

RANCANG BANGUN MESIN PORTABEL PENCACAH PELEPAH SAWIT

Refanza Fahrezi, Dody Yulianto
Universitas Islam Riau, Indonesia
Email: refanzafahrezi@student.uir.ac.id

Abstrak

Limbah pelepah sawit di Provinsi Riau (luas 2,1 juta Ha) berpotensi sebagai pakan ternak dan pupuk kompos, namun pemanfaatannya terhambat oleh keterbatasan alat pencacah yang portabel dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pencacah pelepah sawit portabel yang efisien, berbiaya rendah, dan aman untuk petani skala kecil. Penelitian ini menggunakan tahapan sistematis: survei lapangan, studi literatur, perancangan (perhitungan gaya, transmisi, material), pembuatan prototipe, dan pengujian kinerja. Mesin dengan motor bensin 7 HP dan pisau 1900 RPM menghasilkan cacahan 91,5 kg/jam (efisiensi 90,5%), berat total 27 kg, serta desain aman untuk operator. Solusi praktis untuk petani dalam mengelola limbah sawit, dengan rekomendasi pengembangan lebih lanjut seperti pengujian ketahanan dan integrasi sistem otomatis.

Kata Kunci : Mesin Portable, Mesin Pencacah Daun Sawit, Mesin Pencacah Kelapa Sawit.

Abstract

Oil palm fronds waste in Riau Province (area of 2.1 million hectares) has the potential to be animal feed and compost, but its use is hampered by the limitations of portable and affordable shredding equipment. This research aims to design an efficient, low-cost, and safe portable palm frond shredding machine for small-scale farmers. This research uses systematic stages: field survey, literature study, design (force calculation, transmission, material), prototyping, and performance testing. The engine with a 7 HP gasoline motor and a 1900 RPM blade produces a shredding of 91.5 kg/h (90.5 efficiency), a total weight of 27 kg, and an operator-safe design. Practical solutions for smallholders in managing palm waste, with further development recommendations such as resilience testing and integration of automated systems.

Keywords : Portable Machine, Palm Leaf Shredder Machine, Palm Oil Crusher Machine.

PENDAHULUAN

Provinsi Riau memiliki kebun sawit terluas di Indonesia dengan luas area mencapai 2.138.632 Ha. Sedangkan di Provinsi Riau sendiri perkebunan kelapa sawit terluas berada di daerah kabupaten Rokan Hulu tepatnya di Desa Pasir Baru Kecamatan Rambah dengan luas area 207.922 Ha (Haryanti et al., 2014). Dengan luas lahan tersebut maka limbah yang dihasilkan sangat banyak. Diperkebunan, limbah yang dihasilkan berupa pelepah kelapa sawit yang dihasilkan dari pemangkasan pelepah kelapa sawit pada saat panen yaitu setiap 2 minggu sekali (Rahma Pratiwi et al., 2020).

Pelepah dan daun kelapa sawit mempunyai potensi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Pelepah dan daun kelapa sawit mengandung bahan kering 47,02 %, protein kasar 6,06 % dan serat kasar 34,58% sehingga nilai nutrisinya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia (Intara, 2012). Bila setiap batang sawit dalam setahun dapat dipanen 22 pelepah dan setiap hektarnya ada lebih kurang 130 batang kelapa sawit, Pemanfaatan pelepah kelapa sawit dapat

dilakukan dengan pengecilan ukuran. Pengecilan ukuran dapat dilakukan dengan melakukan pencacahan (Marsudi & Syahrillah, 2018).

Mesin pencacah pelepah sawit memang sudah pernah diteliti sebelumnya. Sebagai contoh mesin pencacah pelepah sawit dengan menggunakan motor bakar diesel dengan daya 182 HP atau 136 kW, Pisau pada mesin pemecah pelepah sawit ini terdiri dari 3 Baris dengan jumlah 54 buah, pada salah satu sisi di asah hingga tajam setinggi 25 mm dengan sudut ketajaman 25°. Kapasitas yang di hasilkan adalah 437 kg/jam, yang dirancang oleh (Nurdin, 2020). Mesin pencacah pelepah sawit dengan menggunakan motor listrik dengan daya 40 HP atau 30 kW mata pisau yang di gunakan terdiri dari 8 bagian dan kapasitas yang di hasilkan 130kg/jam (Satria, 2014).

Namun dari segi design mesin pencacah pelepah sawit yang telah diteliti sebelumnya dinilai kurang praktis dan tidak menggunakan roda sehingga sulit untuk dipindah tempatkan (Falah & Nelza, 2019). Selain itu harga dari penggerak motor bakar diesel dan motor listrik dinilai cukup mahal sehingga bagi petani menengah kebawah menjadi permasalahan untuk memiliki alat tersebut sebagai contoh mereka petani yang memiliki lahan perkebunan kecil (Nasution et al., 2022). Dari permasalahan yang didapat dilapangan pada penelitian kali ini akan dirancang mesin pencacah pelepah sawit portable dengan sumber tenaga penggerak menggunakan motor bakar bensin (Arriyani et al., 2021). Kelebihan mesin pencacah pelepah sawit portable ini dari mesin yang sudah diteliti sebelumnya adalah dari segi design yaitu pada dimensi rangka yang akan dirancang lebih kecil sehingga rangka mesin dinilai lebih praktis dan ditambahkan roda pada bagian kaki rangka sehingga mudah untuk dipindah tempatkan. Perancangan mesin pencacah pelepah sawit portable ini diharapkan dapat membantu petani untuk memiliki mesin pencacah sawit dengan design yang praktis dan harga yang terjangkau (Assiddiq & Hermanto, 2022a, 2022b; Saporin et al., 2023; TERNAK, n.d.).

Adapun tujuan pembuatan rancang bangun mesin portabel pencacah pelepah sawit ini, untuk mendapatkan rancangan sebuah mesin pencacah pelepah sawit yang efisien, mempermudah mendaur ulang dahan sawit yang biasanya dibuang begitu saja bisa menjadi pupuk komposit.

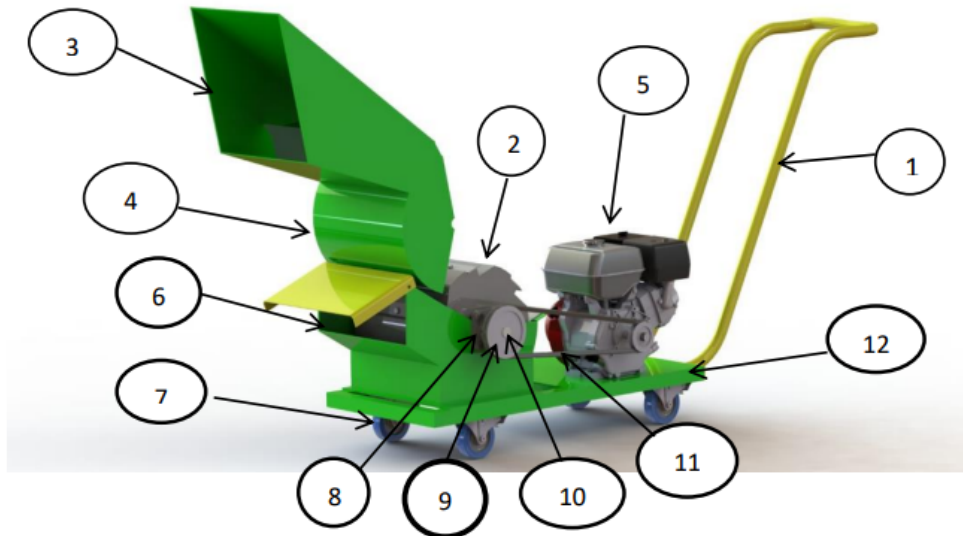
METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengikuti tahapan sistematis untuk memastikan hasil analisis yang tepat sasaran dan sesuai harapan (Yazid Ismi Intara & Dyah, 2012). Tahapan tersebut meliputi: (a) Survey & Identifikasi Permasalahan, yaitu mengumpulkan masalah yang dihadapi petani kelapa sawit dan peternak sapi terkait pemanfaatan limbah pelepah sawit serta kelemahan mesin pencacah yang ada di pasaran; (b) Studi Literatur, yakni pengambilan data untuk merancang solusi berbasis kebutuhan masyarakat; (c) Perancangan, meliputi perhitungan, desain, dan pemilihan material mesin pencacah pelepah sawit portable; (d) Pembuatan Produk, yaitu perakitan rangka, pemasangan poros, dan komponen lainnya; serta (e) Pengujian, untuk mengevaluasi kinerja mesin. Alat yang digunakan mencakup kawat las, sikat kawat, mesin las, bor tangan, palu besi, gerinda, timbangan, stopwatch, dan tachometer. Bahan utama meliputi mata pisau baja ST 37, bantalan, motor bakar bensin, besi UNP untuk rangka, poros baja ST 37, roda, serta pulley dan belt pulley dari besi cor atau baja. Bahan uji berupa pelepah sawit muda hijau. Proses pembuatan dilakukan di bengkel dengan pendampingan dosen, direncanakan selesai dalam 6 bulan (Juli–Desember 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi alat

Dari hasil perancangan didapat spesifikasi hasil akhir dari proses perancangan Mesin Portable Pencacah Pelepah Sawit (Robiansyah, 2019). Secara mekanisme Mesin Portable Pencacah Pelepah Sawit ini terdiri dari beberapa komponen-komponen utama dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Gambar Rancangan Mesin Pencacah Pelepah Sawit portable

Keterangan:

1. Pegangan tangan
2. Mata pisau
3. Saluran masuk
4. Ruang pencacah
5. Mesin penggerak
6. Saluran keluar
7. Roda
8. Bantalan (bearing)
9. Pully
10. Poros penggerak
11. Sabuk -V
12. Rangka

Motor penggerak

Spesifikasi motor penggerak yang digunakan pada Mesin Pencacah Pelepah Sawit Portable ialah sebagai berikut (Septe & Jalinus, 2019):



Gambar 2. Motor Penggerak Bensin

Dimensi :

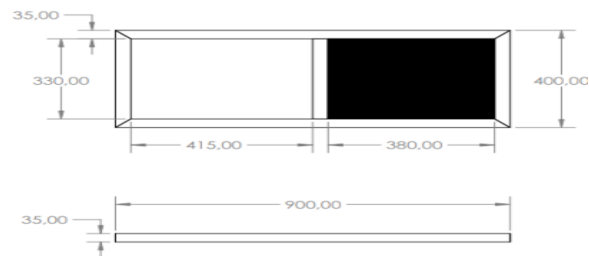
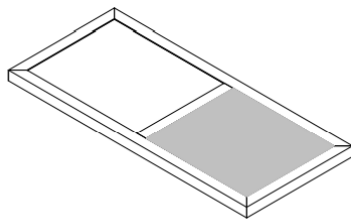
Merek	: tigger
Type	: TG 220
Daya	: 7hp /3600 rpm
Putaran max	:12.4N.m / 2500 rpm
Berat	:16 kg

Rangka

Berikut ini adalah gambar dari rancangan rangka mesin pencacah pelepah sawit portable.

Tampak Depan

Tampak Atas



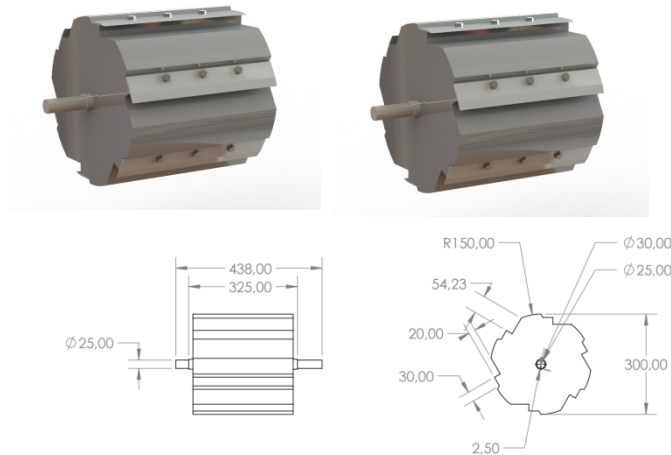
Gambar 3. Sketsa Kerangka

Dimensi :

Panjang	: 900 mm
Lebar	: 400 mm
Jenis	: besi unp 65

Pisau Pencacah

Berikut ini adalah gambar dari rancangan mata pisau dan kedudukan mata pisau mesin pencacah pelepah sawit portable (Kurniati, 2008).



Gambar 4. sketsa pisau pencacah / kedudukan pisau

Dimensi mata pisau:

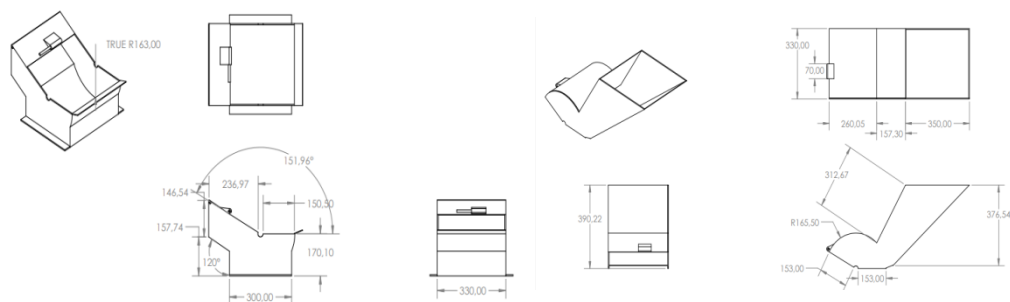
Panjang pisau : 200 mm
 Lebar : 100 mm
 Tebal : 2 mm
 Jumlah pisau : 4 buah
 Bahan : baja carbon

dimensi kedudukan pisau :

panjang poros : 400 mm
 lebar kedudukan pisau : 325 mm

Rumah Pisau Pencacah

Berikut ini adalah gambar dari rancangan cover pencacah mesin pencacah pelepah sawit portable.



Gambar 5. Sketsa Rumah Pisau Pencacah

Dimensi rumah pisau pencacah	Dimensi rumah pisau pencacah atas
Lebar rumah pisau : 300 mm	Lebar corong masuk : 350 mm
Tinggi rumah pisau : 170 mm	Tinggi corong masuk : 376 mm
Corong keluar : 146 mm	Lebar rumah pisau atas : 330 mm

Perhitungan Gaya

Pada komponen mesin pencacah pelepah sawit portable sebagai pencacah terdapat gaya-gaya yang bekerja pada poros, pisau, bantalan. Untuk menentukan gaya-gaya tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Madiistiyatno & Alwiyah, 2023):

Perhitungan gaya potong pisau

Untuk menghitung gaya potong pisau dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Widians & Rizkyani, 2020):

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{360^\circ}{1s} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14}{1s} = 6,28 \text{ rad/s} \\ f_{ps} &= (m_{ps} + m_{dp}) \omega^2 x r \\ &= (0,12+3) \times 6,28^2 \text{ rad/s} \times 0,8 \text{ m} \\ &= 3,12 \text{ kg} \times 6,28^2 \text{ rad/s} \times 0,8 \text{ m} \\ &= 35,73 \text{ N}\end{aligned} \quad (2.1)$$

Maka gaya potong pisau keseluruhan adalah $35,73 \text{ N} \times 4 = 142,9 \text{ N}$

Gaya Poros

Gaya poros adalah suatu elemen mesin yang berputar untuk memutar pisau pencacah. Untuk menghitung poros dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Sanam, 2022):

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{360^\circ}{1s} \times \frac{2\pi r}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14}{1s} = 6,28 \text{ rad/s} \\ f_{ps} &= m \times \omega^2 x (r) \\ &= 3,6 \text{ kg} \times 6,28^2 \text{ rad/s} \times (0,011) \text{ m} \\ &= 3,6 \text{ kg} \times 6,28^2 \text{ rad/s} \times 0,011 \text{ m} \\ &= 1,561 \text{ N}\end{aligned} \quad (2.2)$$

Gaya Puli

Gaya pada puli dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{360^\circ}{1s} \times \frac{2\pi r}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14}{1s} = 6,28 \text{ rad/s} \\ f_{ps} &= m \times \omega^2 (r_1 + r_2) \\ &= 3,5 \text{ kg} \times 6,28^2 \text{ rad/s} \times 0,34 \text{ m} \\ &= 46,9 \text{ N}\end{aligned}$$

Maka gaya pada total pisau, poros, puli adalah:

$$f_{total} = f_{ps} + f_{pr} + f_{pl} \quad (2.3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}f_{total} &= \text{gaya total (N)} \\ f_{ps} &= \text{gaya potong pisau (N)} \\ f_{pr} &= \text{gaya pada poros (N)}\end{aligned}$$

$$f_{pl} = \text{gaya pada puli (N)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_{total} &= f_{ps} + f_{pr} + f_{pl} \\ &= 35.73 \text{ N} + 1,561 \text{ N} + 46,9 \text{ N} \\ &= 84.1 \text{ N} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Jadi gaya total keseluruhan yang bekerja pada pisau, poros, dan puli adalah sebesar 84.1 N.

Daya mesin penggerak

$$\begin{aligned} P &= f_{total} \times v_p \\ &= 84.1 \text{ N} \times 2472 \text{ m/s} \\ &= 2472 \text{ N.m / s} = 2472 \text{ watt} \\ &= 2472 \text{ watt} / 746 \\ &= 3,3 \text{ HP} = 2.472 \text{ kW}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dari perhitungan didapat kebutuhan mesin 3.3 HP atau 2.472 kW. maka sumber tenaga agar aman untuk digunakan mesin pencacah pelepah sawit Portable yaitu kami menggunakan motor bakar bensin dengan daya 7,0 HP atau 5.22 kW. serta putaran motor 3600 Rpm dalam perancangan ini.

Rumus Momen Puntir (T)

Momen puntir dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} \quad (2.6)$$

Dimana :

- $P = 2,472 \text{ Kw} = 2472 \text{ w}$ (daya motor)
- $N = 1900 \text{ Rpm}$ (kecepatan putaran)
- $\pi = 3,1416$

$$T = \frac{60 \times 2472}{2\pi \times 1900}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{148320}{11938,8} \\ T &= 12,43 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Menentukan Diameter Poros

Untuk menentukan diameter poros dengan beban puntir dan lentur rumus yang digunakan adalah

$$d = \left(\frac{16 \times T \times S_f}{\pi \times \tau} \right)^{1/3} \quad (2.7)$$

Parameter yang Dibutuhkan:

Diketahui:

- Diameter awal (d) = 25 mm = 0,025 m
- Panjang poros = 40cm = 0.4 m
- Tegangan geser yang di izinkan (τ) = 40 Mpa = $40 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
- Faktor keamanan (S_F) = 2

- $\pi = 3.1416$

Hitung Torsi yang Dihasilkan:

$$T = \frac{9550 \times P}{n} \quad (2.8)$$

Diketahui :

- Daya P = 2.472 Kw
- Kecepatan putaran N = 1900 RPM

$$T = \frac{9550 \times 2.472}{1900}$$

$$T = \frac{23611.6}{1900}$$

$$T = 12.43 \text{ Nm}$$

Hitung Diameter Poros

- Tegangan geser material poros (τ) = 40 Mpa = $40 \times 10^2 \text{ N/m}^2$
- Faktor keamanan $S_f = 2$

$$d = \left(\frac{16 \times 12.43 \times 2}{\pi \times 40 \times 10^2} \right)^{1/3} \quad (2.9)$$

$$d = \left(\frac{398.56}{125663706} \right)^{1/3}$$

$$d = (3.17 \times 10^{-6})^{1/3}$$

$$d = 0.0146 \text{ m} = 14.6 \text{ mm}$$

- Diameter minimum yang dibutuhkan = 14.6 mm
- Diameter poros yang tersedia = 25 mm
- Poros dengan diameter 25 mm lebih besar dari 14.6 mm, sehingga aman digunakan untuk mesin pencacah pelepah sawit portable.

Sistem Transmisi Sabuk Dan Puli

Sistem transmisi pada mesin pencacah pelepah sawit portable adalah terdiri dari puli dan sabuk, dengan data-data sebagai berikut:

diketahui:

- Diameter puli penggerak (D_1) = 7,8cm
- Diameter puli yang di gerakkan (D_2) = 12,5cm
- Jarak sumbu antar puli (C) = 54 cm
- Kecepatan putaran puli penggerak (N_1) = 3000 Rpm
- Kecepatan putaran puli yang digerakkan (N_2) = 1900Rpm
- Panjang sabuk v-belt (L) = 140cm

Perbandingan Transmisi (Ratio)

Rumus perbandingan transmisi:

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.10)$$

$$\frac{3000}{1900} = \frac{12,5}{7,8}$$

$$i = 1,58$$

Verifikasi Panjang Sabuk Untuk Sistem Terbuka

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(54) + \frac{\pi}{2} (7,8 + 12,5) + \frac{(12,5 - 7,8)^2}{4(54)}$$

$$L = 180 + \frac{3,1416}{2} (20,3) + \frac{(4,7)^2}{216}$$

$$L = 180 + 31,86 + \frac{22,09}{216}$$

$$L = 180 + 31,86 + 0,102$$

$$L = 140\text{cm}$$

Kecepatan Linear Sabuk

$$U = \frac{\pi D_1 N_1}{60}$$

$$U = \frac{3,1416 \times 7,8 \times 3000}{60}$$

$$U = \frac{73402,32}{60} = 1223,37 \text{ cm/s} = 12,23 \text{ m/s}$$

Kecepatan linear sabuk adalah 12,23 m/s

Pillow Block (Bearing)

- Diameter dalam (d): 25 mm
- Diameter luar (D): 52 mm
- Lebar (B): 34 mm
- Kapasitas beban dinamis (C): ± 14.1 kN
- Kapasitas beban statis (Co): ± 7.8 Kn
- Kecepatan maksimum: ± 7000 Rpm

Beban 7 kg = 68.67 N, masih jauh di bawah kapasitas maksimal bearing, jadi bearing ini masih bisa digunakan dengan aman

Hitungan Daya Tahan (L10 Life)

Rumus dasar untuk umur bearing dalam juta revolusi adalah:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 10^6 \quad (2.11)$$

Dimana :

- L_{10} = Umur bearing dalam juta revolusi
- C = Beban dinamis (N)

- $P =$ Beban ekuivalen (N), jika hanya beban radial, maka $P =$ Beban Radial (Fr)

Beban ekuivalen sering dihitung sebagai:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$$L_{10} = \left(\frac{14100}{68.67} \right)^3 \times 10^6$$

$$L_{10} = (205.4)^3 \times 10^6$$

$$L_{10} = 8.7 \times 10^{12} \text{ revolusi}$$

Untuk mendapatkan umur dalam jam:

$$L_h = \frac{L_{10}}{RPM \times 60}$$

$$L_h = \frac{8.7 \times 10^{12}}{1900 \times 60}$$

$$L_h = 7,6 \times 10^8 \text{ jam}$$

Cek Kecepatan dan Lubrikasi

- Kecepatan 1900 RPM masih jauh di bawah batas maksimal (7000 RPM)
- Beban 7 kg (68.67 N) sangat kecil dibanding kapasitas bearing.

Berikut adalah perhitungan dan rumus untuk rangka mesin pencacah pelepah sawit portabel yang saya rancang:

Gaya Gravitasi Total (W)

$$W = m \cdot g$$

Dimana :

- $m =$ total massa (mesin + komponen) = 16 kg + 11 kg = 27 kg
- $g =$ percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

$$W = 27 \times 9,81 = 264,87 \text{ N}$$

Jadi, gaya gravitasi total yang bekerja pada rangka adalah 264,87 N.

Gaya Reaksi di Titik Tumpu (R_A dan R_B)

Rangka adalah balok sederhana dengan dua tumpuan di ujungnya dan beban merata, maka gaya reaksi di tiap tumpuan dihitung dengan:

$$R_A = R_B = \frac{W}{2}$$

$$R_A = R_B = \frac{264,87}{2} = 132,43 \text{ N}$$

Jadi, setiap tumpuan menerima gaya sebesar 132,43 N.

Momen Lentur Maksimum (M_{max})

Momen lentur maksimum terjadi di tengah rangka dan dihitung dengan:

$$M_{max} = \frac{W \cdot L}{8}$$

Tabel 1. Data Hasil Cacahan

No	Variasi mata pisau	Kerapatan pisau	Berat bahan (Kg)	Kecepatan putaran (rpm)	Waktu pencacahan (detik)	Berat tercacah (Kg)
1	4	30 mm	1 kg	3000 rpm	33	0,905

Dengan :

- $L = 0,9$ m (panjang rangka)
- $W = 264,87$ N

$$M_{\max} = \frac{264,87 \times 0,9}{8}$$

$$M_{\max} = 29,76 \text{ N}$$

Tegangan Lentur (σ)

Tegangan lentur dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Dimana :

- $M = 29,79$ Nm (momen lentur maximum)
- $S = 1,77 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ (modulus penampang untuk UNP 65, dari tabel baja)

$$\sigma = \frac{29,79}{1,77 \times 10^{-5}}$$

$$\sigma = 1,68 \text{ MPa}$$

Perhitungan Hasil Cacahan Pelepah Sawit

Dari pengujian mesin pencacah pelepah sawit portabel didapatkan data hasil cacahan dengan proses pengujian yang dilakukan dengan syarat pelepah yang di uji memiliki berat 1 Kg dengan putaran mesin yang konstan sebesar 3000 rpm adalah :

- 4 pisau kerapatan 30 mm

$$\frac{0,905 \text{ Kg}}{1 \text{ Kg}} \times 100\% = 90,5\%$$

Perhitungan Kapasitas Hasil Pencacahan

Pada perhitungan kapasitas cacahan, nilai hasil cacahan yang didapatkan dengan kecepatan putaran 3000 rpm dengan jumlah mata pisau 4 dan variasi kerapatan pisau di konversikan dengan lama waktu cacahan masing masing pengujian dengan menggunakan rumus dibawah.

Rumus perhitungan kapasitas cacahan dalam 1 jam

$$C = \frac{M}{T}$$

Dimana:

C : Kapasitas hasil cacahan

M : Massa pelepah sawit di cacah

T : Waktu pencacah dalam jam = (waktu pencacah ÷ 3600 detik)

- Kapasitas hasil cacahan 4 pisau kerapatan 3

$$C = \frac{0,905Kg}{0,00917Jam} = 91,500 Kg/jam$$

Tabel 2. Perhitungan Kapasitas Hasil Pencacahan

No	Variasi mata pisau	Kerapatan pisau	Kapasitas hasil cacahan	Waktu pencacah dalam jam	Hasil pencacah
1	4	3cm	0,905 Kg	0,00917 Jam	91,500 Kg

KESIMPULAN

Mesin pencacah pelepah sawit ini dirancang untuk menghasilkan cacahan berukuran optimal sebagai bahan baku pupuk kompos, dengan kinerja efisien berkat putaran pisau 1900 RPM yang didukung motor penggerak Tiger 7HP (3000 RPM) dan sistem transmisi yang mengurangi putaran secara efektif. Rangka besi UNP 65 (90 cm × 50 cm) menjamin kekokohan dan mobilitas dengan total berat 27 kg (16 kg mesin + 11 kg komponen), dilengkapi desain yang memperhatikan keamanan operator. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan pengujian ketahanan jangka panjang, optimasi kapasitas (modifikasi hopper/jumlah pisau), pengumpanan otomatis, analisis kualitas kompos, penggunaan material tahan korosi, studi kelayakan ekonomi, serta integrasi dengan sistem pengolahan limbah sawit lainnya guna meningkatkan keberlanjutan dan nilai ekonominya bagi petani dan peternak.

REFERENSI

- Arriyani, Y. F., Idiar, I., Subkhan, S., & Krishnaningsih, S. D. (2021). Unjuk Kerja Mesin Pencacah Pelepah Kelapa Sawit dengan Sistem Rotary. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15(2), 130–135.
- Assiddiq, H., & Hermanto, P. (2022a). Rancang Bangun Mesin Pencacah Rumput dan Pelepah Kelapa Sawit dengan Penggerak Motor Bensin Sebagai Pakan Ternak. *Infotekmesin*, 13(2), 212–218.
- Assiddiq, H., & Hermanto, P. (2022b). Rancang Bangun Mesin Pencacah Rumput dan Pelepah Kelapa Sawit dengan Penggerak Motor Bensin Sebagai Pakan Ternak. *Infotekmesin*, 13(2), 212–218.
- Falah, M., & Nelza, N. (2019). Pembuatan Biopellet Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Bakar Terbarukan. *Ready Star*, 2(1).
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Fanny Sholiha, P. S., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2). <https://doi.org/10.20527/K.V3i2.161>
- Intara, Y. I. (2012). Studi sifat fisik dan mekanik parenkhim pelepah daun kelapa sawit untuk pemanfaatan sebagai bahan anyaman. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 6(1), 36–44.
- Kurniati, E. (2008). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2).

- Madiistriyatno, H., & Alwiyah. (2023). Media Sosial dalam Manajemen Operasi dan Rantai Pasokan: Eksplorasi Masa Depan. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 2(1). <https://doi.org/10.33050/mentari.v2i1.372>
- Marsudi, M., & Syahrillah, G. R. F. (2018). Perencanaan Sistem Mekanikal Elektrikal dan Plumbing (MEP) pada Gedung Bertingkat. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1).
- Nasution, W. R., Nawawi, Z. M., & Inayah, N. (2022). Analisis Pemanfaatan Lidi Kelapa Sawit dalam Meningkatkan Pendapatan dan Kesejahteraan Masyarakat Perspektif Ekonomi Islam. *Ulul Abab: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(8).
- Nurdin, H. (2020). *Perencanaan Elemen Mesin (Elemen Sambungan dan Penumpu)*. UNP PRESS.
- Rahma Pratiwi, D., Wening, S., Supena, N., Diah Setiowati, R., & Yenni, Y. (2020). Kultur jaringan kelapa sawit tantangan dan peluangnya. *Warta PPKS*, 25(1).
- Robiansyah. (2019). Perancangan Mesin Pencacah Pelepah Sawit Untuk Pakan Ternak Sapi. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1).
- Sanam, H. A. O. R. (2022). Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 10.
- Saparin, S., Wijianti, E. S., Wibowo, B. S., & Setiawan, Y. (2023). Pengaruh Kemiringan Sudut Hopper Input Pada Mesin Pencacah Sampah Organik Terhadap Kapasitas Produksi Mesin. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 15(01), 115–123.
- Satria, D. (2014). *Dasar-Dasar Perancangan Mesin*. Terbita: Untirta Press.
- Septe, E., & Jalinus, N. (2019). Masalah dan Solusi Alternatif Pembelajaran Perancangan Elemen Mesin. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(1). <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i1.252>
- Ternak, U. B. B. P. (N.D.). *Design Of Portable Palm Midrib Machine For Raw Materials Of Animal Feed*.
- Widians, J. A., & Rizkyani, F. N. (2020). Identifikasi Hama Kelapa Sawit menggunakan Metode Certainty Factor. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 12(1). <https://doi.org/10.33096/ilkom.v12i1.526.58-63>