

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN
PENCACAH PELEPAH KELAPA SAWIT (*CHOPPER*) TIPE TEP-1**

(Skripsi)

Oleh

M. ANDRIAN SONI RALA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENCACAH PELEPAH KELAPA SAWIT (*CHOPPER*) TIPE TEP-1

Oleh

M. Andrian Soni Rala

Pelepah daun kelapa sawit mengandung 6,50% protein kasar, 32,55% serat kasar, 4,47% lemak kasar, 93,4% bahan kering dan 56,00% TDN. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kandungan protein kasar pelepah daun kelapa sawit cukup rendah yaitu sebesar 6,5 % dengan serat kasar yang cukup tinggi sebesar 32,55%, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan juga sebagai pakan ternak. Kendala utama dalam pemanfaatan pelepah kelapa sawit adalah sifat fisiknya yang keras sehingga tidak bisa langsung dimanfaatkan untuk pakan ternak. Diperlukan teknologi pengolahan pelepah kelapa sawit agar bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak, salah satunya dengan teknologi cacahan (*chopping*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan putar terbaik pada mesin pencacah (*chopper*) tipe TEP-1 terhadap kapasitas kerja, susut bobot, keberagaman cacahan, dan konsumsi bahan bakar.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus 2017 di desa Batuliman Indah, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin pencacah (*chopper*) tipe TEP-1,

stopwatch, *tachometer*, timbangan, karung, penggaris, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah limbah pelepah kelapa sawit dengan panjang seragam 5 meter dan bahan bakar solar.

Dari hasil penelitian kecepatan putar berpengaruh terhadap seluruh parameter. Kecepatan putar terbaik terhadap kapasitas kerja, susut bobot, dan keberagaman cacahan adalah 1200 RPM sampai 1600 RPM, sedangkan pada konsumsi bahan bakar kecepatan putar terbaik adalah 1200 RPM, karena konsumsi yang lebih sedikit namun hasil kinerja sama dengan 1600 RPM. Persentase hasil cacahan yang dapat digunakan langsung sebagai ternak adalah 37% - 44%. Penelitian ini menganjurkan penggunaan kecepatan putar antara 1200 RPM sampai 1600 RPM.

Kata kunci : pelepah kelapa sawit, mesin pencacah (chopper), kecepatan putar, pakan

ABSTRACT

EFFECT OF SPEED ROTATION TO THE PERFORMANCE OF PALM OIL FROND CHOPPER MACHINE TYPE TEP-1

By

M. Andrian Soni Rala

The palm oil frond contains 6.50% crude protein, 32.55% crude fiber, 4.47% crude fat, 93.4% dry matter and 56.00% TDN. The result of analysis shows that the crude protein content of palm leaf midrib is quite low at 6.5% with a high crude fiber of 32.55%, which can potentially be used as animal feed. The main obstacle in the utilization of oil palm buckling is its hard physical properties so it can not be directly utilized for animal feed. Processing technology required palm oil to be used for animal feed, one of them with chopping technology (chopping). The aim of this research is to know the best rotation speed on TEP-1 type chopper machine to work capacity, losses, chopped diversity, and fuel consumption.

This research was conducted in July - August 2017 in Batuliman Indah village, Candipuro district, South Lampung regency. The tool used in this research is TEP-1 type chopper machine, stopwatch, tachometer, scales, sack, ruler, and stationery. The material used is palm oil stem waste with a uniform length of 5 meters and diesel fuel.

The result of research, rotation speed is influence all parameters. The best rotation speed to work capacity, losses, and chopped diversity is 1200 RPM to 1600 RPM, while the best rotation fuel consumption is 1200 RPM, due to less consumption but performance results same as 1600 RPM. The percentage of chopping that can be used directly as livestock is 37% - 44%. This study recommends the use of rotational speed between 1200 RPM to 1600 RPM.

Keywords : palm oil frond, chopper machine, speed of rotation, feed

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN
PENCACAH PELEPAH KELAPA SAWIT (*CHOPPER*) TIPE TEP-1**

Oleh

M. ANDRIAN SONI RALA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH KECEPATAN PUTAR (RPM)
TERHADAP UNJUK KERJA MESIN
PENCACAH PELEPAH KELAPA SAWIT
(CHOPPER) TIPE TEP-1**

Nama Mahasiswa : **M. Andrian Soni Rala**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1214071046

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian



Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.
NIP 19700703 199802 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

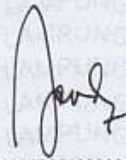
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



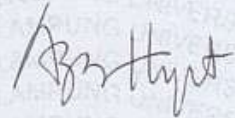
Sekretaris

: Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing **: Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Januari 2018

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah M. Andrian Soni Rala NPM 1214071046 Dengan ini menyatakan bahwa apa yang saya tulis dalam karya tulis ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing, 1) **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.** dan 2) **Dr. Siti Suharyatun, S.TP., 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 (jurnal, buku, internet, 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 ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung,
Yang membuat pernyataan



M. Andrian Soni Rala
NPM 1214071046

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Menggala, pada tanggal 08 juni 1994, sebagai anak pertama dari pasangan Ir. Syofuan Akif Rala dan Nirmala Sari,S.pd.

Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak di R.A Islamiyah Menggala dan lulus pada tahun 2000.

Pendidikan dilanjutkan di SD Negeri Lebu Dalam

Menggala pada tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 01 Menggala pada tahun 2009 dan sekolah menengah atas diselesaikan di SMA Negeri 01 Menggala pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur ujian masuk mandiri.

Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Praktik Umum di PTPN VIII Kebun Gedeh Cianjur Jawa Barat dengan judul “Mekanisme dan prinsip kerja proses penggilingan teh hitam” selama 30 hari mulai tanggal 27 Juli 2016 sampai tanggal 27 Agustus 2016. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Lebu Dalam, Kec. Menggala Timur, Kab. Tulang Bawang, selama 60 hari mulai tanggal 18 Januari 2016 sampai dengan 17 Maret 2016.

*Kupersembahkan Karya kecil ini untuk
Bapak, Ibu dan Adikku tercinta, serta
untuk Almamaterku*

SANWACANA

Assalamualaikum Wr Wb,

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pencacah Pelepah Kelapa Sawit (Chopper) Tipe Tep-1*” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya kuliah dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak, Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan motivasi, bimbingan, kritik, dan saran selama proses penelitian dan penulisan skripsi;
2. Ibu, Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.SI., selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi, dan memberikan saran dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak, Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Dosen Pembahas dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan, saran, dan kritik yang membangun.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

5. Kedua Orangtuaku yang tak henti-hentinya mendoakanku dan menjadi tempat untuk menuangkan segala emosi, kalian adalah inspirasi dan motivasi terbesarku.
6. Adikku tersayang Annisa Ayu Sonia Rala atas Kebersamaan, dukungan, doa, kasih sayang, dan perhatianmu padaku, semoga engkau selalu jadi yang terbaik.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah berbagi ilmu dan pengalaman selama perkuliahan
8. Teman-teman seperjuanganku Teknik Pertanian 2012 atas kekompakan, kebersamaan dan kekeluargaannya didalam dan diluar kampus hijau tercinta.
9. Keluarga besar United Indonesia Chapter Lampung (UICL) atas dukungan dan semangat yang diberikan.
10. Keluarga besar Petualang Alam (PETALA) yang banyak mengajarkan kebersamaan, kesederhaan, keberanian dan daya juang tinggi dalam menjalani kehidupan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Januari 2018

Penulis

M. Andrian Soni Rala

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kelapa Sawit.....	4
2.2 Limbah Kelapa Sawit	5
2.3 Pelepah Kelapa Sawit	8
2.4 Pencacahan (<i>Chopping</i>).....	9
2.5 Mesin Pencacah (<i>Chopper</i>)	10
2.6 Kecepatan Putaran RPM (<i>Rotation Per Minute</i>)	11
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13

3.3 Mesin Pencacah Tipe TEP-1	13
3.3.1 <i>Hopper</i>	15
3.3.2 Tabung Pencacah	16
3.3.3 Pisau	16
3.3.4 <i>Pulley</i>	18
3.3.5 Tangki Bahan Bakar.....	18
3.3.6 Motor Penggerak	19
3.3.7 <i>Exhaust</i>	19
3.4 Metode Penelitian	20
3.5 Tahapan Penelitian	22
3.6 Parameter Pengamatan	23
3.6.1 Waktu Kerja Pencacahan (t).....	23
3.6.2 Kapasitas Kerja (ka).....	23
3.6.3 Susut bobot (sb)	23
3.6.4 Keberagaman Cacahan (kc)	24
3.6.5 Konsumsi Bahan Bakar.....	24
3.7 Analisis Data.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Pelaksanaan Penelitian	26
4.2 Waktu Kerja Pencacahan.....	28
4.3 Kapasitas Kerja.....	30
4.4 Susut Bobot.....	33
4.5 Keberagaman Cacahan	36
4.6 Konsumsi Bahan Bakar	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Gizi Pelepah Kelapa Sawit	9
2. Spesifikasi Mesin Pencacah (chopper) Tipe TEP-1	14
3. Tabulasi data	21
4. Data Waktu Kerja Pencacahan	28
5. Analisis Sidik Ragam Waktu Pencacahan	29
6. Hasil Uji BNT	29
7. Data Kapasitas Kerja	31
8. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Kapasitas	32
9. Hasil Uji BNT	32
10. Data Susut Bobot	34
11. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Susut Bobot...	34
12. Hasil Uji BNT	35
13. Data Keberagaman Cacahan	36
14. Analisis Sidik Ragam Hasil cacahan <1 cm	38
15. Hasil Uji BNT	38
16. Analisis Sidik Ragam Hasil cacahan $1\text{cm} < x < 2,5\text{cm}$	39
17. Analisis Sidik Ragam Hasil cacahan $2,5\text{cm} < x < 5\text{cm}$	39
18. Hasil Uji BNT	39

19. Analisis Sidik Ragam Hasil Cacahan >5 cm	40
20. Uji BNT.....	40
21. Persentase cacahan pelepah sawit untuk pakan ternak	41
22. Analisis sidik ragam persentase cacahan untuk pakan ternak.....	41
23. Hasil Uji BNT	41
24. Konsumsi Bahan Bakar.....	43
25. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar	43
26. Uji BNT.....	44
27. Analisis RPM terhadap Waktu kerja Pencacahan.....	51
28. Analisis RPM terhadap Kapasitas Kerja	52
29. Analisis RPM terhadap Susut Bobot.....	53
30. Analisis Statistik RPM terhadap Hasil Cacahan <1 cm.....	54
31. Analisis Statistik RPM terhadap Hasil Cacahan $1\text{cm} < x < 2,5\text{cm}$	55
32. Analisis Statistik RPM terhadap Hasil Cacahan $2,5\text{cm} < x < 5\text{cm}$	56
33. Analisis Statistik RPM terhadap Hasil Cacahan >5 cm	57
34. Analisis Statistik RPM terhadap Konsumsi Bahan Bakar	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kebun Kelapa Sawit.....	4
2. Limbah Cair Kelapa Sawit	6
3. Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	7
4. Cangkang Kelapa Sawit	7
5. Serabut Kelapa Sawit	7
6. Pelepah Kelapa Sawit Utuh.....	8
7. Mesin Pencacah.....	11
8. Bagian utuh Mesin pencacah pelepah kelapa sawit (Chopper) Tipe TEP-1 ...	15
9. Hopper.....	15
10. Tabung pencacah.....	16
11. Pisau Pencacah	17
12. Pisau Penghalus.....	17
13. Pulley dan V-Belt.....	18
14. Tangki Bahan Bakar.....	19
15. Motor Penggerak	19
16. Exhaust.....	20
17. Diagram Alir Penelitian	22
18. Pelepah Sebelum Dipotong	26
19. Pelepah Setelah Dipotong	27

20. Pencacahan Kelapa Sawit Dilakukan Oleh Satu Orang Operator.....	27
21. Waktu kerja pencacahan	29
22. Kapasitas kerja per jam	31
23. Susut bobot dari mesin pencacah (chopper) tipe TEP-1	34
24. Persentase Keberagaman Cacahan.....	37
25. Persentase cacahan pelepah sawit untuk pakan ternak	41
26. Konsumsi Bahan Bakar Mesin Pencacah.....	43
27. Pengukuran panjang pelepah.....	59
28. Pemotongan pelepah	59
29. Pengukuran kecepatan putar	59
30. Pencacahan pelepah	60
31. Hasil cacahan	60
32. Mengukur berat hasil cacahan menggunakan timbangan	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai produsen minyak sawit dunia. Kondisi geografis Indonesia yang subur dengan panas matahari yang cukup dan curah hujan cukup tinggi sangat cocok untuk tanaman kelapa sawit. Hal ini membuat perkembangan lahan perkebunan sawit di Indonesia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya (Hermawan, 2015). Menurut Direktorat Jendral Perkebunan (2015) luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 11.300.370 ha.

Salah satu produk samping tanaman perkebunan sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah perkebunan kelapa sawit. Tanaman perkebunan ini mempunyai potensi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, baik unggas maupun ruminansia. Pelepah merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari tanaman sawit. Limbah ini mengandung bahan kering, protein kasar dan serat kasar yang nilai nutrisinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pakan ternak ruminansia.

Hasil penelitian yang dilakukan Sianipar (2009), pelepah daun kelapa sawit mengandung 6,50% protein kasar, 32,55% serat kasar, 4,47% lemak kasar, 93,4% bahan kering dan 56,00% TDN. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kandungan

protein kasar pelepah daun kelapa sawit cukup rendah yaitu sebesar 6,5 % dengan serat kasar yang cukup tinggi sebesar 32,55%, sehingga berpotensi dapat dimanfaatkan juga sebagai pakan ternak.

Kendala utama dalam pemanfaatan pelepah kelapa sawit adalah sifat fisiknya yang keras sehingga tidak bisa langsung dimanfaatkan untuk pakan ternak. Sehingga diperlukan teknologi pengolahan pelepah kelapa sawit agar bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak, salah satunya dengan teknologi cacahan (*chopping*). *Chopping* atau mencacah adalah teknik merubah tekstur dan ukuran partikel bahan agar konsumsi ternak menjadi lebih efisien. Alat yang dapat digunakan untuk pengolahan tersebut adalah *chopper* atau mesin pencacah. Alat ini berfungsi merubah bentuk lonjoran pelepah sawit menjadi cacahan atau potongan kecil. Dengan bentuk cacahan tersebut limbah pelepah sawit akan lebih mudah untuk dimanfaatkan menjadi bahan pakan ternak (Yusuf dkk,2014).

Mesin pencacah (*Chopper*) telah banyak beredar dipasaran namun masih banyak kekurangan terutama pada ukuran hasil cacahan yang masih terbilang kasar. Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung telah merancang dan membuat alat Mesin pencacah (*Chopper*) Tipe TEP-1 yang digunakan untuk mencacah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku pakan ternak. Mesin pencacah (*Chopper*) Tipe TEP-1 dilengkapi mekanisme pencacah yang efisien dengan menggunakan dua pisau, yaitu pisau pencacah dan pisau penghalus.

Sistem kerja mesin pencacah (*Chopper*) Tipe TEP-1 adalah pisau pencacah memotong bahan dengan berputar vertikal kearah gerak bahan lalu masuk pada pisau penghalus yang bertujuan memperkecil hasil cacahan. Namun perlu

pengujian lanjutan untuk mengetahui kapasitas kerja dan efisiensi dari mesin pencacah pelepah sawit untuk bahan baku pakan ternak. Salah satu parameter yang berkaitan dengan unjuk kerja Mesin pencacah (*Chopper*) Tipe TEP-1 adalah kecepatan putar RPM (*Rotation Per Minute*), yang berpengaruh terhadap tingkat kehalusan hasil cacahan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlunya kajian lebih lanjut dalam penelitian ini tentang tingkat kehalusan cacahan pelepah kelapa sawit (*Chopper*) yang dipengaruhi oleh kecepatan putar RPM (*Rotation Per Minute*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengetahui kecepatan putar mesin pecacah (*chopper*) tipe TEP-1 yang sesuai terhadap kapasitas kerja, susut bobot, dan keberagaman cacahan pelepah kelapa sawit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kecepatan putar terbaik mesin pencacah (*chopper*) tipe TEP-1 terhadap kapasitas kerja, susut bobot, dan keberagaman cacahan pelepah kelapa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1 Memberikan informasi pemanfaatan *Chopper* sebagai penghasil bahan pembuatan pakan ternak berbasis limbah hijauan.
- 2 Menyediakan informasi tentang potensi pemanfaatan limbah pelepah sawit sebagai bahan baku pembuatan pakan ternak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan yang memegang peranan penting bagi perekonomian Indonesia sebagai salah satu penyumbang devisa non-migas yang cukup besar. Kelapa sawit menghasilkan produk olahan yang mempunyai banyak manfaat (Lubis, 2008). Produk minyak kelapa sawit tersebut digunakan untuk industri penghasil minyak goreng, minyak industri, bahan bakar, industri kosmetik dan farmasi.



Gambar 1. Kebun Kelapa Sawit

Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2005 yaitu 4.520.600 ha dan terjadi peningkatan yang cukup besar pada tahun 2010 menjadi 8.430.027 ha. Luas perkebunan kelapa sawit yang besar akan diiringi dengan volume ekspor yang tinggi pula, hal tersebut dikarenakan permintaan dunia akan minyak sawit

terus meningkat sehingga pasaran eksportnya selalu terbuka lebar dan dapat menghasilkan keuntungan yang besar. Volume ekspor CPO pada tahun 2006 sebesar 11.745.954 ton mencapai nilai US\$ 4.139.286.000 dan pada tahun 2009 meningkat menjadi 20.615.958 ton atau senilai US\$ 12.626.595.000 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015).

Pertambahan dan peningkatan areal pertanaman kelapa sawit diiringi pertambahan jumlah industri pengolahannya menyebabkan jumlah limbah yang dihasilkan semakin banyak pula. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah dan bobot limbah pabrik kelapa sawit (PKS) yang harus dibuang semakin bertambah. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, baik kuantitas sumber daya alam, kualitas sumber daya alam, maupun lingkungan hidup. Dampak negatif limbah yang dihasilkan dari suatu industri menuntut pabrik agar dapat mengolah limbah dengan cara terpadu (Naibaho, 1996).

2.2 Limbah Kelapa Sawit

Pemanfaatan limbah menjadi bahan-bahan yang menguntungkan atau mempunyai nilai ekonomi tinggi dilakukan untuk mengurangi dampak negatif bagi lingkungan dan mewujudkan industri yang berwawasan lingkungan. Limbah industri pertanian khususnya industri kelapa sawit mempunyai ciri khas berupa kandungan bahan organik yang tinggi. Kandungan bahan organik tersebut dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan kelapa sawit. Limbah PKS memungkinkan dimanfaatkan pada lahan perkebunan kelapa sawit untuk menghindari pencemaran lingkungan dan mengatasi kebutuhan pupuk. Secara umum limbah kelapa sawit

terbagi atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah Cair (POME) merupakan produk samping dari pengolahan pabrik yang berasal dari proses perebusan (*sterilizer*), pemurnian (*clarifier*), air cucian pabrik, dan air buangan dari proses pemisahan cangkang dan inti sawit (*hydrocyclon*). Limbah yang dihasilkan tersebut dapat dimanfaatkan untuk pupuk organik tetapi harus diolah terlebih dahulu, seperti kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxigen Demand* (COD), *Suspended Solid* (SS), Total Solid (TS) dan kemasaman (pH) sehingga dapat diaplikasikan ke lahan (Susilawati, 2012).



Gambar 2. Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), pelepah, cangkang, serat (serabut) dan, lain-lain yang pada umumnya lebih mudah untuk dikendalikan bahkan dapat dimanfaatkan (Susilawati, 2012).



Gambar 3. Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 4. Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 5. Serabut Kelapa Sawit

2.3 Pelelah Kelapa Sawit

Pelelah merupakan salah satu limbah padat hasil pemanenan kelapa sawit.

Pelelah kelapa sawit meliputi helai daun, setiap helainya mengandung lamina dan midrib, ruas tengah, petiol dan kelopak pelelah. Helai daun berukuran 55 cm hingga 65 cm dan mencakup dengan lebar 2,5 cm hingga 4 cm. Setiap pelelah mempunyai lebih kurang 100 pasang helai daun. Jumlah pelelah yang dihasilkan meningkat 30-40 batang ketika berumur 3-4 tahun (Imsya, 2014).



Gambar 6. Pelelah Kelapa Sawit Utuh

Saat ini banyak teknik pengolahan limbah telah diterapkan guna mengurangi pencemaran lingkungan. Pelelah kelapa sawit merupakan limbah padatan yang saat ini banyak dimanfaatkan, seperti dijadikan pakan alternatif bagi ternak ruminansia sebagai pengganti rumput karena dilihat dari produksinya yang banyak. Kandungan gizi pelelah kelapa sawit cukup tinggi, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Pelepah Kelapa Sawit

Kandungan Gizi	Kadar
Bahan Kering (BK)	21,68%
Abu	4,09%
Protein Kasar (PK)	5,28%
Serat Kasar (SK)	39,85%
Lemak Kasar (LK)	0,61%
BETN	38,31%

(Imsya, 2014).

Penelitian Purba et al. (1997) menunjukkan bahwa pelepah sawit dapat menggantikan rumput sampai 80% tanpa mengurangi laju pertumbuhan bobot badan domba yang sedang tumbuh. Pelepah dapat diberikan dalam bentuk segar atau diproses terlebih dahulu menjadi silase. Penggunaan pelepah sawit dalam bentuk silase pada sapi sebanyak 50% dari total pakan menghasilkan pertumbuhan bobot badan harian berkisar antara 0,62–0,75 kg. Pelepah kelapa sawit dapat digunakan sebagai sumber atau pengganti pakan hijauan. Namun, adanya lidi pada pelepah daun kelapa sawit akan menyulitkan ternak dalam mengkonsumsinya. Masalah tersebut dapat diatasi dengan teknik pencacahan.

2.4 Pencacahan (*Chopping*)

Optimalisasi pemanfaatan pelepah kelapa sawit dapat dilakukan dengan pengecilan ukuran. Pengecilan ukuran dilakukan dengan pencacahan. Sebagian orang memanfaatkan cacahan pelepah kelapa sawit sebagai bahan pembuatan kompos dan juga sebagai pakan ternak. Semua cara yang digunakan untuk memotong partikel zat padat dan dipecahkan menjadi kepingan-kepingan yang lebih kecil dinamakan *size reduction* atau pengecilan ukuran. Penelitian Sugandi (2016) tentang uji kinerja mesin pencacah rumput gajah tipe *reel* menunjukkan bahwa ukuran cacahan silase untuk pakan ternak adalah 1-5 cm sesuai SNI.

Dalam industri pengolahan, zat padat diperkecil dengan berbagai cara yang sesuai dengan tujuannya. Secara umum tujuan dari pencacahan adalah

1. Menghasilkan padatan dengan ukuran maupun spesifik permukaan tertentu,
2. Memecahkan bagian dari mineral atau kristal dari persenyawaan kimia yang terpaut pada padatan (Waruwu, 2016).

Pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai pakan maupun pupuk masih diolah secara tradisonal dalam bentuk pencacahan secara manual, yang membutuhkan waktu yang sangat lama dengan tenaga yang besar. Dengan cara manual didapatkan kapasitas pencacahan 9-10 kg/jam, hal ini berakibat menumpuknya limbah pelepah sawit jika tidak dilakukan pencacahan dengan cepat (Rusadi, 2012). Oleh karena itu dibutuhkan suatu mekanisasi yang berguna mempercepat proses pencacahan, salah satunya dengan menggunakan mesin pencacah.

2.5 Mesin Pencacah (*Chopper*)

Mesin pencacah (*Chopper*) adalah mesin yang berfungsi untuk mempercepat proses pencacahan bahan baku yang akan dijadikan pupuk kompos. Mesin pencacah (*Chopper*) ini diharapkan dapat mengefisiansi waktu agar relative cepat dalam proses pencacahan pelepah kelapa sawit. Dengan memodernisasi peralatan produksi secara tidak langsung dapat meningkatkan efektifitas kerja. Selain berfungsi untuk pencacah pelepah kelapa sawit, mesin pencacah (*chopper*) dapat juga digunakan untuk mencacah berbagai macam bahan baku olahan hijau lainnya (Hidayat dkk, 2006).



Gambar 7. Mesin Pencacah

Menjalankan mesin pencacah pelepah sawit (*Chopper*) ini sangat mudah, maka menyebabkan tidak butuh tenaga kerja yang banyak mengoperasikannya. Cukup hanya satu orang saja sudah dapat menjalankan mesin tersebut. Dalam penghancuran pelepah sawit ini pun aliran material pelepah sawit dari input sampai output harus di atur supaya lancar dengan cara memasukkan material pelepah tidak langsung banyak sekaligus melainkan secara teratur. Karena pada saat pelepah masuk kedalam ruangan penghancuran membutuhkan waktu untuk membuat pelepah sawit menjadi pakan ternak (Robiyansyah, 2016).

Untuk memperoleh daya pada mesin pencacah pelepah sawit dilakukan pengukuran gaya pada puli poros pemotong pelepah dengan menggunakan alat pengukur gaya pada saat poros pemotong dan rumah mesin pemotong pelepah terpenuhi oleh bahan pelepah sawit yang akan dipotong (Robiyansyah, 2016).

2.5 Kecepatan Putaran RPM (*Rotation Per Minute*)

Putaran mesin adalah kecepatan putaran dari poros engkol yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar. Satuan dari putaran mesin adalah *Rotation Per*

Minute (RPM). Kecepatan putaran mesin mempengaruhi daya spesifik yang akan dihasilkan. Putaran mesin yang tinggi dapat mempertinggi frekuensi putarnya, berarti lebih banyak langkah yang terjadi yang dilakukan oleh torak (Hakim, 2015).

Menurut Hermawan dkk (2015) semakin besar nilai kecepatan putaran mesin yang dipakai maka masa pati yang berhasil diekstrak juga semakin besar. 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 lambat (Kharisma, 2014).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus 2017 di desa Batuliman Indah, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin pencacah (*chopper*) tipe TEP-1, *stopwatch*, *tachometer*, timbangan, karung, penggaris, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah limbah pelepah kelapa sawit dengan panjang seragam 5 meter dan bahan bakar solar

3.3 Mesin Pencacah Tipe TEP-1

Mesin pencacah yang digunakan adalah mesin pencacah pelepah kelapa sawit (*Chopper*) Tipe TEP-1 yang dibuat oleh dosen Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung. Mesin pencacah pelepah kelapa sawit ini memiliki beberapa bagian, yaitu *hopper*, tabung pencacah, pisau, *pulley*, tangki bahan bakar, motor penggerak, dan *exhaust*. Mesin pencacah ini juga memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Pencacah (*chopper*) Tipe TEP-1

Komponen	Bagian-Bagian	Keterangan	
Penggerak	Motor Diesel	Merk	Yamaoke
		Daya	16,5 PK
		Jumlah Silinder	1
Alat Pencacah	Dimensi Pencacah	Lebar	80 cm
		Panjang	150 cm
		Tinggi	100 cm
	Material	Rangka	Besi Siku
		<i>Body</i>	Besi Plat
	<i>Hopper</i>	Lebar	9 cm
		Panjang	12 cm
	Pisau Pemotong	Bahan	Besi Baja
		Lebar	4 cm
		Panjang	12 cm
		Jumlah	12
		Tebal	1,5 cm
		Bahan	Besi Baja
	Pisau Pencacah	Lebar	2,5 cm
		Panjang	30 cm
Diameter		20 cm	
Jumlah		3	
Tebal		0,8 cm	
Bahan		Besi Plat	
Saluran <i>Output</i>	Lebar	30 cm	
	Panjang	40 cm	
	Pada Poros Pisau	7 in	
Transmisi	<i>Pulley</i>	Pada Motor	5 in
		<i>V-Belt</i>	B-46



Gambar 8. Bagian utuh Mesin pencacah pelepah kelapa sawit (*Chopper*) Tipe TEP-1

3.3.1 *Hopper*

Hopper merupakan bagian dari mesin yang berfungsi sebagai tempat memasukkan bahan (pelepah sawit). *Hopper* memiliki bentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 12 cm dan lebar 9 cm dan dipasang dengan posisi miring agar bahan lebih mudah untuk dimasukkan. Bagian *hopper* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Hopper*

3.3.2 Tabung Pencacah

Tabung pencacah berfungsi sebagai tempat memotong dan mencacah pelepah kelapa sawit. Di dalam tabung pencacah telah diletakkan pisau pemotong dan pisau penghancur. Ruang tabung pencacah terbuat dari besi plat berbentuk setengah silinder dengan panjang 65 cm dan lebar 25 cm. Pada bagian bawah terhubung dengan lubang keluaran hasil cacahan. Tabung pencacah dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Tabung pencacah

3.3.3 Pisau

Mesin pencacah (*chopper*) Tipe TEP-1 ini memiliki 2 buah pisau, yaitu pisau pencacah dan pisau penghalus. Pisau pencacah berfungsi memotong bahan (pelepah kelapa sawit) utuh menjadi lebih kecil agar mudah untuk proses pencacahan. Pisau ini terletak di bagian depan tabung pencacah atau setelah *hopper*. Pisau pencacah ini memiliki 10 mata pisau dengan panjang masing-masing 12 cm. Pisau ini memiliki posisi vertikal dan tersambung pada poros pemutar pisau.



Gambar 11. Pisau Pencacah

Pisau penghalus berfungsi mencacah bahan yang telah dipotong oleh pisau pencacah. Pisau penghalus terletak pada bagian ruang pencacah dan berada setelah pisau pencacah. Pisau penghalus memiliki 3 mata pisau dan terhubung poros pemutar pisau. berdiameter 20 cm dengan panjang masing masing pisau 30cm.



Gambar 12. Pisau Penghalus

3.3.4 Pulley

Pulley berfungsi sebagai penyalur daya dari mesin ke poros pisau, sehingga poros pisau dapat berputar. *Pulley* ini memiliki ukuran diameter 10 cm dan dihubungkan dengan V-belt.



Gambar 13. *Pulley dan V-Belt*

3.3.5 Tangki Bahan Bakar

Tangki berfungsi menampung bahan bakar (solar) untuk kebutuhan operasional mesin penggerak. Tangki bahan bakar terletak di atas mesin penggerak yang terbuat dari plat baja tipis yang bagian dalamnya dilapisi anti karat dan memiliki kapasitas 13 liter. Seperti mesin diesel pada umumnya, mesin ini juga dilengkapi tangki air yang berfungsi sebagai pendingin mesin yang memiliki kapasitas 13 liter.



Gambar 14. Tangki Bahan Bakar

3.3.6 Motor Penggerak

Motor penggerak yang digunakan adalah mesin diesel Bahari model ZS1100. Motor ini memiliki daya maksimal 16,5 HP, kecepatan putar maksimal sebesar 2100 RPM (tanpa implemen) dan berat bersih 155kg. Motor penggerak inilah yang menjadi tenaga utama pada penelitian ini.



Gambar 15. Motor Penggerak

3.3.7 Exhaust

Exhaust atau saluran pembuangan berfungsi sebagai saluran pembuangan gas sisa pembakaran dari motor penggerak.



Gambar 16. *Exhaust*

3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap :

1. Persiapan mesin pencacah pelepah kelapa sawit (chopper) Tipe TEP-1
2. pengumpulan pelepah kelapa sawit. Pelepah kelapa sawit yang digunakan dibuat seragam dengan panjang 5 meter.
3. Mencacah pelepah kelapa sawit dengan tiga variasi kecepatan putar
 - a. 800 RPM
 - b. 1200RPM
 - c. 1600RPM

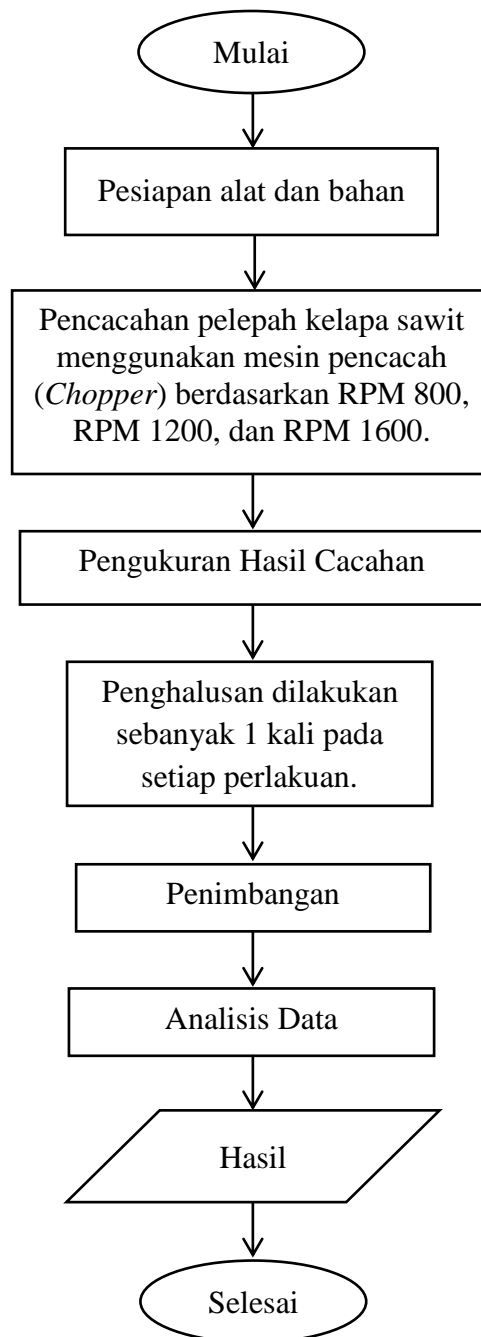
Penentuan nilai kecepatan putar ini diambil berdasarkan standar kecepatan putar *chopper* yang digunakan di Indonesia. Tabulasi data penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabulasi data

RPM	Input Bahan	Ulangan	Waktu kerja mesin (detik)	Kapasitas kerja (kg/jam)	Susut bobot (%)	Keberagaman cacahan (%)
800	10 pelepah	1				
		2				
		3				
1200	10 pelepah	1				
		2				
		3				
1600	10 pelepah	1				
		2				
		3				

Diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 9.

3.5 Tahapan Penelitian



Gambar 17. Diagram Alir Penelitian

3.6 Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah waktu kerja pencacahan (t), kapasitas kerja (ka), susut bobot (sb), dan keberagaman cacahan (kc).

3.6.1 Waktu Kerja Pencacahan (t)

Waktu kerja pencacahan dicari untuk menentukan RPM mana yang paling baik agar memperoleh efektivitas kerja yang optimal. Semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk mencacah, maka semakin baik kinerja mesin pencacah tersebut. Waktu kerja pencacahan dihitung dari lama waktu yang dibutuhkan dalam sekali proses, yaitu untuk memotong pelepah sebanyak 10 buah. Waktu pencacahan diukur menggunakan *stopwatch*.

3.6.2 Kapasitas Kerja (ka)

Kapasitas kerja alat dihitung dari perbandingan berat hasil cacahan pelepah kelapa sawit yang keluar dari mesin pencacah (*chopper*) tipe TEP-1 tiap satu jam.

Perhitungan kapasistas kerja menggunakan persamaan 3.1.

$$ka = \frac{BO}{t} \times 3600 \dots \dots \dots (3.1)$$

ka = kapasitas kerja

BO = Bahan *Output* (massa pelepah kelapa sawit yang telah dicacah)

t = waktu (detik)

3.6.3 Susut bobot (sb)

Susut bobot dihitung berdasarkan perbandingan berat akhir (berat hasil cacahan pelepah yang dihasilkan) dengan berat awal (berat pelepah yang digunakan)

dikalikan 100% (Sani dkk, 2014). Susut bobot dihitung menggunakan persamaan

(3.2)

$$\text{Susut bobot} = \frac{(BI-BO)}{BI} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

BI = Bahan *input*

BO = Bahan *output*

3.6.4 Keberagaman Cacahan (kc)

Setiap mesin pencacah memiliki kriteria *output* cacahan yang nantinya dimanfaatkan lebih lanjut, seperti digunakan sebagai pakan ternak. Di Indonesia, ukuran *output* cacahan yang digunakan dalam pengujian mesin pencacah (chopper) adalah <1cm, 1cm <x<2,5cm, 2,5cm<x<5cm, dan >5cm, namun ukuran *output* cacahan yang digunakan sebagai kriteria keberhasilan penelitian ini adalah *output* cacahan pada ukuran <1cm dan 1 cm<x<2,5 cm. Ukuran cacahan ini diambil berdasarkan penelitian Anizar dkk (2017) yang menjelaskan bahwa cacahan pelepah sawit dengan ukuran sekitar 5 cm masih terbilang kasar, sehingga tidak dapat langsung diberikan kepada ternak karena akan melukai lambung ternak sapi. Selain itu, ukuran cacahan 1cm<x<2,5cm ini juga biasa digunakan untuk pakan ternak di desa Batuliman Indah, Kecamatan Candi Puro, Lampung Selatan.

3.6.5 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar pada penelitian ini diukur dengan menggunakan tabung ukur yang dihubungkan langsung ke mesin menggunakan selang. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan cara membagi volume bahan bakar yang terpakai

dengan berat bahan yang tercacah. Pengukuran awal dihitung setelah motor dipanaskan dengan tujuan agar mesin panas sehingga bahan bakar yang terpakai akan stabil. Pengukuran akhir dihitung setelah hasil cacahan keluar dan mesin pencacah dimatikan. Perhitungan konsumsi bahan bakar pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan dengan menggunakan rumus pada persamaan (3.3).

$$F_c = \frac{F_v}{m} \dots \dots \dots (3.3)$$

F_c = konsumsi bahan bakar (liter/ton)

F_v = volume bahan bakar terpakai (liter)

m = berat bahan hasil cacahan (ton). (Fadli, 2015).

3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode sidik ragam dan uji BNT. Analisis sidik ragam digunakan untuk menunjukkan indikasi adanya pengaruh perlakuan (kecepatan putar) terhadap parameter yang diukur. Uji BNT digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar tiap perlakuan (kecepatan putar) terhadap parameter yang diukur. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengamatan, diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan putar (RPM) berpengaruh terhadap kapasitas kerja, susut bobot, keberagaman cacahan, dan konsumsi bahan bakar
2. Kecepatan putar pencacahan terbaik berkisar antara 1200 RPM sampai 1600 RPM
3. Kecepatan putar 1200 RPM lebih menguntungkan dibanding kecepatan putar 1600 RPM, karena konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit tetapi memiliki hasil kinerja yang sama dengan 1600 RPM
4. Persentase hasil cacahan yang dapat digunakan langsung sebagai ternak berkisar antara 37% - 44%

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut

1. Dilakukan modifikasi pada bagian input bahan dengan penambahan tempat untuk meletakkan pelepah kelapa sawit dengan sudut tertentu agar pengguna tidak perlu mendorong pelepah kelapa sawit dengan tujuan efisiensi tenaga kerja.

2. Hasil cacahan sebaiknya dicacah kembali dengan mesin pencacahan (*chopper*) untuk meningkatkan persentase cacahan yang sesuai untuk pakan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anizar, Widyastuti, D.E., Torong, M.Z.B., Hariyono, K. 2017. Perbaikan Disain Alat Pencacah Pelepah Sawit untuk Mengurangi Keluhan Sakit Peternak Sapi. *Prosiding SNTI dan SATELIT A-2 Th.2017*.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Hakim, L. A., Ranto, dan Bugis, H. 2015. Pengaruh Variasi Jumlah Dan Variasi Putaran Mesin Terhadap Emisi Gas Buang CO Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2009. *Jurnal NOSEL, Vol.3 No.4, 1-12, Th. 2015*.
- Hermawan, H. 2015. Kajian Pengaruh Aplikasi Bionutrien S267 Terhadap Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit TM-08. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hidayat, M., Harjono, Marsudi, dan Andi, G. 2016. Evaluasi Kinerja Teknis Mesin Pencacah Hijauan Pakan Ternak. *Jurnal Enjiniring Pertanian. Vol. IV, No. 2:61 – 64. Th. 2006*
- Imsya, A. 2014. Biodegradasi Lignoselulosa dengan *Phanerochaete chrysosporium* terhadap Perubahan Nilai Gizi Pelepah Sawit. *Jurnal Peternakan Sriwijaya, Vol. 3, No.2, 12 – 19, Th 2014*
- Kharisma, N. 2014. Pengaruh Kecepatan Putar (RPM) Disc Mill Terhadap Keseragaman Ukuran Butiran Gula Semut.Lampung, *Skripsi. Universitas Lampung*
- Lubis A.U. 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*) di Indonesia, Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan
- Naibaho, P.M. 1996. “Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit”, Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. 129-151.
- Robiyansyah. 2016. Perancangan Mesin Pencacah Pelepah Sawit Untuk Pakan Ternak Sapi. Universitas Pasir Pengaraian.

- Sianipar, T. P. 2009. Efek Pelelah daun kelapa sawit dan limbah industrinya sebagai pakan terhadap pertumbuhan sapi Peranakan ongole pada fase pertumbuhan. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Sugandi, W. K., Yusuf A, dan Saukat, M. 2016. Desain dan Uji Kinerja Mesin Pencacah Rumput Gajah Tipe Reel. *Jurnal Teknotan* , Vol. 10, No. 1, 12, Th 2016
- Susilawati. 2012. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Di Teluk Siak Estate Pt Aneka Intipersada, Minamas Plantation, Riau. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Waruwu, H. M., Harahap, L. A., dan Munir, A.P. 2016. Performa dan Biaya Operasional Mesin Pencacah Pelelah Kelapa Sawit Rancangan Upt Mekanisasi Pertanian Provinsi Sumatera Utara. *J.Rekayasa Pangan dan Pert.*, Vol.4 No. 2, 251-258, Th. 2016.
- Yusuf, M., Sulaeman, R., dan Sribudiani, E. 2014. Pemanfaatan Pelelah Kelapa Sawit (*elaeis guenensis* jacq.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket Arang. *Jurnal Online Mahasiswa Universitas Riau*, Vol.1 No.1, 2-6, Th. 2014