

Design and fabrication a machine for chopping palm bunches for compost

T Rian Hidayat, Ilyas Yusuf*, Darmein

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Banda Aceh-Medan Km.280 Buket Rata

*Corresponding author: ilyas@pnl.ac.id

Article Processing Dates:

Received 2025-03-14

Accepted 2025-03-26

Available online 2025-03-31

Keywords:

Shredder

Oil Palm Bunches

Compost Fertilizer

Gasoline Engine

Production Capacity

Abstract

In the manual shredding process, the capacity is 50-70 kg/hour. Therefore, a crusher machine is needed to increase the capacity. The results of crushing the oil palm bunches can be used as compost. In this design, the cutting blade is designed with a larger number of cutting blades to accelerate the production of oil palm bunches so that it can operate optimally and does not require excessive power to move the tool because the tool designed will be driven using a gasoline engine and by adding cutting blades, the production capacity will increase. Design is one of the important things in making a program. The purpose of the design is to provide a clear and complete picture to the programmers and engineers involved. The design must be useful and easy to understand so that it is easy to use. Design is a process to define something that will be experienced in the process. The results of the machine test were able to produce a crushing capacity with a length of 3 - 14 cm, a width of 3 - 20 mm and ± 8.5 kg in one minute. The following is a systematic calculation of machine capacity: 1 minute = 8.5 kg per second 1 hour = 8.5 kg x 60 minutes = 510 kg/hour.

Rancang dan fabrikasi mesin pencincang tandan kelapa sawit untuk 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 pemrogram 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 pengerjaannya. Hasil pengujian mesin mampu menghasilkan kapasitas penghancuran dengan panjang 3 - 14 cm, lebar 3 - 20 mm dan $\pm 8,5$ kg 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: Mesin Pencacah, Tandan Kelapa Sawit, Pupuk Kompos, Motor Bensin, Kapasitas Produksi

1. Pendahuluan

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. Sejalan dengan semakin tingginya 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 [1][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 [1][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][6].

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. Limbah tandan/janjang kosong yang bersifat organik mempunyai kandungan unsure Nitrogen 1.5%, fosfat 0.5%, Kalium 7.3% 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][8].

Saat ini pencacahan dilakukan proses secara manual dimana didapatkan beberapa kekurangan diantaranya 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 [9].

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.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos, menganalisis kekuatan mesin dengan sistem transmisi tunggal berbasis sepasang pulley, mengevaluasi biaya produksinya, serta melakukan uji fungsional untuk memastikan kinerjanya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang dan membangun mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos. Mesin ini dirancang menggunakan pisau berbahan plat strip 5 mm. Bahan utama dalam pembuatan mesin ini meliputi besi strip yang digunakan sebagai mata potong untuk menghancurkan tandan sawit, serta besi siku berbentuk profil L yang berfungsi sebagai penyangga yang kokoh dan tahan lama. Poros berperan dalam meneruskan putaran dari puli ke pisau, sementara motor penggerak menjadi sumber utama tenaga yang menggerakkan sistem transmisi melalui sabuk dan puli V-belt. Komponen lainnya, seperti bearing, digunakan untuk mengurangi getaran saat poros berputar, sehingga memastikan kestabilan dan efisiensi kerja mesin.

Proses perancangan dan perakitan mesin ini dilakukan dengan menggunakan berbagai peralatan, termasuk mesin las SMAW untuk penyambungan komponen karena material yang digunakan adalah baja karbon sehingga sesuai dengan proses las [10][11]. Pada proses las SMAW juga harus menggunakan elektroda yang sesuai sehingga hasil pengelasan tidak mengalami cacat las dan struktur konstruksi menjadi kuat [12], elektroda yang digunakan adalah E6013. Selanjutnya alat yang digunakan lagi adalah mesin gerinda dan mesin bor untuk pemotongan serta pembuatan lubang pada material, meteran untuk pengukuran presisi, serta amplas untuk perapihan permukaan. Setelah proses perakitan selesai, alat-alat ini juga digunakan untuk menguji performa mesin dalam mengolah tandan kelapa sawit menjadi pupuk kompos.

1) Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam suatu pekerjaan seperti Gambar 1.



Gambar 1 Stopwatch

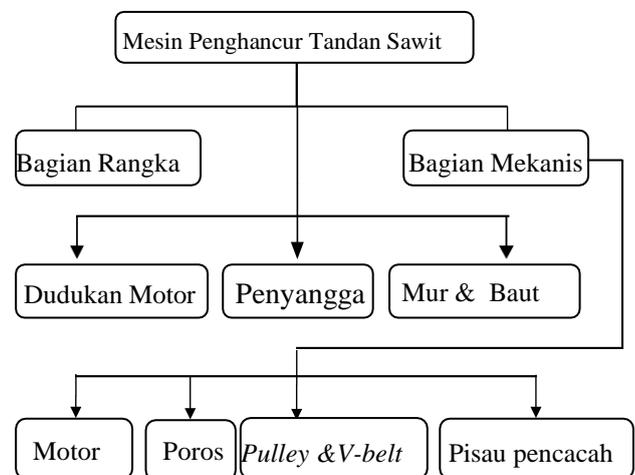
2) Tachometer

Tachometer adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada poros engkel piringan motor atau mesin seperti Gambar 2.



Gambar 2. Tachometer

Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam perancangan mesin penghancur tandan kelapa sawit untuk pupuk kompos. pada penelitian ini adalah Perancangan menggunakan Bill of Materials (BOM) yaitu untuk mengetahui kebutuhan material yang menyusun terbentuknya suatu mesin, seperti Gambar 3 dibawah



Gambar 3. Diagram Alir

Spesifikasi mesin pencincang tandan kelapa sawit seperti berikut

1. *Hopper input* (saluran masuk)
Penampungan pemasukan 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*
Pulley berfungsi 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 pulley ke poros, Pulley 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.

2.1 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 kecepatan 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 bakar (ml) dengan menggunakan rumus (1):

$$P = T \cdot n \div R \quad (1)$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nmm)}$$

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:

$$\text{Panjang} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi} = 116 \text{ c}$$

b. Poros.

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

3.2 Perencanaan Daya

a. Daya Rencana pada poros seperti pada rumus (2)

$$Pd = fcP \text{ (KW)} \quad (2)$$

Keterangan

Pd = Daya rencana

Fc = Faktor koreksi

P = daya nominal

$$1 \text{ hp} = 0,745 \text{ kw}$$

$$= 1/ 6,5 \text{ hp} \times 0,745 \text{ kw}$$

$$= 0,11461538$$

$$Pd = 2 \times 0,11461538 \text{kw}$$

$$= 0,22923076 \text{ Kw}$$

b. Momen yang terjadi pada poros seperti pada rumus (3)

$$T = 9,74 \times 10^5 / \frac{pd}{n} \quad (3)$$

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

$$= 62,01965562 \text{ Kg/mm}$$

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, seperti pada rumus (4)

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{(S f_1 \cdot x S f_2)} \quad (4)$$

$$\tau_\alpha = \frac{37 \text{ kg/mm}}{2 \times 4}$$

$$= 4,625 \text{ kg/mm}$$

d. Diameter Poros (ds)

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

$$D_s = \left(\frac{126.588}{t_a}\right) \times 12 \times 2 \times 62 \text{ kg/mm}^{1/3}$$

$$d_s = \left(\frac{126.588}{4.625}\right) \times 12 \times 2 \times 62 \text{ kg/mm}^{1/3}$$

$$= 34.405$$

$$= 3.255 \text{ mm}$$

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

e. Maka Bantalan yang dipilih sesuai dengan 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 :

$$\frac{776}{4 \times 2} = 97 \text{ putaran}$$

Target perjamnya (Q) = 500 kg/jam

$$\text{Jadi } Q = \frac{n}{\text{putaran}} \times W$$

$$n = \frac{\text{putaran}}{W} \times Q$$

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

$$= 48500 \text{ put / jam}$$

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

$$= 808,3 \text{ put / menit}$$

Jadi putaran mesin yang dibutuhkan adalah 808 Rpm

3.4 Perencanaan Putara Puli dan Sabuk-V

a. Perencanaan trsmisi 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:

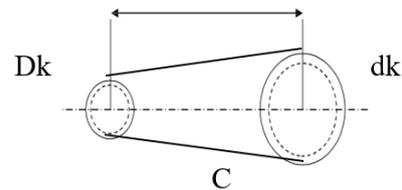
Tabel 3.1 Perbandingan rasio putaran transmisi mesin penghancur tandan sawit

Keterangan :

n1	= 3600rpm
n kerja 1	= 3600rpm x i1
n kerja2	= 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



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)

$$D_p = 300 \text{ mm} \quad d_p = 75 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi d_p n_1}{60 \times 1000} \text{ Maka kecepatan sabuk pada} \quad (5)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Sabuk

Dp = Diameter puli

n1 = Putaran motor

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

$$V = 14,13 \text{ m/detik}$$

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.

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 bersamaan dengan masuknya tandan kelapa sawit melalui saluran masuk.



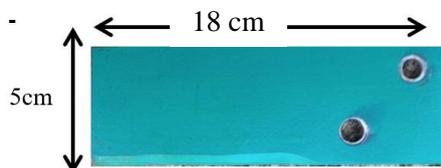
Gambar 5. Mesin Penghancur

Gambar 5. merupakan mekanisme *loading* yang memiliki *Hopper input*. Ukuran *Hopper 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° Mata

potong memiliki ukuran panjang 18 cm lebar 5 cm dan tebal 5 mm. Pembuatan mata potong tandan sawit menggunakan 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 6 Mata Potong

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

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 penghancur tandan sawit dapat disimpulkan bahwa mesin belum dapat bekerja maksimal sesuai dengan harapan. Namun secara keseluruhan, mesin penghancur 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 $\pm 8,5$ kg dalam satu menit. Berikut hitungan kapasitas mesin secara sistematis :

$$\begin{aligned} 1 \text{ menit} &= 8,5 \text{ kg detik} \\ 1 \text{ jam} &= 8,5 \text{ kg} \times 60 \text{ menit} \\ &= 510 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Hasil uji kinerja mesin penghancur ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin yang dibuat sesuai atau tidak sesuai dengan konsep yang dibuat. Ada beberapa catatan yang diperoleh setelah uji kinerja, diantaranya yaitu 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. Mata potong yang terlalu pendek sehingga tidak langsung begitu keluar tandan sawit yang dihancurkan. Kerangka yang dibuat mengeluarkan suara yang keras dan getar

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 dengan yang di inginkan penampung. Proses penghancur menggunakan pisau yang berputar, yaitu menggunakan pisau berbentuk lurus dengan mata pisau berbentuk lurus. Tingkat keamanan mesin penghancur tandan sawit dapat dikategorikan antara lain :

- Jarak mata potong dengan *Hopper input* masih dalam kata aman, karena *hopper input* memiliki ukuran panjang 30 cm
- Memenuhi syarat keselamatan kerja

Mesin penghancur tandan kelapa sawit menggunakan daya motor 6,5 Hp, maka tingkat tenaga putaran mata pisau tidak terhambat saat proses penghancuran.

Referensi

- [1] A. Haryanti, N. Norsamsi, P. S. F. Sholiha, and N. P. Putri, "Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit," *Konversi*, vol. 3, no. 2, pp. 20–29, 2014.
- [2] K. Elly, "Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif," *J. Penelit. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 8, no. 2, pp. 96–103, 2008.
- [3] M. I. Arifandy, E. P. Cynthia, F. Muttakin, and N. Nazaruddin, "Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil," *Sitekin J. Sains, Teknol. Dan Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 116–122, 2021.
- [4] R. Komala and S. Aziz, "Pengaruh proses aerasi terhadap pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit di PTPN VII secara aerobik," *J. Redoks*, vol. 4, no. 2, pp. 7–16, 2019.
- [5] M. E. Rahmasita, M. Farid, and H. Ardhyanta, "Analisa morfologi serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan penguat komposit absorpsi suara," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. A787–A792, 2017.
- [6] R. Karima, "Karakterisasi sifat fisika dan kimia cuka kayu dari tandan kosong kelapa sawit," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2014.
- [7] M. Rambe, A. Nata, and N. Herlina, "Pengaruh katalis NaOH pada proses isolasi lignin dari tandan kosong kelapa sawit," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 2, pp. 25–27, 2013.
- [8] A. D. Hardi, R. Joni, S. Syukri, and H. Aziz, "Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Superkapasitor," *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 4, pp. 479–486, 2020.
- [9] A. Febrianton, "Perancangan mesin perontok tandan buah kelapa sawit yang restan," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 6, no. 4, pp. 1251–1259, 2023.
- [10] A. Azwinur, A. S. Ismy, R. Nanda, and F. Ferdiansyah, "Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050," *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [11] Akhyar *et al.*, "Evaluation of welding distortion and hardness in the A36 steel plate joints using different cooling media," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1405, 2022.
- [12] S. Azwinur, "The Effect of Electrode Type on The Tensile Strength Characteristics of Welded Joints Between SA. 240 Tp. 304 Stainless Steel and SA. 36 Carbon Steel Alloys through SMAW Welding Process," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 35–42, 2022.