

**UJI KINERJA MESIN CHOPPER SERBAGUNA UNTUK  
MEMPERKECIL UKURAN PELEPAH SAWIT**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**A. REFALDI FAYZA ALAMSYAH**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2025**

## **ABSTRAK**

### **UJI KINERJA MESIN CHOPPER SERBAGUNA UNTUK MEMPERKECIL UKURAN PELEPAH SAWIT**

**Oleh**

**A Refaldi Fayza Alamsyah**

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja mesin chopper serbaguna untuk memperkecil ukuran pelepah sawit pada variasi putaran mesin 1500, 1800, dan 2000 rpm dengan jumlah masukan 1 dan 2 batang. Parameter yang diamati meliputi kapasitas kerja, bahan terbang (losses), konsumsi bahan bakar, dan Distribusi ukuran cacahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin berpengaruh terhadap seluruh parameter kinerja. Kondisi terbaik diperoleh pada putaran 2000 rpm dengan dua masukan, yang menghasilkan kapasitas kerja tertinggi sebesar 94,8 kg/jam, losses terendah sebesar 4,58%, dengan konsumsi bahan bakar 1136 ml, serta distribusi ukuran cacahan tertinggi pada ukuran sedang ( $0,2 < 0,5$  cm) sebesar 44,86%. Konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring bertambahnya putaran mesin, namun tetap berada dalam kategori efisien untuk operasi lapangan. Secara keseluruhan, mesin chopper serbaguna ini efektif digunakan untuk mengolah pelepah sawit menjadi cacahan seragam yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan baku briket, maupun sumber energi alternatif.

**Kata kunci:** mesin chopper, pelepah sawit, kapasitas kerja, losses, distribusi ukuran cacahan, bahan bakar

## **ABSTRACT**

### **PERFORMANCE TEST OF A MULTIPURPOSE CHOPPER MACHINE FOR REDUCING THE SIZE OF OIL PALM FRONDS**

**BY**

**A Refaldi Fayza Alamsyah**

This study aims to evaluate the performance test of a multipurpose chopper machine for reducing the size of oil palm fronds at various engine speeds of 1500, 1800, and 2000 rpm with feed inputs of one and two stalks. The observed parameters included work capacity, material losses, fuel consumption, and chopping uniformity. The results showed that increasing engine speed affected all performance parameters. The best condition was achieved at 2000 rpm with two inputs, producing the highest work capacity of 94.8 kg/hour, the lowest losses of 4.58%, a fuel consumption of 1136 ml, and the highest chopping size distribution in the medium category (0.2–<0.5 cm) of 44.86%. Fuel consumption tended to increase with higher engine speed but remained within an efficient range for field operations. Overall, the multipurpose chopper machine proved effective for processing oil palm fronds into uniform chops that can be used as livestock feed, briquette material, or an alternative energy source.

**Keywords:** chopper machine, oil palm fronds, work capacity, losses, particle size distribution, fuel consumption

**UJI KINERJA MESIN CHOPPER SERBAGUNA UNTUK  
MEMPERKECIL UKURAN PELEPAH SAWIT**

Oleh

**A. Refaldi Fayza Alamsyah**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat mencapai gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultan Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**



Judul Skripsi

: Uji Kinerja Mesin Chopper Serbaguna Untuk  
Memperkecil Ukuran Pelepah Sawit

Nama Mahasiswa

: *A. Refaldi Fayza Alamsyah*

Nomor Pokok Mahasiswa

2054071014

Jurusan/PS

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 196210101989021002

Ir. Oktafri, M.Si.

NIP. 196410221989031004

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

A handwritten signature in black ink, belonging to Prof. Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM. The signature is stylized and fluid.

Prof. Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM.

NIP. 197801022003121001

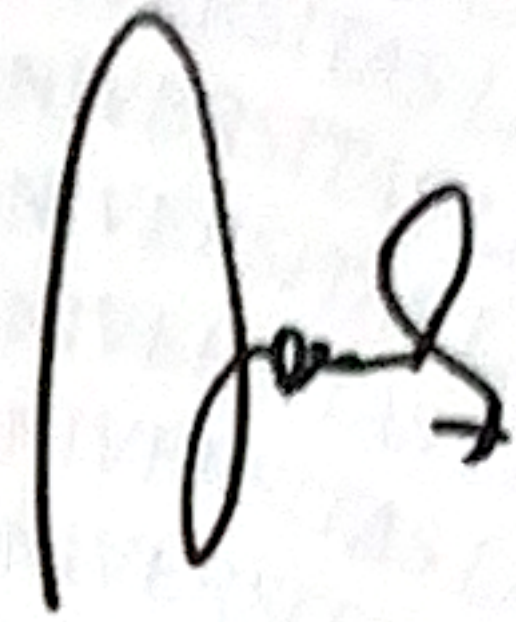


## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

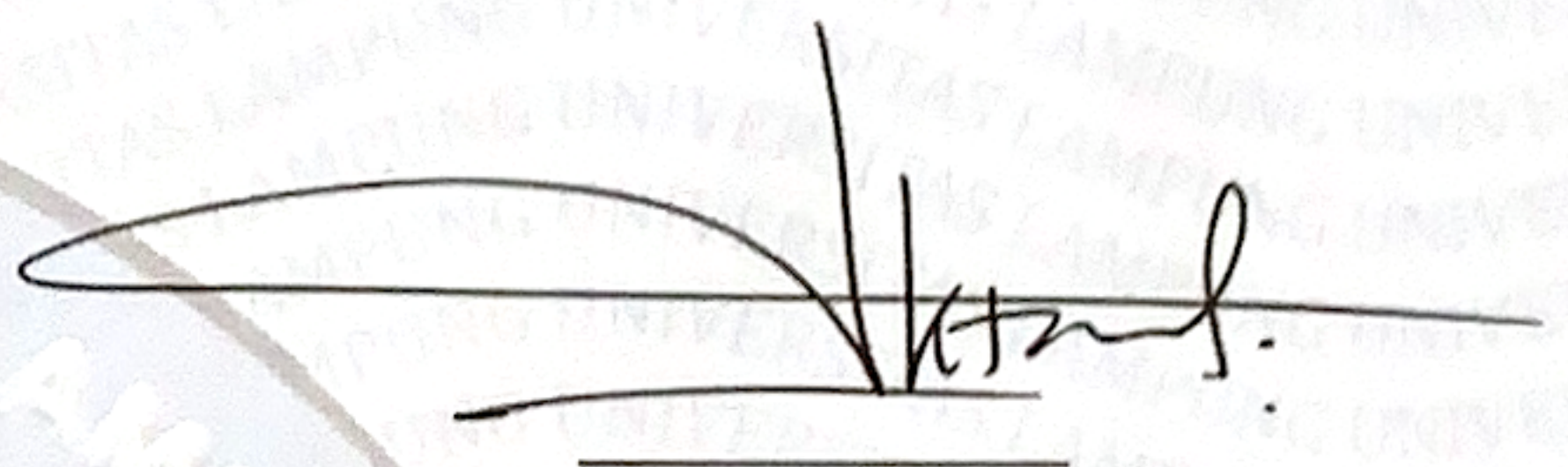
Ketua

: **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**



Sekretaris

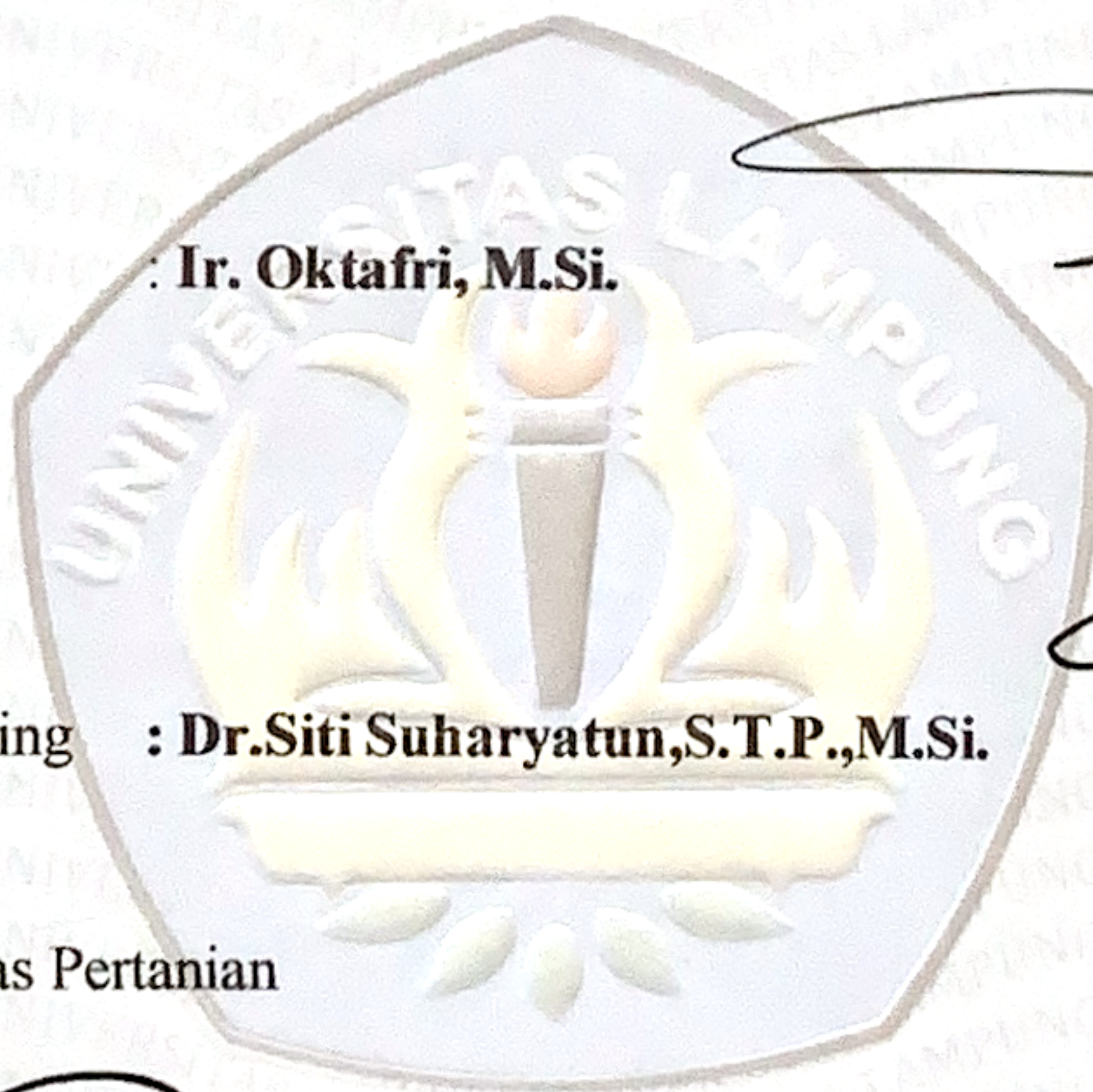
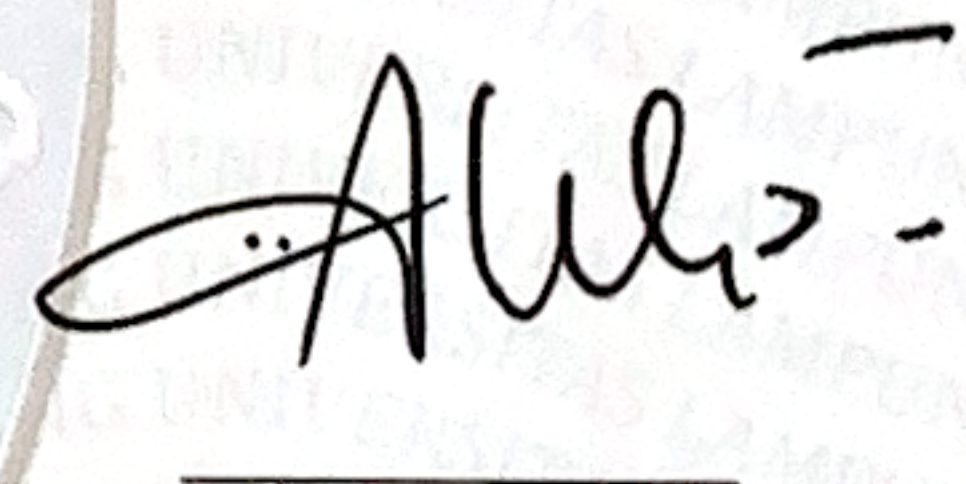
: **Ir. Oktafri, M.Si.**



Penguji

Bukan pembimbing

: **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.**

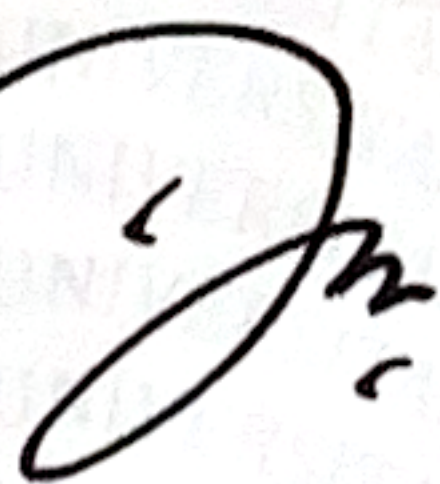


### 2. Dekan Fakultas Pertanian



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi : 31 September 2025



## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **A. Refaldi Fayza Alamsyah** dengan NPM **2054071014**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.** dan **2) Ir. Oktafri, M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, 31 September 2025  
Yang membuat pernyataan,



**A. Refaldi Fayza Alamsyah**  
NPM. 2054071014



## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada hari.Jumat, 5 Juli 2002 di Bandar Lampung, Lampung. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara bapak Hardy Alamsyah dan ibu Ainun Jariah.

Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Rawa Laut Bandar Lampung, lulus pada tahun 2014. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 4 Bandar Lampung, lulus pada tahun 2017. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Bandar Lampung, lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat Unila.

Pada tanggal 07 Januari sampai 12 Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2023 di Pekon Mulang Maya, Kecamatan Kota Agung Timur, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung selama 40 hari. Kemudian, pada bulan Juni sampai Agustus 2023, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan dengan judul “Mempelajari Pengoperasian Alat *Roasting* Kopi Menggunakan Mesin Beje di Kebun Percobaan Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP), Natar, Lampung Selatan, Lampung”.

# *Persembahan*

*Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam setiap langkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini*

*Karya ini ku persembahkan untuk :*

## **Kedua Orang Tua**

*Ayahku Hardy dan Ibuku Ainun yang selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran, serta doa demi keberhasilanku*

## **Keluargaku**

*Kakakku Audia dan Renaldi, Adikku Anandya serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, dukungan, materi dan semangat yang tiada henti.*

Serta

**“Kepada Almamater Tercinta”**

**Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020**

## SANWANCANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. yang kita nantikan syafaat nya di akhirat kelak. Skripsi dengan judul **“Uji Kinerja Mesin Chopper Serbaguna Untuk Memperkecil Ukuran Pelepah Sawit”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak terjadi kesalahan dan kekurangan. Sehingga penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan semua pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, dan bimbingan serta arahan dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, menyemangati dan memberikan saran dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Oktafri, M.Si., selaku pembimbing kedua sekaligus Pembimbing Akademik (PA) penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan

arahan dalam menyelesaikan skripsi ini, serta motivasi dan dorongannya selama penulis menempuh pendidikan ini.

6. Ibu Dr.Siti Suharyatun, S.T.P.,M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penulis menyusun skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
8. Kedua orang tuaku Bapak Hardy Alamsyah dan Ibu Ainun Jariah, Kakakku Audia Putri Kamajaya, M Renaldi Ramadhan Alamsyah,Adikku Anandya Atika Zahra, serta seluruh keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan. Terima kasih banyak.
9. Kepada Seseorang yang Tidak Kalah Penting Kehadirannya, Jeannieta Hasty Aliffia AB. S.Tr.GZ. yang telah memberikan motivasi, waktu, dan dukungannya dalam proses penyelesaian skripsi ini
10. Ivanka dan Naufalda yang telah berbaik hati membantu dalam proses penyelesaian data penelitian ini.
11. Teman-teman seperjuangan Ivanka, Panca, Ilham, Naufalda, Andika, Bagus, Iqbal yang telah membantu dan membersamai penulis selama proses penulisan skripsi ini
12. Teman-teman seperjuangan Teknik Pertanian 2020 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuannya selama menempuh pendidikan.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, serta rekan-rekan yang telah membantu, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang. Aamiin.

Bandarlampung, 9 Desember 2025

**A. Refaldi Fayza Alamsyah**  
NPM. 2054071014

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Kelapa Sawit .....	4
2.2 Limbah Pelepah Sawit .....	5
2.3 Mesin Pencacah ( <i>Chopper</i> ) .....	6
2.3.1 Mekanisme Kerja Mesin <i>Chopper</i> .....	7
2.3.2 Komponen Mesin <i>Chopper</i> .....	8
2.4 Teknologi dan Desain <i>Chopper</i> .....	10
2.5 Kecepatan Putaran RPM ( <i>Revolution Per Minute</i> ) .....	11
<b>III. METODOLOGI</b> .....	<b>12</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Metodologi Penelitian .....	13
3.4 Prosedur Penelitian .....	15
3.5 Parameter Penelitian .....	16
3.5.1 Kapasitas Kerja .....	16
3.5.2 Bahan Terbuang ( <i>Losses</i> ) .....	16



3.5.3 Konsumsi Bahan Bakar .....	16
3.5.4 Distribusi Ukuran Cacahan .....	17
3.6 Analisis Data.....	17
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
4.1 Uji Kinerja.....	18
4.2 Kapasitas Kerja .....	20
4.3 Bahan Terbuang ( <i>Losses</i> ).....	25
4.4 Konsumsi Bahan Bakar .....	27
4.5. Distribusi Ukuran Cacahan .....	34
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>46</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Limbah Pelepah Sawit.....	5
Gambar 2. Motor Bakar.....	8
Gambar 3. Kerangka Alat.....	8
Gambar 4. <i>Pulley</i> dan <i>Van Belt</i> .....	9
Gambar 5. Corong Masukan Material.....	9
Gambar 6. Corong Keluar Material.....	10
Gambar 7. Mesin Chopper .....	12
Gambar 8. Diagram Alir.....	15
Gambar 9. Pencacahan Pelepah Sawit.....	18
Gambar 10. Hasil Cacahan.....	19
Gambar 11. Grafik Rata Rata Kapasitas Kerja.....	22
Gambar 12. Grafik Rata-rata Bahan Terbuang ( <i>Losses</i> ).....	26
Gambar 13. Grafik Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar .....	29
Gambar 14. Hasil Cacahan.....	34
Gambar 15. Rata-rata Distribusi ukuran cacahan RPM 1500 .....	36
Gambar 16. Rata-rata Distribusi ukuran cacahan RPM 1800 .....	37
Gambar 17. Rata-rata Distribusi ukuran cacahan RPM 2000 .....	39
Gambar 18. Grafik Rata-rata Distribusi Ukuran Cacahan Masukan 1.....	39
Gambar 19. Grafik Rata-rata Distribusi Ukuran Cacahan Masukan 2.....	40
Gambar 20. Penimbangan Bahan yang Disiapkan .....	50
Gambar 21. Pengukuran RPM 1500.....	50
Gambar 22. Pengukuran RPM 1800.....	50
Gambar 23. Pengukuran RPM 2000.....	51
Gambar 24. Proses Pencacahan Pelepah Sawit .....	51
Gambar 25. Penimbangan Berat Hasil Cacahan.....	51
Gambar 26. Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar .....	52
Gambar 27. Proses Pengayakan Hasil Cacahan .....	52

Gambar 28. Hasil Ayakan dengan mesh $< 0,2$ .....	52
Gambar 29. Hasil Ayakan dengan mesh $0,2 - < 0,5$ .....	53
Gambar 30. Hasil Ayakan dengan mesh $0,5 - < 1$ .....	53
Gambar 31. Hasil Ayakan dengan mesh $>1$ .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Chopper Serbaguna .....	13
Tabel 2. Tabulasi Data Chopper Serbaguna.....	14
Tabel 3. Hasil Data Uji Kinerja 10 Menit.....	20
Tabel 4. Hasil Data Uji Kinerja dalam Konversi 1 Jam .....	21
Tabel 5. Kapasitas Kerja (Kg/Jam).....	22
Tabel 6. Uji Anova pengaruh RPM dan jumlah masukan terhadap kapasitas kerja alat .....	23
Tabel 7. Uji Beda Nyata Terkecil jenis RPM terhadap kapasitas kerja .....	24
Tabel 8. Uji Beda Nyata Terkecil Jenis Masukan Terhadap Kapasitas Kerja .....	24
Tabel 9. Rata-rata Bahan Terbuang ( <i>losses</i> ) (%) .....	25
Tabel 10. Uji Anova pengaruh RPM dan jumlah masukan terhadap Bahan Terbuang .....	26
Tabel 11. Rata-rata konsumsi bahan bakar (ml/jam) .....	28
Tabel 12. Uji Anova pengaruh interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan terhadap konsumsi bahan bakar .....	30
Tabel 13. Uji Beda Nyata Terkecil Interaksi RPM dan Jumlah Masukan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar.....	31
Tabel 14. Konsumsi bahan bakar spesifik .....	32
Tabel 15. Uji Anova pengaruh interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan terhadap konsumsi bahan bakar spesifik .....	32
Tabel 16. Uji Beda Nyata Terkecil jenis RPM terhadap konsumsi bahan bakar spesifik .....	33
Tabel 17. Rata-rata Hasil Distribusi ukuran cacahan .....	35
Tabel 18. Rata-rata Hasil Distribusi ukuran cacahan RPM 1500 .....	35
Tabel 19. Rata-rata Hasil Distribusi ukuran cacahan RPM 1800 .....	37
Tabel 20. Rata-rata Hasil Distribusi ukuran cacahan RPM 2000 .....	38

Tabel 21. Perhitungan Kapasitas Kerja .....	47
Tabel 22. Perhitungan Tingkat Kehilangan ( <i>Losses</i> ) .....	48
Tabel 23. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar .....	49

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Di Indonesia masih banyak terdapat material organik atau bahan yang tersisa setelah suatu tanaman atau material organik dihilangkan kadar airnya disebut sebagai biomassa. Ketersediaan biomassa banyak di Indonesia diantaranya biomassa pelepah sawit. Ketersediaan limbah ini yang sangat banyak perlu adanya penanganan yang baik agar bisa dimanfaatkan menjadi produk turunan yang bernilai tambah dan mengurangi tumbuhnya masalah lingkungan (tumbuhnya sumber hama dan penyakit tanaman) HPT, Berkurangnya hama tikus dan ular serta kebersihan lingkungan.

Limbah biomassa pelepah sawit adalah sisa padat yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit. Pelepah sawit ini merupakan salah satu jenis limbah padat yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Biomassa pelepah sawit merupakan salah satu sumber energi alternatif. Biomassa pelepah sawit didefinisikan sebagai produk organik dari pertanian dan kehutanan yang dikembangkan untuk pakan ternak, bahan bakar, dan pemanfaatan lainnya. (Haryanti et.al 2014). Limbah pelepah sawit merupakan salah satu hasil sampingan dari industri kelapa sawit yang dapat memiliki dampak signifikan terhadap lahan jika tidak dikelola dengan baik.

Limbah pelepah sawit dapat memiliki dampak yang buruk terhadap lahan jika tidak dikelola dengan baik. Pelepah sawit adalah bagian dari pohon kelapa sawit yang tidak digunakan dalam proses pengolahan minyak, dan sering kali dibiarkan menumpuk di lahan. Namun, jika tidak dikelola dengan benar akan menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan. Maka diperlukannya pengolahan limbah

biomassa pelepah sawit agar limbah yang merugikan bisa menjadi limbah yang menguntungkan jika diolah dengan baik (Lestari dkk, 2022).

Limbah pelepah sawit memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya yang menguntungkan yaitu sebagai sumber energi terbarukan (Juwito, et al., 2012), bahan baku industri, dan peningkatan nilai ekonomi. Namun, pemanfaatannya harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan aspek lingkungan agar menghindari dampak yang merugikan seperti: pencemaran lingkungan, kerusakan lahan, bahaya kebakaran, bau tidak sedap dan menjadi sarang hama. Maka limbah pelepah sawit harus bisa ditangani dengan diolah menjadi sesuatu yang bisa bermanfaat dan menguntungkan.

Pelepah sawit sebagai limbah biomassa dapat ditangani menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu dengan diolah menjadi pakan ternak, briket arang, pupuk kompos dan masih ada yang lainnya. Tantangan dalam pemanfaatannya dapat diatasi dengan menggunakan teknologi mesin chopper serbaguna, yang dapat mencacah pelepah sawit menjadi ukuran yang lebih kecil dan lebih mudah diolah. Alat chopper berfungsi untuk memotong atau mencacah pelepah sawit menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Dengan demikian, Penggunaan alat chopper merupakan salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan limbah pelepah sawit. Jika tidak adanya pemanfaatan limbah pelepah sawit ini secara optimal, maka akan berdampak kepada masalah lingkungan sekitar (Budisuari, 2007).

Chopper serbaguna digunakan dalam pengolahan limbah pelepah sawit untuk mencacahnya menjadi cacahan berukuran kecil. Proses pencacahan dengan menggunakan mesin chopper memberikan kemudahan bagi petani dan mempercepat waktu pencacahan. Limbah pelepah sawit yang akan dicacah terlebih dahulu dimasukkan melalui lubang pengumpan atau pemasukan kemudian dicacah dalam ruang pencacah. Sehingga bahan yang dicacah akan keluar berupa potongan-potongan hasil cacahan (Andasuryani, 2009). Alat chopper telah terbukti efektif dalam mengelola limbah pelepah sawit. Dengan

memilih alat yang tepat dan melakukan perawatan yang baik, kita dapat memaksimalkan manfaat dari proses pencacahan ini. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknologi pencacahan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Dengan demikian, mesin chopper serbaguna dapat dianggap efektif dan efisien dalam melakukan pengecilan ukuran pelepah sawit sebagai limbah biomassa, terutama karena desain yang fleksibel, spesifikasi yang baik, dan manfaat yang signifikan dalam mengurangi risiko dan meningkatkan efisiensi kerja.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana kinerja mesin chopper serbaguna untuk mencacah pelepah sawit.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja alat chopper serba guna dalam mengolah limbah pelepah sawit dengan pengaruh jumlah masukan dan RPM yang berbeda.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini memberikan informasi tentang kinerja alat chopper serba guna dalam mencacah limbah pelepah sawit dan berguna untuk mempermudah dalam pengolahan briket dan bahan baku alternatif lainnya.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan tanaman asli Afrika Barat yang pertama kali ditanam secara komersial di Indonesia pada awal abad ke-20 (Smith, 2010). Tanaman ini cepat menyebar ke Malaysia dan negara-negara lain di Asia Tenggara pada tahun-tahun berikutnya. Kelapa sawit adalah tanaman tropis yang tumbuh baik di iklim panas dan lembap dengan curah hujan yang cukup (Jones & Brown, 2015). Tanaman ini menghasilkan buah berwarna merah yang kemudian diolah untuk mendapatkan minyak kelapa sawit. Pelepah kelapa sawit merupakan bagian daun dari tanaman kelapa sawit yang cukup besar dan khas. Di dalam industri kelapa sawit, pelepah sering kali dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, terutama setelah dipangkas dari pohon kelapa sawit yang telah tua atau dari tanaman yang ditebang.

Taksonomi kelapa sawit, secara ilmiah dikenal dengan nama *Elaeis guineensis*, termasuk dalam keluarga *Arecaceae* (suku palmae). Berikut adalah detail taksonomi kelapa sawit:

- Kerajaan: *Plantae* (Tumbuhan)
- Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
- Kelas: *Liliopsida* (Monokotil)
- Ordo: *Arecales* (Palmae)
- Famili: *Arecaceae* (Palmae)
- Genus: *Elaeis*
- Spesies: *Elaeis guineensis*

## 2.2 Limbah Pelepah Sawit



Gambar 1. Limbah Pelepah Sawit

Limbah pelepah sawit mengandung serat kasar yang tinggi serta sejumlah nutrisi seperti karbohidrat, protein rendah, dan mineral tertentu. Namun, kadar nutrisi ini bervariasi tergantung pada usia pelepah dan metode pengolahan.

Pelepah sawit merupakan salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas penanganan dan pemeliharaan perkebunan kelapa sawit. Limbah ini biasanya terdiri dari bahan organik yang dapat diurai dan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya alternatif. Beberapa petani di Indonesia juga mulai mengolah pelepah sawit sebagai pakan tambahan untuk ternak mereka, meskipun penggunaan ini masih terbatas (Anggara, 2019).

Pelepah sawit kaya akan serat kasar, yang dapat bervariasi antara 38-54% dari berat kering pelepah. Serat kasar ini terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang penting untuk pencernaan hewan ternak. Pelepah sawit mengandung karbohidrat kompleks, yang meliputi sebagian besar nutrisi yang diperlukan hewan ternak untuk pertumbuhan dan energi. Meskipun pelepah sawit mengandung protein, kandungannya relatif rendah, berkisar antara 2-8% dari berat kering. Oleh karena itu, sumber protein tambahan biasanya diperlukan dalam diet ternak untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mereka. Pelepah sawit mengandung sejumlah kecil lemak dan minyak, yang dapat memberikan tambahan energi

dalam diet ternak. Pelepah sawit mengandung sejumlah mineral penting seperti kalsium, fosfor, dan kalium. Namun, kadar mineral ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi tumbuh dan metode pengolahan pelepah sawit (Utomo, 2020). Maka saran untuk pakan ternak alternatif dengan mengolah limbah pelepah sawit.

Limbah pelepah kelapa sawit yang telah dicacah memiliki potensi pemanfaatan yang lebih luas karena ukuran partikel yang lebih kecil memudahkan proses pengeringan, pencampuran, maupun penguraian biologis. Proses pencacahan mampu meningkatkan nilai guna limbah dengan mempercepat laju dekomposisi dan memperbesar permukaan kontak bahan terhadap mikroorganisme (Siregar dkk., 2022). Cacahan pelepah sawit sering dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak ruminansia seperti sapi dan kambing setelah melalui proses fermentasi atau penambahan bahan aditif untuk meningkatkan pencernaan seratnya (Rahman dkk., 2023). Selain itu, hasil cacahan pelepah sawit dapat dijadikan bahan baku kompos atau pupuk organik padat, karena ukuran yang kecil mempercepat proses pengomposan dan memperbaiki aerasi bahan (Daryono, 2022). Dalam konteks energi, cacahan pelepah sawit juga berpotensi diolah menjadi bahan bakar padat seperti briket atau biopellet, karena bentuk serpihan halusanya mempermudah proses pencampuran dengan perekat dan pembentukan briket (Yusuf dkk., 2023).

Di bidang rekayasa pertanian, pelepah sawit yang dicacah digunakan sebagai bahan baku mesin chopper serbaguna untuk menghasilkan pakan hijauan silase serta bahan media tanam alternatif pada budidaya jamur atau hortikultura (Mardiana dkk., 2024). Dengan demikian, proses pencacahan menjadi tahap penting dalam meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan nilai ekonomi pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit.

### **2.3 Mesin Pencacah (*Chopper*)**

Mesin pencacah limbah pertanian atau chopper serbaguna adalah suatu alat yang berfungsi untuk mencacah rumput untuk di jadikan kompos, limbah pertanian atau rumput dan daun-daun, mesin ini bermanfaat untuk membantu kinerja petani dan lebih menghematkan tenaga petani (Santoso *et al.*, 2021).

Limbah pertanian atau rumput yang akan dicacah terlebih dahulu dimasukan melalui lubang pemasukan kemudian dicacah dalam ruang pencacah, sehingga bahan yang dicacah akan keluar berupa potongan-potongan hasil cacahan. Pada mesin pencacah limbah pertanian memiliki berbagai macam komponen mesin (Mulyadi, 2019). Salah satu contoh dari komponen mesin pencacah limbah pertanian yaitu komponen penyalur daya yang berfungsi sebagai penyalur daya gerak dari motor penggerak ke mesin pencacah sehingga mesin tersebut dapat beroperasi atau berkerja (Ma et al., 2014).

Mesin chopper pada dasarnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu chopper biasa dan chopper serbaguna. Chopper biasa memiliki konstruksi sederhana, efisien untuk satu jenis bahan tertentu seperti rumput atau pelepah sawit, serta biaya perawatannya relatif rendah, namun kurang fleksibel apabila digunakan pada bahan yang berbeda. Sebaliknya, chopper serbaguna dirancang dengan konstruksi lebih kompleks, dilengkapi pisau yang kuat dan hopper yang lebih adaptif sehingga mampu mencacah berbagai jenis bahan, mulai dari hijauan hingga limbah organik.

### **2.3.1 Mekanisme Kerja Mesin *Chopper***

Mesin chopper yang digunakan memiliki mekanisme kerja untuk dapat menggunakannya. Dalam penggunaannya ada beberapa mekanisme yang harus diketahui yaitu :

- 1) Menghidupkan penggerak atau mesin chopper
- 2) Selanjutnya memasukan bahan baku seperti pelepah sawit atau limbah pertanian lainnya ke dalam corong input mesin chopper
- 3) Kemudian limbah pertanian dicacah dengan pisau yang berada di dalam tabung mesin
- 4) Setelah limbah pertanian dicacah menjadi ukuran yang kecil, selanjutnya hasil cacahan diarahkan ke bagian corong output mesin
- 5) Selanjutnya menyediakan tempat penampung hasil cacahan pada corong pengeluaran mesin supaya hasil output mesin chopper mudah di ambil

### 2.3.2 Komponen Mesin *Chopper*

Adapun komponen mesin chopper sebagai berikut:

#### A. Mesin *Chopper*



Gambar 2. Motor Bakar

Alat ini merupakan mesin serbaguna untuk perajang hijauan atau rumput yang berbatang. Pencacahan ini dimaksudkan untuk mempermudah peternak dalam memberikan makanan pada ternak dan memperirrit rumput. Mesin pencacah serbaguna ini menggunakan motor bakar sebagai sumber tenaga penggerak. Mesin ini mempunyai sistem transmisi tunggal yang berupa sepasang *pulley* dengan perantara *v-belt*. Saat motor listrik dinyalakan, putaran motor listrik akan langsung ditransmisikan ke *pulley* 1 yang dipasang seporos dengan motor bakar. Dari *pulley* 1, putaran akan ditransmisikan ke *pulley* 2 melalui perantara *v-belt*, kemudian *pulley* 2 berputar, poros yang 9 berhubungan dengan *pulley* akan berputar sekaligus memutar pisau perajang. Hal tersebut disebabkan pisau perajang dipasang seporos dengan *pulley* 2. Meski terkesan memiliki fungsi yang sederhana, tetapi mesin berperan cukup besar dalam proses pencacahan. Mesin pencacah serbaguna ini memiliki beberapa bagian utama, seperti motor penggerak, poros, casing, sistem transmisi, dan pisau perajang.

#### B. Kerangka Alat



Gambar 3. Kerangka Alat

Merupakan salah satu komponen atau bagian dari mesin pencacah yang berfungsi untuk tempat menempelnya komponen lainnya misalnya mesin penggerak, ruang pencacah (*crusher*). Semua menempel pada rangka ini. Untuk rangka kami sering membuatnya dari bahan besi UNP , misalnya UNP 50, 65, 80, 100. tergantung besar kecilnya mesin.

#### C. *Pulley dan Van Belt*



Gambar 4. *Pulley dan Van Belt*

*Pulley* ini berfungsi sebagai penerus daya dari mesin penggerak ke rotor, biasanya pada *pulley* terdapat slot yang berfungsi sebagai tempatnya *van belt*, jadi antara *pulley* mesin penggerak dengan *pulley* rotor dihubungkan menggunakan *van belt*. *Pulley* biasanya terbuat dari besi cor, dan ada juga yang terbuat dari pipa besi yang di bubut.

#### D. Hoper (*Input*)



Gambar 5. Corong Masukan Material

Hoper atau kalau kata konvensional-nya disebut corong, berfungsi untuk mengarahkan material agar tepat masuk ke dalam ruang pencacahan untuk di cacah. Material yang sudah di cacah menggunakan pisau kemudian akan keluar melalui output.

#### E. Hoper (*Output*)



Gambar 6. Corong Keluar Material

Hopper output pada mesin chopper serbaguna berfungsi sebagai saluran keluarnya hasil cacahan setelah bahan mengalami proses pemotongan di dalam ruang pencacah.

## 2.4 Teknologi dan Desain Chopper

Teknologi yang diterapkan pada *chopper* serbaguna terus berkembang seiring dengan kebutuhan pengguna dan inovasi dalam bidang teknik pertanian. Desain alat ini biasanya mencakup komponen-komponen seperti pisau pemotong, motor penggerak, dan wadah penampung hasil cacahan. Pisau pemotong yang tajam dan tahan lama sangat penting untuk memastikan efisiensi pemotongan dan hasil yang konsisten (Chen et al., 2020).

Inovasi terbaru dalam desain *chopper* melibatkan penggunaan material yang lebih ringan namun kuat, serta system control otomatis yang dapat meningkatkan akurasi dan keselamatan penggunaan. Beberapa model juga dilengkapi dengan fitur-fitur tambahan seperti pengaturan kecepatan dan ukuran hasil cacahan yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan (Zhang et al., 2022).

## **2.5 Kecepatan Putaran RPM (*Revolution Per Minute*)**

*Rotation Per Minute* (RPM) adalah satuan dari putaran mesin. Kecepatan putaran mesin dapat mempengaruhi daya spesifik yang akan dihasilkan. Putaran poros engkol yang tinggi dapat menghasilkan frekuensi putar yang tinggi, berarti lebih banyak langkah yang terjadi yang dilakukan oleh torak (Hakim, 2016). Putaran mesin merupakan kecepatan putaran poros engkol yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar.

Kecepatan putar RPM (*Rotation Per Minute*) berpengaruh terhadap ukuran partikel dan kehalusan. Semakin besar RPM (*Rotation Per Minute*), maka mesin berputar semakin cepat atau semakin kecil RPM (*Rotation Per Minute*) maka mesin berputar semakin (Kharisma et al., 2014).



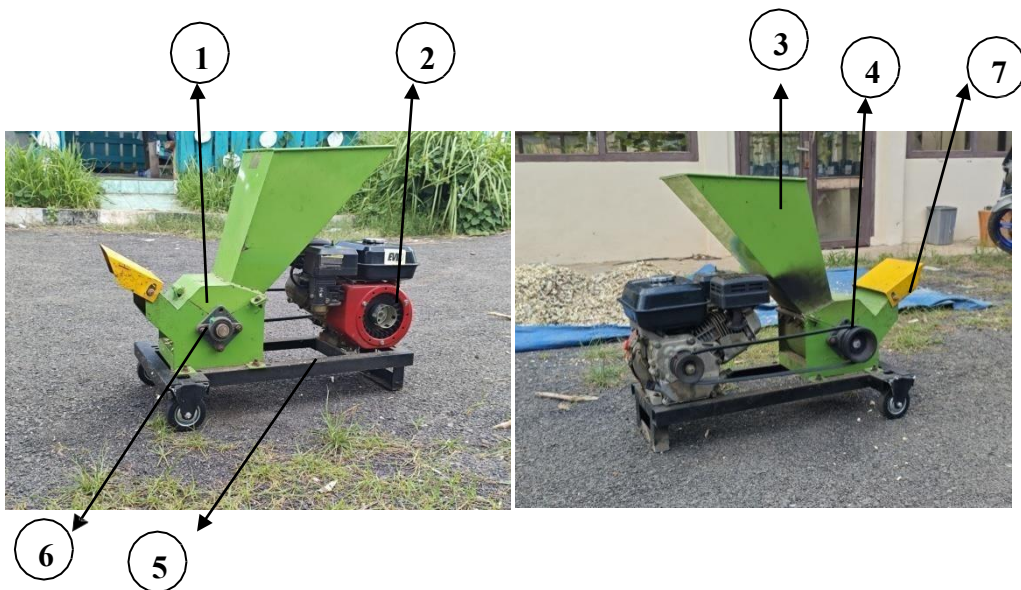
### III. METODOLOGI

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2025 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (LDAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pemilihan waktu dan tempat ini didasarkan pada ketersediaan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk melakukan uji kinerja alat *Chopper* serbaguna.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah mesin pencacah, stopwatch, tachometer, gelas ukur, timbangan, karung plastik, dan penggaris. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis biomassa pelepah sawit, bensin dan oli.



Gambar 7. Mesin Chopper

Keterangan :

1. Tabung Perajang
2. Motor Bakar
3. *Hopper Input*
4. *Pulley & V-belt*
5. Kerangka
6. Bearing
7. *Hopper Output*

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Chopper Serbaguna

Bagian	Keterangan
Mesin (HP/RPM)	6,5/3600
Kapasitas Oli Mesin (L)	0,6
Kapasitas Tangki (L)	3,6
Tabung Pencacah	Besi Plat
Kerangka Mesin	Besi Siku

### 3.3 Metodologi Penelitian

Adapun tahapan penelitian uji kinerja mesin pencacah meliputi ;

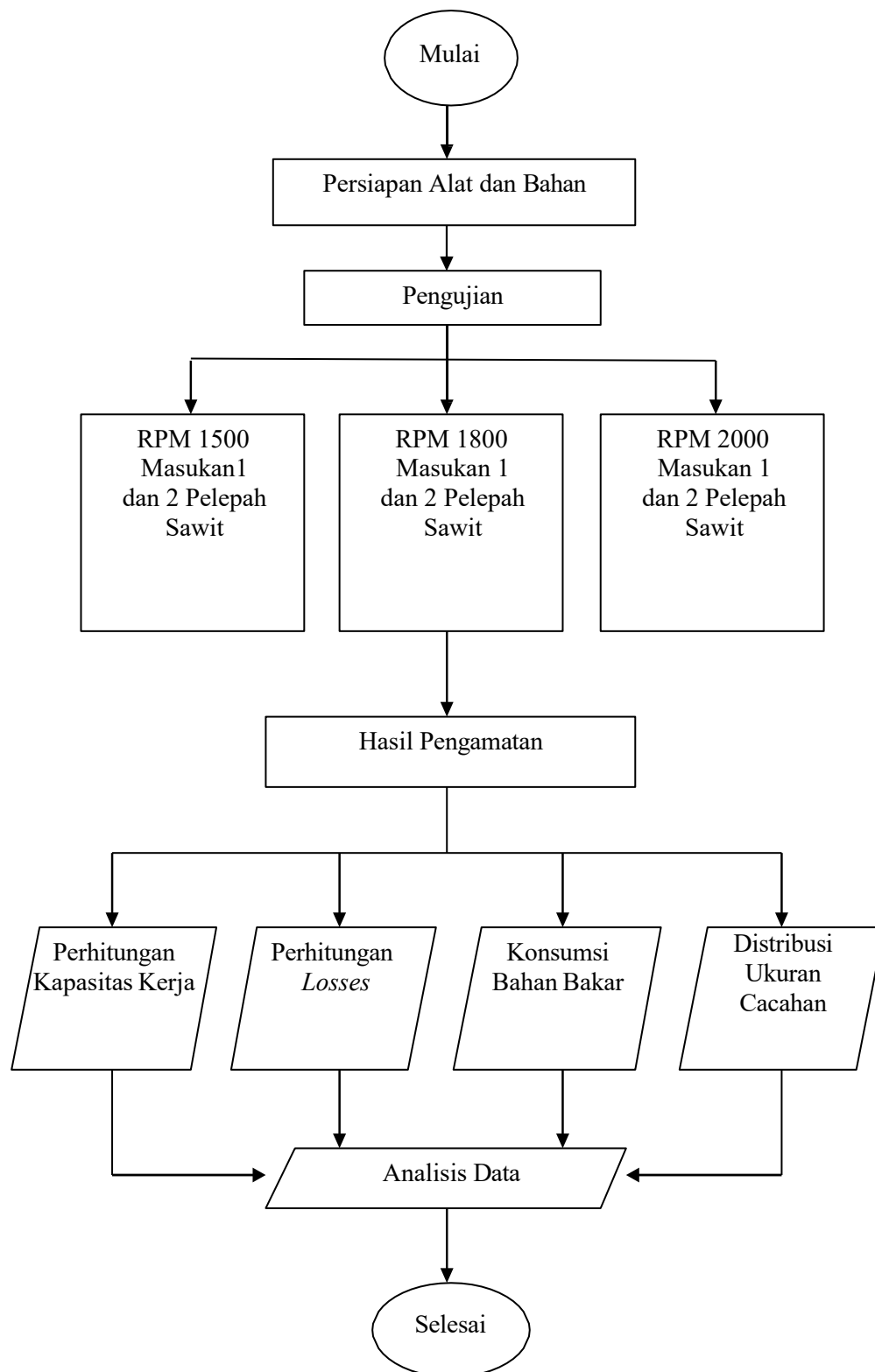
1. Pengumpulan biomassa pelepah sawit
2. Menyiapkan mesin chopper pencacah serbaguna
3. Mencacah biomassa dengan beberapa variasi kecepatan:
  1. 1500 RPM
  2. 1800 RPM
  3. 2000 RPM

Masing-masing kecepatan dilakukan 3 kali ulangan.

Tabel 2. Tabulasi Data Chopper Serbaguna

RPM	Jumlah Masukan batang (M)	Ulangan	Kapasita s kerja (kg/jam)	BBM Terpakai	Susut Bobot (%)	Keseraga- man Cacahan (%)
R1	M1	1				
		2				
		3				
	M2	1				
		2				
		3				
	M1	1				
		2				
		3				
R2	M2	1				
		2				
		3				
	M1	1				
		2				
		3				
	M2	1				
		2				
		3				
R3	M2	1				
		2				
		3				

### 3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 8. Diagram Alir

### 3.5 Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu kapasitas kerja (ka), konsumsi bahan bakar (Fc), bahan terbuang (Bt), dan Distribusi ukuran cacahan (ks).

#### 3.5.1 Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja dapat dihitung dengan cara menghitung perbandingan berat hasil cacahan dengan waktu. Berat hasil cacahan yang telah ditimbang kemudian dibagi dengan waktu proses pencacahan yaitu selama 10 menit. Kapasitas pencacahan dihitung menggunakan persamaan 1.

$$K_a = \frac{B_K}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Ka = Kapasitas pencacahan (Kg/Jam)

BK= Berat hasil pencacahan (Kg)

t = Waktu pencacahan selama 1 jam (Fadli, 2015).

#### 3.5.2 Bahan Terbuang (*Losses*)

Susut bobot merupakan perbandingan berat akhir (berat hasil cacahan biomassa yang dihasilkan) dengan berat awal (berat biomassa yang digunakan) dikalikan 100% (Prastya et al., 2015). Susut bobot dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{Losses} = \frac{i-o}{o} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

BI= Bahan Input

BO= Bahan Output

#### 3.5.3 Konsumsi Bahan Bakar

Menghitung konsumsi bahan bakar adalah dengan cara menghitung volume bahan bakar yang terpakai kemudian dibagi dengan lama waktu mesin pencacah digunakan. Konsumsi bahan bakar yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan gelas ukur yang diisi hingga batas maksimal sebelum mesin digunakan untuk mencacah. Konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$K_b = \frac{v_b}{t} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$K_b$  = Konsumsi bahan bakar (liter/menit)

$V_b$  = Volume bahan bakar terpakai (liter)

$t$  = Waktu beroperasi mesin (menit).

#### 3.5.4 Distribusi ukuran cacahan

Distribusi ukuran cacahan ini merupakan ukuran hasil cacahan perajangan berdasarkan dari ukuran cacahannya. Distribusi ukuran cacahan ini dibedakan menjadi 4 jenis halus, sedang, kasar, dan sangat kasar, penentuan ini dilakukan dengan cara pengayakan pada bahan yang telah dicacah kemudian hasil pengayakan ditimbang dan dihitung presentase hasil pengayakan dengan bobot hasil cacahan. Pengayakan ini dibedakan menjadi 4 jenis ayakan yang terbagi dengan ukuran 0 – 0,2 cm (halus), 0,2 – < 0,5 cm (sedang), 0,5 - < 1 cm (kasar), dan > 1 cm (sangat kasar).

#### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode statistik dan anova dilanjutkan uji bnt dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik. Penyajian ini bertujuan untuk mempermudah pembaca dalam memahami hasil penelitian terkait pengembangan alat chopper serbaguna dalam memperkecil ukuran pelepah sawit.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh Putaran Mesin: Peningkatan putaran mesin (RPM) secara signifikan berpengaruh terhadap seluruh parameter kinerja mesin, yaitu kapasitas kerja, *losses* (bahan terbuang), konsumsi bahan bakar, dan distribusi ukuran cacahan.
2. Kondisi Kinerja Optimal: Kinerja mesin *chopper* serbaguna mencapai kondisi terbaik pada kombinasi perlakuan putaran mesin tertinggi 2000 rpm dengan jumlah masukan dua batang pelepah sawit.
3. Parameter Kinerja Terbaik (2000 rpm dan 2 Masukan):
  - Kapasitas Kerja Tertinggi: Mencapai 94,8 kg/jam.
  - *Losses* Terendah: Mencapai 4,58%
  - Distribusi Ukuran Cacahan Dominan: Menghasilkan distribusi ukuran cacahan tertinggi pada ukuran sedang (0,2–<0,5 cm) sebesar 44,86%.
4. Konsumsi Bahan Bakar: Konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin (mencapai 1136 ml pada kondisi terbaik) tetapi masih berada dalam kategori yang efisien untuk operasi di lapangan.
5. Pemanfaatan Hasil Cacahan: Hasil cacahan pelepah sawit dari mesin *chopper* serbaguna ini dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan baku briket, maupun sumber energi alternatif atau kompos organik. Pemanfaatan ini berpotensi mengurangi limbah pelepah sawit sekaligus meningkatkan nilai ekonominya.

## 5.2 Saran

- 1.) Mesin chopper sebaiknya dioperasikan pada kecepatan putaran tinggi (RPM 2000) dengan jumlah masukan dua pelepah sawit, karena kombinasi ini terbukti memberikan kapasitas kerja optimal, losses tidak ada pengaruh signifikan serta hasil cacahan yang seragam.
- 2.) Hasil cacahan pelepah sawit dari mesin chopper serbaguna dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, bahan baku briket, serta kompos organik. Pemanfaatan ini dapat mengurangi limbah pelepah sawit sekaligus meningkatkan nilai ekonominya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andasuryani, (2009). Membangun Mesin Pencacah Rumput Gajah Untuk Peningkatan Konsumsi Pakan Ternak Sapi. Artikel Ilmiah Pelaksanaan Program Pengabdian Tahun 2009.
- Anggara, S. (2019). Potensi Pelepah Sawit Sebagai Pakan Ternak di Indonesia: Tinjauan Awal. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 15(2), 87-95.
- Budisuari, halaman 2-3 [www.halamansatu.net], 2007(Diakses tanggal 12-05-(2018)
- Chen, L., Zhang, X., & Li, Y. (2020). *Design Innovations in Mini Choppers*. *Agricultural Engineering Journal*, 25(3), 121-134.
- Daryono. (2022). *Pemanfaatan pelepah dan daun kelapa sawit sebagai bahan baku kompos organik*. *Jurnal Hutan Tropis*, Universitas Lambung Mangkurat.
- Guntoro, S. (2008). *Membuat Pakan Ternak dari Limbah Perkebunan*. AgroMedia. Jakarta.
- Hakim, M. . (2016). *Perancangan Kecepatan Pisau Potong Ikan Sardin Berbasis machinery* ). *Enjiniring Pertanian*, IV (2).
- Haryanti A, Norsamsi, Putri SFS, Novy PP. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*. 3(2): 20 – 29.
- Jones, A., & Brown, B. (2015). Growth Characteristics of Oil Palm. *Journal of Tropical Agriculture*, 42(2), 87-94.
- Juwito, A. F., Pramonohadi, S. & Haryono, T., (2012). Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya. *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, 15(1), pp. 22-34.
- Kharisma, N., Waluyo, S., & Tamrin. (2014). Pengaruh perbedaan kecepatan putar (RPM) Discmill terhadap keseragaman ukuran butiran gula semut. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(3), 223–232.

- Lestari, N. I., Anrabel, R., Kristanti, B. A., Qurniyati, L., Istianah, L., Nainggolan, D., Maulani, R., & Chandra, M. W. (2022). Pemanfaatan Pelepah Sawit Menjadi Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif di Desa Rotan Mulya, Sumatra Selatan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Buguh*.
- Ma, S., Scharf, P. A., Karkee, M., & Zhang, Q. (2014). Performance evaluation of a chopper harvester in Hawaii sugarcane fields. *2014 Montreal, Quebec Canada July 13–July 16, 2014*, 1.
- Mardiana, R., Syahputra, A., & Nuraini, D. (2024). *Pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai media tanam alternatif jamur tiram putih (Pleurotus ostreatus)*. Prosiding Semnastek Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Mulyadi, M. (2019). *Modifikasi Mesin Pencacah Rumput Bede Dan Rumput Gajah Dengan Mata Pisau Berbentuk Segitiga Untuk Pakan Ternak Di Desa Pernek*. Universitas Teknologi Sumbawa.
- Pijar, M. (2022). Uji Kinerja Mesin Pencacah Dan Penepung Pada Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Prastya, O. A., Utama, I. M. S., & Yulianti, N. L. (2015). Pengaruh pelapisan emulsi minyak wijen dan minyak serih terhadap mutu dan masa simpan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 3(1).
- Rahmawati, N., Hasan, M., & Fadilah, R. (2023). *Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit untuk produk kerajinan masyarakat sekitar perkebunan*. Jurnal Pengabdian Masyarakat (JPM).
- Ridaldy, F. (2024). *Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku papan partikel dan komposit selulosa*. Jurnal Rekayasa Material, Universitas Islam Riau.
- Robbins, S. P. (2006). Perilaku organisasi, edisi bahasa indonesia. Jakarta: PT. Indeks Kelompok Gramedia.
- Santoso, D., Waris, A., Apriliansyah, A., Sirait, S., & Murtilaksono, A. (2021). Desain Dan Uji Kinerja Mata Pisau Modifikasi Pada Mesin Pencacah Limbah Pertanian. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(2), 205– 214.
- Smith, J. (2010). The History of Oil Palm Cultivation in Indonesia. Jakarta: Pustaka Utama.
- Yusuf, A., Putra, D., & Hidayat, S. (2023). *Pembuatan briket arang dari pelepah kelapa sawit sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan*. Jurnal Buguh, Universitas Lampung.