JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING AND FABRICATION

Journal Homepage: https://mechafa.com/index.php/jmef

Design and Performance Evaluation of a Palm Oil Empty Fruit Bunch Shredding Machine to Enhance Compost Fertilizer Production Efficiency

T Rian Hidayat, Ilyas Yusuf*, Darmein
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia
*Corresponding author: ilyas@pnl.ac.id

Article Processing Dates:
Received 2024-11-07
Accepted 2024-12-25
Available online 2024-12-31

Keywords:
Oil palm bunch
Equipment fabrication
Cutting blade
Production
Capacity

Abstract

Paving block industries have emerged in the North Aceh Regency area, especially for the Baktiya District area where there are 7 paving block industries, which is due to the increasing demand for paving blocks of 1000 units per day in 2019 for office yards, parking lots, for pedestrian sidewalks and for parks. The compressive strength that can be accepted by paving blocks with PET plastic shredded substitution for each composition is as follows, in normal paving blocks (0%) of 11.32 MPa, in paving blocks with an addition of 0.3% of 12.31 MPa, in paving blocks with an addition of 0.4% of 12.70 MPa, in paving blocks with an addition of 0.5% of 14.55 MPa, and in paving blocks with an addition of 0.6% of 11.82 MPa. The percentage of the ability of paving blocks with PET plastic shredded substitution for each composition in absorbing water is as follows, in normal paving blocks (0%) it is 10%, in paving blocks with the addition of 0.3% it is 8%, in paving blocks with the addition of 0.4% it is 7%, in paving blocks with the addition of 0.5% it is 5%, and in paving blocks with the addition of 0.6% it is 9% Mpa.

Rancang bangun dan evaluasi kinerja mesin pencincang tandan kelapa sawit untuk peningkatan efisiensi produksi pupuk kompos

Abstrak_Pada Proses pencacahan manual yang dilakukan menghasilkan kapasitas 50-70 kg/jam. Oleh karena itu diperlukan alat bantu mesin penghancur agar kapasitasnya menjadi lebih besar. Hasil penghancuran tandan sawit tersebut dapat digunakan sebagai pupuk kompos. Pada rancangan ini mata potong di desain dengan jumlah mata potong yang lebih banyak untuk mempercepat jumlah produksi tandan sawit dapat beroperasi maksimal dan tidak diperlukan tenaga yang berlebihan dalam menggerakkan alat tersebut dikarenakan alat yang dirancang akan digerakkan menggunakan motor bensin dan dengan menambah mata potong kapasitas produksi tersebut lebih meningkat. Perancangan merupakan salah satu hal yang penting dalam membuat program. Adapun tujuan dari perancangan ialah untuk memberi gambaran yang jelas lengkap kepada pemorogram dan ahli teknik yang terlibat. Perancangan harus berguna dan mudah dipahami sehingga mudah digunakan. Perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dialami dalam proses pengerjaanya. Hasil pengujian mesin mampu menghasilkan kapasitas penghancuran dengan panjang 3 - 14 cm, lebar 3 – 20 mm dan ± 8,5kg dalam satu menit. Berikut hitungan kapasitas mesin secara sistematis : 1 menit = 8,5 kg detik 1 jam = 8,5 kg x 60 menit = 510 kg/jam.

Kata Kunci : Tandan sawit, fabrikasi alat, mata potong, produksi, kapasitas.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi pada sektor pertanian. Terletak di garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia terus disinari cahaya matahari sepanjang tahun. Dua musim, musim hujan dan musim kemarau, silih berganti dalam setahun. Kelembaban iklim tropis menjadikan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat kaya. Saat ini, Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Malaysia dengan total produksi rata-rata 9,9 juta ton per tahun sejak tahun 2003 [1]. Sejalan dengan semakin tinggi-nya produksi dan luas area per-kebunan kelapa sawit dari tahun ke tahun, di sisi lain akan terjadi pula peningkatan volume limbahnya, baik berupa limbah padat maupun limbah cair [2].

Limbah kelapa sawit terdiri dari limbah padat, limbah cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit

yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit adalah sebanyak 2 ton per hektar tandan kosong sawit per tahun 24 ton per hektar, tandan buah matang kelapa sawit biasa disebut tandan buah segar (TBS) biasanya siap dipanen ketika kelapa sawit mencapai usia 3-4 tahun [3][4].

Tandan kelapa sawit memiliki komposisi kimia berupa selulosa 45,95 %, hemiselulosa 22,84 %, lignin 16,49 %, minyak 2,41 %, dan abu 1,23 %. Selama ini pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sangat terbatas yaitu sebagai sumber kalium setelah proses pembakaran. Proses pembakaran tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat menimbulkan polusi udara karena menghasilkan abu terbang (*fly ash*) [5].

Tandan sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K, dan Mg. Jumlah tandan kosong kelapa sawit diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar - 21 yang di olah [6]. Limbah tandan/janjang kosong yang bersifat organic mempunyai kandungan unsure Nitrogen 1.5%, phosfat 0.5%, Kalium7.3% dan magnesium 0.9% mempunyai potensi cukup besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pupuk dengan mengaplikasikan limbah di atas tanah sekitar gawangan tanaman kepala sawit [7].

Tandan kelapa sawit (TKS) memiliki urgensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk kompos karena merupakan limbah biomassa yang melimpah, terutama di negara penghasil kelapa sawit seperti Indonesia. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik [8]. Pengolahannya menjadi pupuk kompos memberikan solusi yang ramah lingkungan sekaligus bernilai ekonomi. Selain itu, TKS mengandung bahan organik yang kaya akan karbon dan elemen pendukung pertumbuhan tanaman, sehingga sangat ideal sebagai bahan dasar pupuk organik. Pemanfaatan TKS juga mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, menekan biaya produksi pertanian, dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan melalui penerapan sirkular ekonomi dalam sektor perkebunan [9].

Proses pencacahan manual yang dilakukan menghasilkan kapasitas 50-70 kg/jam. Oleh karena itu diperlukan alat bantu mesin penghancur agar kapasitasnya menjadi lebih besar. Hasil penghancuran tandan sawit tersebut dapat digunakan sebagai pupuk kompos [10].

Tujuan dari peneltian ini adalah fabrikasi dan evaluasi kinerja mesin pencincang tandan kelapa sawit untuk peningkatan efisiensi produksi pupuk kompos dan menganalisa kekuatan dari mesin penghancur tandan kelapa sawit dengan mengunakan sistem transmisi tunggal yang berupa sepasang pulley.

Pada rancangan ini mata potong di desain dengan jumlah mata potong yang lebih banyak untuk mempercepat jumlah produksi tandan sawit dapat beroperasi maksimal dan tidak diperlukan tenaga yang berlebihan dalam menggerakkan alat tersebut dikarenakan alat yang dirancang akan digerakkan menggunakan motor bensin dan dengan menambah mata potong kapasitas produksi tersebut lebih meningkat.

Mesin pencincang memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi produksi pupuk kompos. Mesin ini mempercepat proses pengolahan dengan memotong TKS menjadi ukuran yang lebih kecil dan seragam, yang kemudian mempermudah dan mempercepat proses dekomposisi menjadi kompos. Selain itu, mesin ini dirancang untuk bekerja secara efisien, menghemat waktu dan tenaga dibandingkan metode manual.

2. Metode Penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan melakukan perancangan mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos dengan menggunakan pisau plat strip 5 mm

Bahan yang digunakan untuk perancangan mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos antara lain

1. Besi Strip Sebagai Mata potong
   Mata potong sebagai komponen utama yang penghancur tandan sawit.
2. Besi Siku Profil L
   Sebagai penyangga yang dapat bertahan lama berbentuk profil L
3. Poros
   Meneruskan putaran dari puli ke pisau
4. Motor Pengerak
   Sebagai sumber utama penerus putaran dari sabuk melalui puli ke mata potong
5. Puli V-belt
   Penerus putaran darisabuk ke mata potong
6. Sabuk V-belt
   Penerus putaran dari motor ke puli
7. Bearing
   Untuk mengurangi getaran pada saat poros berputar

Alat yang digunakan dalam perancangan mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos:

1) Mesin Las
2) Mesin Gerinda
3) Mesin Bor
4) Meteran
5) Amplas

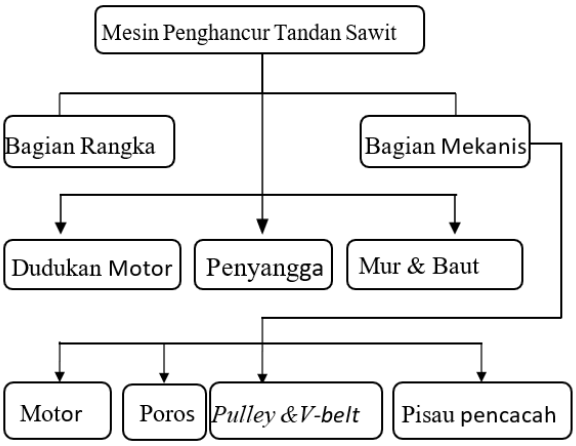
Alat yang digunakan untuk menguji performansi mesin perancangan mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos.

1) Stopwacth
   Stopwatch adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam suatu pekerjaan.
2) Tachometer
   Tachometer adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada poros engkel piringan motor atau mesin.

3) Wadah Plastik
   Wadah plastik biasa digunakan untuk menampung segala

sesuatu dalam suatu pekerjaan.

Diagram alir dari penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1.



Gamabar 1. Diagram Alir

2.1 Spesifikasi Mesin Pencincang Tandan Kelapa Sawit

1. *Hopper input* (saluran masuk)
   Penampungan pemasuka n atau hopper input yang berfungsi sebagai hopper pemasukan bahan yang berbentuk persegi panjang terbuat dari besi plat yang berdiameter 1 mm.
2. Pisau penghancur
   Berfungsi sebagai penghancur, janjang kosong dengan menggunakan pisau strip yang berbentuk segipanjang dengan panjang 18 cm, lebar 5cm dan ketebalan 5 mm.
3. *Pulley*
   Pulleyberfungsi sebagai penghantar daya dalam bentuk gerak rotasi yang di gerakkan oleh V-belt. Pulley ada 2, pulley atas dan pulley bawah.
4. *V-belt*
   Sabuk V (V-Belt) Yang berfungsi untuk menghubungkan motor dengan pully ke poros, Pully menggunakan jenis V-belt berukuran B-57 cm.
5. Motor Penggerak Bensin
   Motor penggerak yang digunakan sebagai tenaga penggerak pada mesin pencincang tandan kelapa sawit,dengan merk GX 200 Honda, dalam perancangan mesin ini menggunakan mesin motor penggerak bensin dengan daya 6,5 HP.
6. Rangka
   Rangka berfungsi untuk menyangga komponen mesin lainnya yang berdimensi 100 cm panjang, dan tinggi 116 cm dengan lebar 70 cm. dan panjang dudukan mesin berdimensi 32 cm, dan lebar 23 cm. Dengan bahan utama yang digunakan untuk membuat rangka berupa besi siku (berbentuk L).
7. *Hopper output* (Saluran Keluar)
   Berfungsi untuk menyalurkan bahan yang telah dihancurkan ketempat penampungan yang telah disediakan dengan panjang 60 cm, tinggi 42 dan lebar 17 cm.
8. Bantalan (*bearing*)
   Berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak balik dapat berlangsung secara halus dan aman yang memiliki merk FBJ dengan nomor P207.
9. *Casing*
   Sebagai tempat penutup dari penghancur tandan yang terbuat dari Plat strip dengan ukuran 1 mm.
10. Poros
    Berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran, dengan ukuran panjang 112 cm dan berdiameter 6.35 mm.

2.2 Parameter dan Cara Pengukuran

Mesin penghancur tandan kelapa sawit dengan menggunakan pisau *strip* ini dibuat untuk mempermudah para petani dalam mencincang tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos, agar estimasi waktu penghancuran tandan kelapa sawit yang jumlah banyak dengan cara manual yang relative lama dapat diminimalisir maka perlu adanya suatu alat secara teknis dan ekonomis yang bisa diterima oleh masyarakat.

Menyikapi hal ini maka perencanaan mesin penghancur tandan sawit dengan desain yang sudah disesuaikan dengan kapasitasnya. Mesin ini dibuat dengan desain yang sederhana sehingga mudah ditempatkan dimana saja.

a. Hubungan beban dengan kapasitas produksi bahan (gr/detik).

Mengetahui Kapasitas produksi (gr) dengan kecapatan putaran kapasitas produksi adalah jumlah *output* yang dapat diproduksi atau yang dihasilkan. Hubungan antara *input* yang digunakan dalam proses produksi dengan kuantitas *input* yang di hasilkan disebut sebagai kapasitas produksi, kapasitas produksi diambil dengan menggunakan alat timbangan digital.

b. Kebutuhan bahan bahan bakar (ml) dengan menggunakan rumus :

$$P = T.\ n \div R \ldots\ldots(1)$$

Dimana :

T = Torsi (Nmm)
P = Daya yang dibutuhkan (kw)
N= Kecepatan putaran (rpm)
F = Gaya putaran (N)
R= Jarak pisau dari titik pusat (mm)

c. Kebutuhan waktu pencacahan (gr/s) dengan menggunakan *stopwact.*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Komponen Utama

a. Kerangka.

Kerangka salah satu komponen utama peyangga mesin penghancur tandan kelapa sawit yang memiliki diameter :

Panjang = 100 cm
Lebar = 70 cm
Tnggi = 116 c

b. Poros.

Poros yang memiliki beben potong yang memiliki diameter 3.255 mm Panjang = 112 cm

3.2 Perencanaan Daya

a. Daya Rencana pada poros

Pd = fcP (KW……(2)

Keterangan

Pd = Daya rencana
Fc = Faktor koreksi
P = daya nominal

1 hp = 0,745 kw
= 1/ 6,5 hp x 0,745 kw
= 0,11461538

Pd= 2 x 0,11461538kw
=0,22923076 Kw

b. Momen yang terjadi pada poros

T = 9,74 x 10^5 / $\frac{pd}{n}$

= 9,74 x 10^5 $\frac{0,22923076}{3600\ Rpm}$

= 62,01965562 Kg/mm

Maka Daya motor yang dipilih adalah 6.5 hp

c. Menurut Achmad (1999) untuk bahan yang bekerja pada beban yang dapat ditentukan Sf = 4, sedangkan Sf diambil 2 sesuai bentuk poros….(3)

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{(S\int_1 \ x\, S\int_2)}$$

$$\tau\alpha = \frac{37kg/mm}{2x4}$$

= 4,625 kg/mm

d. Diameter Poros (ds)

Ds =$\left(\frac{126.588}{ta}\right)$x12x2x62 kg/$mm^{1/3}$

ds = $\left(\frac{126.588}{4.625}\right) x12x2x62kg/mm^{1/3}$

= 34.405

= 3.255 mm

Maka untuk diameter Poros yang dipilih adalah ¼ ins atau 3.255 mm

e. Maka Bantalan yang dipilih sesuai gengan poros

Bantalan merk FBJ dengan nomor P207

3.3 Perencanaan Putaran

Perencanaan putaran untuk penghancuran 1 tandan sawit yang panjangnya 20 cm diasumsikan memerlukan sekitar 776 kali pemotongan, dan direncanakan terdapat 4 pisau perajang. Setiap putaran terjadi 4 kali pencacahan maka untuk 1 tandan sawit yang panjangnya 20 cm diperlukan :

$$\frac{776}{4\ x\ 2} = 97\ putaran$$

Target perjamnya (Q) = 500 kg/jam

Jadi $Q = \frac{n}{putaran}\ x\ W$

$$n = \frac{putaran}{W}\ x\ Q$$

$$= \frac{putaran}{1kg}\ x\ 500\ kg/jam$$

= 48500 put / jan

$= \frac{48500\ put}{60}\ menit\ /\ jam$

= 808,3 put / menit

Jadi putaran mesin yang dibutuhkan adalah 808 Rpm

3.4 Perencanaa Putara Puli dan Sabuk-V

a. Perencanaa trasmisi puli dan sabuk-V

Direncanakan :

Jarak sumbu poros C : 430

Puli 1 (d1) :75 mm

Puli 2 (d2) : 300 mm

Reduksi putaran yang terjadi pada transmisi mesin penghancur tandan sawit adalah:

Tabel 3.1 Perbandingan rasio putaran transmisi mesin penghancur tandan sawit

No	Transmisi	Ø (mm)	i kerja	n kerja (rpm)
1	*Pulley* motor	75	1	3600
2	*Pulley Poros*	300	0,75	810
i total (i1xi2)			0,75	n akhir = 810

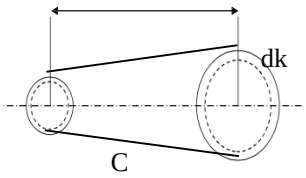
Keterangan :

n1 = 3600rpm
n kerja 1 = 3600rpm x i1
n kerja 2 = 3600rpm x (i1xi2)
= 3600rpm x total
= n akhir

Jadi putaran pada puli poros adalah 810 rpm sedangkan putaran mesin yang dibutuhkan 808 rpm,

b. Perencanaan V-belt

Dk



Keterangan :

C = Jarak sumbu poros

Dk =diameter luar puli yang digerakkan

dk = diameter luar puli penggerak

Maka perencanaan *v-belt*:

1) Penampang sabuk-V tipe B
2) Kecepatan sabuk (V)

Dp = 300 mm *dp* = 75 mm

$$V = \frac{\pi dp.n1}{60x1000}$$ Maka kecepatan sabuk pada. . (4)

Keterangan :

V = Kecepatan Sabuk
Dp = Diameter puli
n1 = Putaran motor

$$V = \frac{3{,}14\ x\ 75\ x\ 3600}{60\ x\ 1000}$$

V = 14,13 m/detik

3.5 Hasil Perancangan

Perancangan dan permodelan mesin penghancur tandan sawit didapat dari pendesainan menggunakan *AutoCAD*. Pemilihan model didapatkan dengan mempertimbangkan kriteria yang dibutuhkan dengan kriteria desain alat. Berikut adalah penjelasan dari hasil perancangan yang dilakukan.

3.5.1 Hasil Perancangan Mekanisme Penghancur Tandan Kelapa Sawit

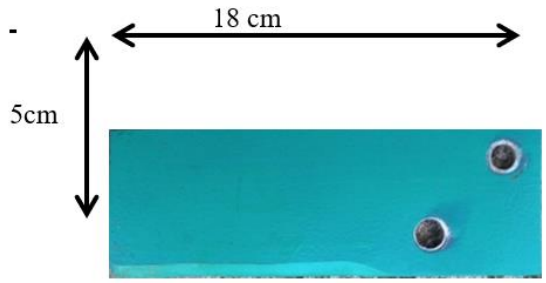
Ukuran dan kapasitas yang menjadi dasar dari perancangan mekanisme penghancuran pada mesin penghancur tandan kelapa sawit adalah dapat keluar secara besarsamaan dengan masuknya tandan kelapa sawit melalui saluran masuk.

Gambar 2. Mesin Penghancur

Gambar 5. merupakan mekanisme *loading* yang memiliki *Hopper input*. Ukuran *Happer output* tandan sawit mengacu pada mata potong dan saat pemasukan tandan sawit kedalam mesin penghancur tandan kelapa sawit. Sedangkan ukuran lubang pengeluaran tandan berukuran tinggi 42 cm dan lebar 17 cm.

3.5.2 Hasil Perancangan Mekanisme Mata Penghancur

Perencanaan mata pisau sudut kemiringan 45^0 dan mata potong memiliki ukuran panjang 18 cm lebar 5 cm dan tebal 5 mm seperti Gambar 3. Pembuatan mata potong tandan sawit mengunakan besi plat strip. Hasil perancangan mekanisme mata penghancur tandan kelapa sawit bertujuan mendapatkan hasil hancuran yang seragam dan mata potong tandan sawit dapat dengan mudah diganti saat sudah haus. Perancangan mekanisme penghancuran dilakukan dengan membuat desain.



Gambar 3. Mata Potong

Pada mata potong tandan sawit terdapat bagian penghancu dan bagian yang pendorong tandan kelapa sawit.Pada bagian mata potong befungsi untuk penghancuran tandan sawit, yang berukuran panjang 20-30cm, lebar 15-20 cm dan tebal 20-23cm. Sedangkan bagian pendorong berfungsi untuk mengeluarkan tandan kelapa sawit yang sudah hancurkan melalui *hopper aoutput.*

3.5.3 Pengujian Pergerakan Mesin

Setelah dilakukan proses perancangan dan proses pembuatan mesin penghancur tandan kelapa sawit maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji kinerja. Setelah dilakukan uji kinerja dari mesin penghancu tandan sawit dapat disimpulkan bahwa mesin belum dapat bekerja maksimal sesuai dengan harapan. Namun secara keseluruhan, mesin penghancu tandan kelapa sawit ini telah bekerja dengan cukup baik dan mampu memenuhi kapasitas target yang diharapkan.

3.5.4 Kapasitas Produksi

Mesin mampu menghasilkan proses penghancuran dengan panjang 3 - 14 cm lebar 3 – 20 mm dan $\pm$ 8,5kg dalam satu menit. Berikut hitungan kapasitas mesin secara sistematis :

1 menit = 8,5 kg detik
1 jam = 8,5 kg x 60 menit
= 510 kg/jam

Hasil uji kinerja mesin penghancur ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin yang dibuat sesuai atau tidak sesuai dengan konsep yang dibuat.

Hasil pengujian didapatkan hasil adalah mesin mampu bekerja dengan baik saat proses penghancuran dilakukan. Dalam proses penghancuran, apabila kecepatan memasukkan tandan sawit dari saluran masuk terlalu cepat, maka hasil penghancuran tandan sawit akan banyak yang berhenti di saluran pengeluaran sehingga perlu penyesuaian.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas didapatkan kesimpulan bahwa mesin penghancur tandan kelapa sawit mampu menghancurkan tandan kelapa sawit sebanyak 510 kg/jam dan ketajaman pisau mampu digunakan memotong dalam waktu 14 – 16 jam/hari, hasil dari ukuran cincangan seragam degan yang di inginkan penampung. Proses penghancur mengunakan pisau yang berputar, yautu mengunakan pisau berbentuk lurus

dengan mata pisau berbentuk lurus. Tingkat keamanan mesin penghancur tandan sawit dapat dikatagorikan antara lain jarak mata potong dengan *Hopper input* masih dalam kata aman, karena *hopper input* memiliku ukuran panjang 30 cm dan memenuhi syarat keselamatan kerja

Referensi

[1] T. Ermawati and Y. Saptia, "Kinerja ekspor minyak kelapa sawit Indonesia," *Bul. Ilm. Litbang Perdagang.*, vol. 7, no. 2, pp. 129–148, 2013.

[2] Y. Fauzi, Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, and R. H. Paeru, *Kelapa sawit*. Penebar Swadaya Grup, 2012.

[3] A. Ruswanto, *Mengenal Teknologi Pengolahan Tandan Buah Sawit (TBS) Menjadi Minyak Kelapa Sawit*. Instiper Press, 2019.

[4] D. Leni, Z. Bahar, and V. Selviyanty, "Rancang bangun mesin perajang pelepah sawit untuk pakan ternak," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 51–57, 2018.

[5] G. S. Adiguna and I. N. P. Aryantha, "Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan," *Manfish J.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–42, 2020.

[6] S. Suwarno, S. Suparman, and A. Fitriyansyah, "Pengaruh Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Pangkas Pucuk Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.)," *J. Pertan. Terpadu*, vol. 12, no. 1, pp. 83–96, 2024.

[7] E. Sarwono, "Pemanfaatan janjang kosong sebagai substitusi pupuk tanaman kelapa sawit," *Apl. J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 56405, 2008.

[8] M. H. D. A. G. E. RIANTO, "ANALISA PENENTUAN PRIORITAS BAHAN BAKU UNTUK BAHAN BAKAR BOILER DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DI PT. SAGO NAULI." Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.

[9] D. P. Rahayu, "Analisis Limbah Kelapa Sawit Industri yang Dimanfaatkan Sebagai Pupuk Organik Cair." Analysis of Industrial Palm Oil Waste Utilized as Liquid Organic Fertilizer, 2024.

[10] D. R. Siahaan, "Rancang Bangunmesin Pencacahtandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pupuk Organik." Politeknik Negeri Bengkalis, 2024.