin, melakukan uji verifikasi, uji kinerja dan menganalisis hasil uji kinerja.

Alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian ini adalah mesin pencacah limbah kelapa muda hasil konstruksi, alat pengukur waktu (*stopwatch*), timbangan digital, jangka sorong dan pisau pemotong. Bahan uji yang digunakan adalah limbah buah kelapa muda.



Gambar 1. Desain mesin pencacah

Cara kerja mesin pencacah dimulai dengan menyalakan motor penggerak. Gerakan ini akan diteruskan oleh sistem transmisi menuju poros mata pisau pencacah sehingga mata pisau akan berputar.

Proses pencacahan diawali dengan memasukkan limbah kelapa muda pada *hopper* lalu diarahkan menuju ruang pencacahan. Limbah kelapa muda tersebut akan dicacah lalu terjatuh melalui lubang menuju saluran keluar. Hasil cacahan pada saluran keluar akan didorong oleh kipas sehingga akan terdorong keluar.



Gambar 2. Desain 3D mesin pencacah

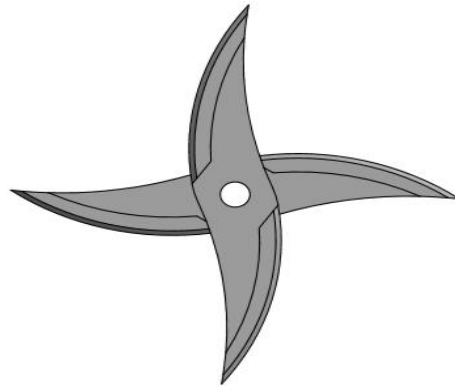
Keterangan :

1. *Hopper*
2. Motor listrik
3. Ruang pembuangan cacahan
4. Dudukan motor penggerak
5. Rangka
6. Roda *caster*
7. Pelat penahan cacahan
8. Alur pengarah
9. Dudukan mata pisau
10. Mata pisau
11. Kipas
12. Bantalan
13. Poros
14. Puli
15. Sabuk-V
16. Tutup saluran keluar
17. Pegangan

Mata pisau didesain menggunakan dua bilah yang masing-masing memiliki dua mata pisau pada setiap bilah. Mata pisau memiliki dimensi panjang 330 mm, lebar 60 mm dan tebal 5 mm. Desain mata pisau dapat dilihat pada Gambar 3.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kecepatan putar mesin dan jumlah potongan pada bahan uji, sedangkan

variabel tak bebasnya adalah kapasitas dan hasil cacahan.



Gambar 3. Desain mata pisau pencacah

Kecepatan putar mesin pencacah divariasikan menjadi 3 yaitu 2.333 rpm, 1.750 rpm dan 1.400 rpm. Jumlah potongan pada bahan uji divariasikan menjadi 3 yaitu bahan dengan jumlah potongan 4, 6, dan 8.

Data hasil pengujian yang dianalisis adalah kapasitas pencacahan dan hasil pencacahan. Kapasitas pencacahan adalah kemampuan mesin pencacah untuk mencacah bahan tertentu dalam waktu tertentu. Kapasitas pencacahan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 [13,14].

$$K = \frac{m}{t} \quad (1)$$

Keterangan :

K = kapasitas pencacahan (kg/jam)

m = massa pencacahan (kg)

t = waktu pencacahan (jam)

Pengukuran hasil pencacahan dilakukan untuk mengetahui tingkat kehalusan cacahan yang dihasilkan. Hasil cacahan diukur secara langsung menggunakan jangka sorong. Pengukuran ini dilakukan pada dua dimensi utama berupa panjang dan lebar bahan hasil cacahan.

Analisis hasil pengujian menggunakan analisis sidik ragam dengan melakukan uji F menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisis data dilakukan untuk melihat hubungan antara variabel dalam pengujian pada mesin pencacah limbah kelapa muda yang telah dibuat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Konstruksi Mesin

Hasil konstruksi mesin pencacah limbah kelapa muda dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mesin pencacah hasil konstruksi

Tabel 1. Hasil uji verifikasi mesin pencacah

| No | Komponen | Spesifikasi |
|----|--------------------------|--|
| 1 | Dimensi mesin (PxLxT) | 800 x 400 x 870 mm |
| 2 | Hopper | Bahan besi pelat 2 mm |
| | • Diameter | 300 mm |
| | • Tinggi | 500 mm |
| 3 | Rangka mesin | Baja karbon profil L 40x40x4 mm |
| 4 | Ruang pembuangan | Bahan besi pelat 2 mm |
| | • Diameter | 400 mm |
| | • Tinggi | 150 mm |
| 5 | Saluran keluar | Bahan besi pelat 2 mm |
| | • Panjang | 50 mm |
| | • Lebar | 150 mm |
| | • Tinggi | 150 mm |
| 6 | Poros mata pisau | Poros bertingkat berdiameter 18 mm, 20 mm, 24,5 mm dan 25,5 mm |
| 7 | Sistem transmisi | Puli-Sabuk v |
| 8 | Sabuk | Tipe B-38 |
| 9 | Poros transmisi | Diameter 20 mm |
| 10 | Diameter puli penggerak | 127 mm (5") |
| 11 | Diameter puli digerakkan | 101,6 mm (4") |
| 12 | Motor penggerak | Motor listrik |
| 13 | Daya motor listrik | 1 HP |
| 14 | Kecepatan putar motor | 1.400 rpm |
| 15 | Bearing | 6205 |

Tahapan berikutnya adalah melakukan uji verifikasi pada mesin. Uji verifikasi dilakukan dengan mengukur dan memeriksa komponen-komponen mesin untuk mendapatkan data teknis ukuran dan dimensi komponen. Dimensi yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas pencacahan, jumlah bahan yang dapat dicacah dan besarnya daya motor. Data hasil uji verifikasi mesin pencacah disajikan pada Tabel 1.

Hasil Uji Kinerja

Berdasarkan hasil analisis, kecepatan putar memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas cacahan, sedangkan jumlah potongan tidak signifikan pengaruhnya terhadap kapasitas. Kedua faktor ini sangat signifikan pengaruhnya terhadap hasil cacahan berupa ukuran panjang dan lebar cacahan.

a. Kapasitas cacahan.

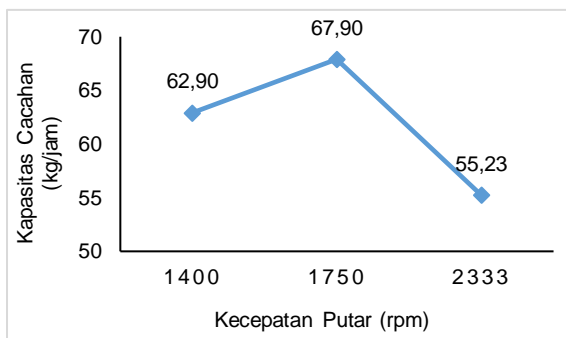
Data rata-rata hasil uji kinerja kapasitas cacahan dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan rata-rata hasil pengujian diperoleh kapasitas cacahan terbesar yaitu 77,56 kg/jam diperoleh pada kecepatan putar 1.750 rpm dan jumlah potongan 8 buah.

Tabel 2. Data rata-rata hasil uji kinerja kapasitas cacahan

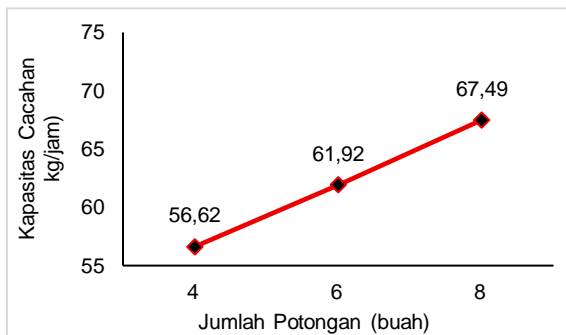
| No | Putaran (rpm) | Jumlah potongan (buah) | Kapasitas (kg/jam) |
|----|---------------|------------------------|--------------------|
| 1 | 1.400 | 4 | 50,77 |
| 2 | 1.400 | 6 | 71,88 |
| 3 | 1.400 | 8 | 66,06 |
| 4 | 1.750 | 4 | 63,99 |
| 5 | 1.750 | 6 | 62,15 |
| 6 | 1.750 | 8 | 77,56 |
| 7 | 2.333 | 4 | 55,11 |
| 8 | 2.333 | 6 | 51,74 |
| 9 | 2.333 | 8 | 58,85 |

Hubungan antara kecepatan putar dan kapasitas cacahan memperlihatkan peningkatan kecepatan putar tidak selalu berbanding lurus dengan bertambahnya kapasitas cacahan. Berdasarkan hasil pengujian, pada kecepatan putar 1.400 rpm menghasilkan rata-rata kapasitas cacahan sebesar 62,90 kg/jam. Ketika kecepatan putar ditingkatkan menjadi 1.750 rpm

kapasitas juga meningkat menjadi 67,90 kg/jam. Namun, pada kecepatan tertinggi yaitu 2.333 rpm kapasitas cacahan justru mengalami penurunan menjadi 55,23 kg/jam. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat titik optimal kecepatan putar terhadap kapasitas cacahan, jika terlalu tinggi kecepatan putar dapat menyebabkan penurunan torsi. Pernyataan tersebut sesuai penelitian [15] yang menyatakan bahwa torsi menurun seiring dengan kenaikan kecepatan. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan kapasitas cacahan dapat dilihat pada Gambar 5. Data grafik ini diperoleh dengan merata-ratakan setiap kapasitas pada berbagai jumlah potongan dalam kecepatan putar yang sama.



Gambar 5. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan kapasitas cacahan



Gambar 6. Grafik hubungan antara jumlah potongan dan kapasitas cacahan

Hubungan antara jumlah potongan pada bahan uji dan kapasitas cacahan menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah potongan pada bahan uji, semakin tinggi kapasitas cacahan yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kapasitas cacahan dari 56,62 kg/jam pada 4 potongan menjadi 61,92 kg/jam pada 6 potongan, dan meningkat lagi menjadi 67,49

kg/jam pada 8 potongan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa potongan pada bahan uji menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dapat mempercepat dan mempermudah proses pencacahan sehingga meningkatkan kapasitas cacahan. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan kapasitas cacahan dapat dilihat pada Gambar 6.

b. Hasil cacahan.

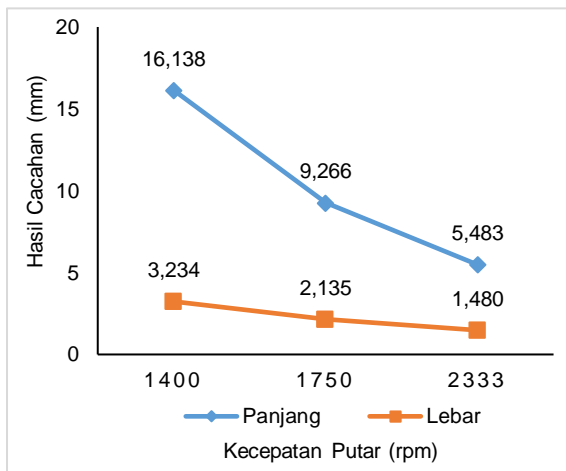
Pengujian hasil cacahan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kehalusan cacahan yang dihasilkan. Hasil cacahan diukur secara langsung menggunakan jangka sorong untuk mengukur panjang dan lebar bahan hasil cacahan. Berdasarkan rata-rata hasil cacahan diperoleh hasil cacahan yang paling halus yaitu dengan panjang 4,214 mm dan lebar 1,271 mm yang diperoleh pada kecepatan putar 2.333 rpm dan jumlah potongan yaitu 8. Berdasarkan hasil pengujian, semakin tinggi kecepatan putar maka semakin halus hasil cacahan. Data rata-rata hasil uji kinerja terhadap hasil cacahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data rata-rata hasil uji kinerja terhadap hasil cacahan.

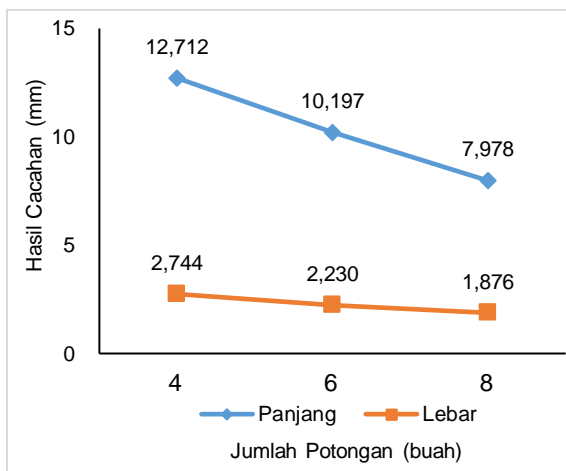
| No | Putaran (rpm) | Jumlah Potongan (buah) | Panjang (mm) | Lebar (mm) |
|----|---------------|------------------------|--------------|------------|
| 1 | 1400 | 4 | 20,406 | 4,105 |
| 2 | 1400 | 6 | 15,542 | 2,911 |
| 3 | 1400 | 8 | 12,468 | 2,687 |
| 4 | 1750 | 4 | 11,189 | 2,534 |
| 5 | 1750 | 6 | 9,356 | 2,201 |
| 6 | 1750 | 8 | 7,252 | 1,670 |
| 7 | 2333 | 4 | 6,541 | 1,592 |
| 8 | 2333 | 6 | 5,693 | 1,577 |
| 9 | 2333 | 8 | 4,214 | 1,271 |

Hubungan kecepatan putar dan hasil cacahan berupa panjang dan lebar bahan uji menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar maka hasil cacahan semakin halus. Hasil pengujian menunjukkan terjadi penurunan terhadap panjang dan lebar bahan uji pada setiap kecepatan putar dari panjang 16,138 mm dan lebar 3,234 mm pada kecepatan putar 1.400 rpm menjadi panjang 9,266 mm dan lebar 2,135 mm pada

kecepatan putar 1.750 rpm, dan begitu juga pada kecepatan putar 2.333 rpm mengalami penurunan menjadi panjang 5,483 mm dan lebar 1,480 mm. Grafik hubungan antara hasil cacahan terhadap kecepatan putar dapat dilihat pada Gambar 7. Data grafik ini diperoleh dengan merata-ratakan setiap hasil cacahan pada berbagai jumlah potongan dalam kecepatan putar yang sama.



Gambar 7. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan hasil cacahan.



Gambar 8. Grafik hubungan antara jumlah potongan dan hasil cacahan.

Hubungan jumlah potongan pada bahan uji dan hasil cacahan menunjukkan bahwa semakin kecil bahan uji maka hasil cacahan berupa panjang dan lebar semakin halus. Pengecilan bahan uji dilakukan dengan memperbanyak jumlah potongan bahan uji. Hasil pengujian menunjukkan terjadi penurunan terhadap panjang dan lebar bahan uji pada setiap jumlah potongan dari panjang 12,712 mm dan lebar 2,774 mm

pada 4 potongan menjadi panjang 10,197 mm dan lebar 2,230 mm pada 6 potongan, dan begitu juga pada 8 potongan mengalami penurunan menjadi panjang 7,978 mm dan lebar 1,876 mm. Penjelasan ini sesuai dengan penelitian [16] yang menyatakan bahwa penggilingan dengan ukuran umpan lebih halus menghasilkan distribusi ukuran partikel yang lebih kecil pada produk akhir. Grafik hubungan antara hasil cacahan terhadap jumlah potongan pada bahan uji dapat dilihat pada Gambar 8.

4. Kesimpulan

Hasil konstruksi mesin pencacah memiliki dimensi panjang 800 mm, lebar 400 mm dan tinggi 870 mm, menggunakan penggerak motor listrik 1 HP, sistem transmisi puli-sabuk v, diameter ruang pencacah 400 mm, tinggi ruang pencacah 150 mm, dilengkapi 4 pisau pencacah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan putar dan jumlah potongan memiliki pengaruh sangat signifikan terhadap hasil cacahan. Kecepatan putar juga memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas cacahan, namun jumlah potongan tidak signifikan pengaruhnya terhadap kapasitas.

Hasil uji kinerja mesin pencacah limbah kelapa muda hasil konstruksi menunjukkan bahwa kapasitas cacahan terbesar adalah 77,56 kg/jam diperoleh pada kecepatan putar 1.750 rpm dan jumlah potongan 8 buah. Hasil cacahan terhalus dengan panjang 4,214 mm dan lebar 1,271 mm diperoleh pada kecepatan putar 2.333 rpm dan jumlah potongan yaitu 8. Kecepatan putar mesin dan jumlah potongan pada bahan uji dalam pengoperasian mesin pencacah limbah kelapa muda direkomendasikan pada kecepatan 1.750 rpm dengan jumlah potongan yaitu 8.

Referensi

- [1]. Kusairi Y, Maswadi M, Fitrianti W. Kontribusi Usahatani Kelapa Terhadap Pendapatan Keluarga di Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten

- Kubu Raya. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 2024;10(2):3581–90.
- [2]. Rasihen Y, Adhi AK, Suprehatin S. Analisis Keberlanjutan Usahatani Perkebunan Kelapa Rakyat Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*. 2021;9(2):177–87.
- [3]. Nahdiani H, Bakce D, Hadi S. Analisis Praktik Pertanian yang Baik dan Pendapatan Usahatani Kelapa Dalam di Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Agrica*. 2024;17(2):286–300.
- [4]. Kementan. *Buku Outlook Komoditas Perkebunan Kelapa*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Jakarta; 2023.
- [5]. Pratama A, Parlindungan D, Putri DA. Rancang Bangun Mesin Pencacah Limbah Kelapa Muda (KELAMUD) sebagai Media Pupuk Organik. Tugas Akhir, Politeknik Manufaktur Negeri, Bangka Belitung; 2022.
- [6]. Junedi J, Mahfudoh R, Munalisa M, Pahrihah MS, Ginting LA, Suyono HQ, et al. Inovasi Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa Menjadi Media Tanam di Desa Cikedokan. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Lentera*. 2024;1(07):226–35.
- [7]. Wahyuni T, Zamhari A, Sahara AR, Dewi MC. Pengelolaan Sabut Kelapa Sebagai Media Tanam Hidroponik Atau Cocopeat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkarya*. 2022;1(06):204–11.
- [8]. Kuntardina A, Septiana W, Putri QW. Pembuatan cocopeat sebagai media tanam dalam upaya peningkatan nilai sabut kelapa. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2022;6(1):145–54.
- [9]. Delita F, Sari SA, Rohani R, Yuniastuti E, Wirda MA. Pelatihan pembuatan pupuk organik dari limbah kelapa muda di desa laut dendang kecamatan percut sei tuan kabupaten deli serdang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*. 2024;2(2):256–62.
- [10]. Napitupulu R, S ST MT, Dharta Y, Putri DA, Parlindungan D, Pratama A, et al. Perancangan Mesin Pencacah Limbah Kelapa Muda Secara Vertikal Menggunakan Metode Sintesis Pandangan. *J Teknol*. 2023;23(1):28–34.
- [11]. Ramdani R, Saleh A, Prajas A. Rancang Bangun Mesin Pencacah Limbah Kelapa. *Jurnal TEDC*. 2022;16(3):200–3.
- [12]. Anwar S, Farudin T. Rancang Ulang Mesin Pencacah Sampah Sabut Kelapa dengan Model Pisau Circular Saw Kapasitas 116 kg/jam. *Jurnal Baut dan Manufaktur: Jurnal Keilmuan Teknik Mesin dan Teknik Industri*. 2023;5(1):36–43.
- [13]. Suhendra S, Apriani W, Fahrizal I. Uji Performansi pada Mesin Pengurai Sabut Kelapa dengan Modifikasi Pisau Pengurai. *Jurnal Engine*. 2022;6(2):57–63.
- [14]. Anjiu LD, Suhendra S. Modifikasi dan Uji Performansi Mesin Perontok Lada dengan Mekanisme Perontok Silinder Berjaring. *Turbo*. 2021;10(2):177–85.
- [15]. Harahap CR. Sistem Pengendalian Kecepatan Dua Motor Brushless DC (BLDC) dengan Nine Switch Inverter Menggunakan Metode PWM. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 2022;16(3):338–45.
- [16]. Yang X, Yang J, Ma S, Guo R. Research on the characteristics of particles size for grinding products with a ball mill at low speed. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing; 2021. p. 012040.