



ANALISIS KEBUTUHAN UAP PADA PEREBUSAN KELAPA SAWIT SISTEM TIGA PUNCAK (*TRIPLE PEAK*) STERILIZER KAPASITAS 40 TON/UNIT

Siti Maretia Benu^a, Muhammad Anhar Pulungan^{b*}, Sihar Siahaan^c

^aProgram Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

^bProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

^cProgram Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2015, Indonesia

*Corresponding authors at: E-mail: muhammadanhar@polmed.ac.id. (M.A.Pulungan) Tel.: +62852-7055-5910

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 15 Januari 2024

Direvisi pada 06 Februari 2024

Disetujui pada 20 Februari 2024

Tersedia daring pada 02 Maret 2024

Kata kunci:

CPO, Sterilizer, Perebusan, Minyak Sawit.

Keywords:

CPO, Sterilizer, Boiling, Palm Oil.

ABSTRAK

Proses produksi pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit menjadi minyak sawit/*Crude Palm Oil (CPO)* melewati beberapa tahap pengolahan. Tahapan pengolahan tersebut melewati stasiun penerimaan, stasiun sortasi, stasiun sterilizer, stasiun thresher, stasiun digester dan press, dan stasiun klarifikasi. Proses perebusan TBS di *Sterilizer* menggunakan sistem *triple peak* dengan tekanan 2,5 - 3 bar. Proses perebusan dilakukan selama 90 - 100 menit. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian kuantitatif. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kebutuhan uap pada sistem perebusan dengan melakukan observasi terhadap suhu perebusan. Uap yang dibutuhkan pada perebusan kelapa sawit sistem *triple peak* sebesar 8.510.920,5 KKal/30 ton TBS.

ABSTRACT

There are multiple phases of processing that are involved in the production process of converting fresh fruit bunches (FFB) from palm oil into crude palm oil (CPO). A number of stations are responsible for carrying out these steps of processing. These stations include receiving stations, sorting stations, steriliser stations, thresher stations, digester and press stations, and clarifying stations. A procedure that is of utmost significance takes place at the steriliser station. There is a correlation between the boiling process that takes place at the steriliser station and the quality of the CPO that is generated. A triple peak system is utilised in the FFB boiling process at PT Perkebunan Nusantara II Kwala Sawit. The pressure, which ranges from around 2.5 to 3 bar, is also utilised. The procedure of boiling is carried out for a period of sixty to ninety minutes. The lengthy processing period will cause the fruit to ripen all the way down to the bottom layer.

1. PENGANTAR

Kelapa sawit sebagai salah satu bahan baku produksi minyak nabati memiliki peran penting dalam menghimpun devisa untuk negara. Indonesia merupakan pengekspor utama produk minyak sawit di dunia dengan volume lebih dari 36 juta ton pada tahun 2019 (Admajaya, 2021). Peningkatan permintaan minyak sawit dan turunannya harus diimbangi dengan peningkatan produksi kelapa sawit. Usaha untuk meningkatkan produksi kelapa sawit ditempuh dengan perluasan areal perkebunan kelapa sawit dan peningkatan produktivitas. Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2009 mencapai 7.51 juta hektar dengan produksi sebesar 18.64 juta ton minyak sawit dan 3.47 juta ton inti sawit (Gultom dkk, 2023). Pengolahan kelapa sawit merupakan salah satu faktor menentukan keberhasilan usaha perkebunan kelapa sawit. Hasil utama yang dapat diperoleh ialah minyak sawit mentah atau CPO (*Crude Palm Oil*), minyak inti sawit atau PKO (*Palm Kernel Oil*), serabut, cangkang, dan tandan kosong sawit. Proses pengolahan TBS menjadi minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit terbagi menjadi 2 yaitu stasiun utama dan stasiun pendukung. Stasiun utama berfungsi sebagai penerima buah (*fruit reception*), rebusan (*sterilizer*), pemipilan (*stripper*), pencacahan (*digester*), pengempaan (*presser*), pemurnian (*clarifier*), dan pemisahan biji dan kernel. Kehilangan (*losses*) minyak sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan dimulai dari perebusan sampai klarifikasi. Proses pengolahan minyak kelapa sawit tidak terlepas dari *oil losses*. *Oil losses* yang terjadi diantaranya di kondensat *sterilizer*, tandan kosong, ampas dan di stasiun klarifikasi (Ulimaz dkk, 2021).

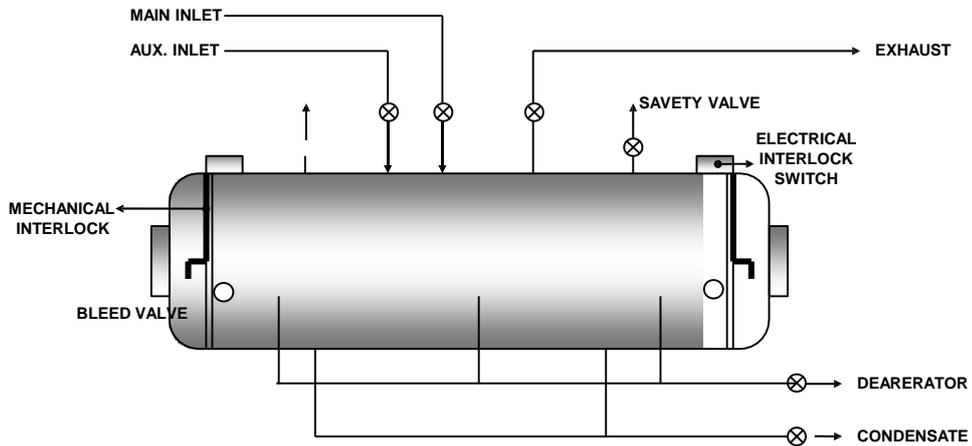
Stasiun perebusan adalah stasiun inti dari pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Stasiun perebusan atau sering disebut dengan *Sterilizer station* merupakan proses yang sangat menentukan untuk mendapatkan minyak sawit mentah / *crude palm oil (CPO)* yang baik dengan kualitas *rendemen* yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses perebusan adalah kondisi buah dan sistem perebusannya. Apabila dalam perebusan tidak memperhatikan tekanan, waktu dan *temperature* perebusan maka kehilangan minyak akan semakin besar (Sunanto dkk, 2021).

1.1. Sterilizer

Proses perebusan buah merupakan faktor yang paling vital dalam pengolahan TBS karena sangat menentukan hasil olah pada tahapan proses selanjutnya baik losses (kerugian) yang timbul dan juga kualitas produksinya dengan bantuan incline distribusi maka buah dibawa ke sterilizer untuk dilakukan proses perebusan (Zakaria dkk, 2022). Tahap pengolahan TBS yang pertama adalah proses perebusan atau sterilisasi yang dilakukan dalam bejana bertekanan (sterilizer) dengan menggunakan uap jenuh (saturated steam). Penggunaan uap jenuh memungkinkan terjadinya proses hidrolisa/penguapan terhadap air di dalam buah, jika menggunakan uap kering akan dapat menyebabkan kulit buah hangus sehingga menghambat penguapan air dalam daging buah dan dapat juga mempersulit proses pengempaan. Sterilizer adalah bejana uap yang bertekanan biasanya digunakan untuk merebus kelapa sawit untuk mempermudah tahapan proses pengolahan CPO selanjutnya (Zakaria dkk, 2022). Sterilizer dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1: Sterilizer



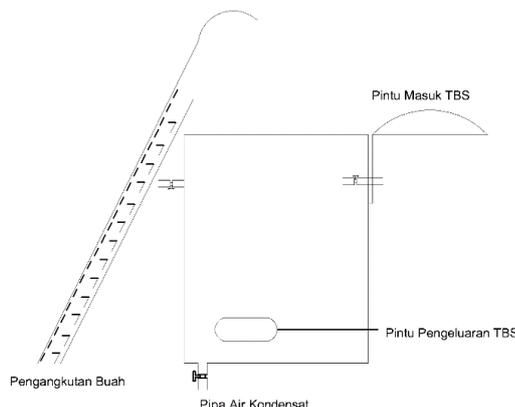
Gambar 2. Desain sterilizer tampak samping

1.2. Jenis Sterilizer

Ada dua macam tipe sterilizer yang biasa di gunakan yaitu sterilizer vertikal dan horizontal.

a. Sterilizer Vertikal

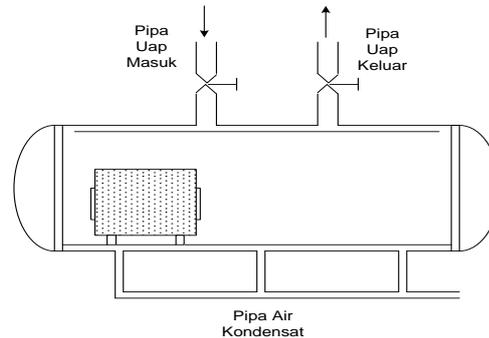
Perebusan jenis Vertical Sterilizer ini di desain untuk tekanan kerja uap 3.5 bar berkapasitas 25 ton TBS per siklus perebusan dengan pintu charge atas dan discharge bawah, jenis clutch door system buka tutup dan lock ring menggunakan hydraulic power pack (Mubarok dkk, 2022). Pada bagian sterilizer dialas dengan plat berlubang yang dipasang menurun kearah pintu dengan sehingga memudahkan untuk mengeluarkan isinya. Sterilizer tipe vertikal memerlukan area yang signifikan lebih kecil dengan waktu perebusan TBS lebih singkat dan biaya maintenance yang minimal.



Gambar 3: Sterilizer vertikal

b. Sterilizer Horizontal

Sterilizer dengan tipe horizontal memiliki bentuk silinder dengan karakteristik horizontal dan dilengkapi dengan lori untuk alat transportasi pengangkutan TBS. Saturated Vapor digunakan sebagai fluida kerja dari sterilizer. Uap yang mengandung energi panas tersebut digunakan untuk merebus dan sterilisasi buah kelapa sawit. Sterilizer tipe horizontal memerlukan area yang lebih luas dibandingkan dengan tipe vertikal dengan kapasitas lebih besar dan juga biaya yang dikeluarkan akan lebih tinggi. (Rafil dkk, 2023).



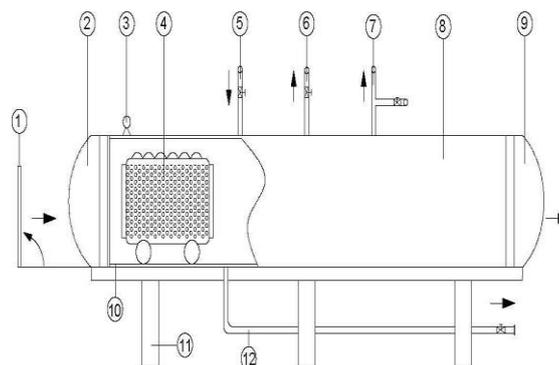
Gambar 4: Sterilizer horizontal

1.3. Fungsi Sterilizer

Fungsi dari Sterilizer pada proses pengolahan CPO adalah; Untuk menurunkan kadar air dalam buah, untuk membantu melepaskan butir-butir buah dari tandannya, untuk mematikan enzim-enzim yang mampu menguraikan minyak, untuk menghidrolisa zat-zat lender, tahapan persiapan proses pengempaan atau pelunakkan buah dan melepaskan mesocarp dari nut, tahapan persiapan pengolahan biji untuk melepaskan kernel dari cangkang dan membantu cangkang mudah pecah.

1.4. Komponen Sterilizer

Secara umum komponen-komponen utama dari Sterilizer dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Komponen sterilizer

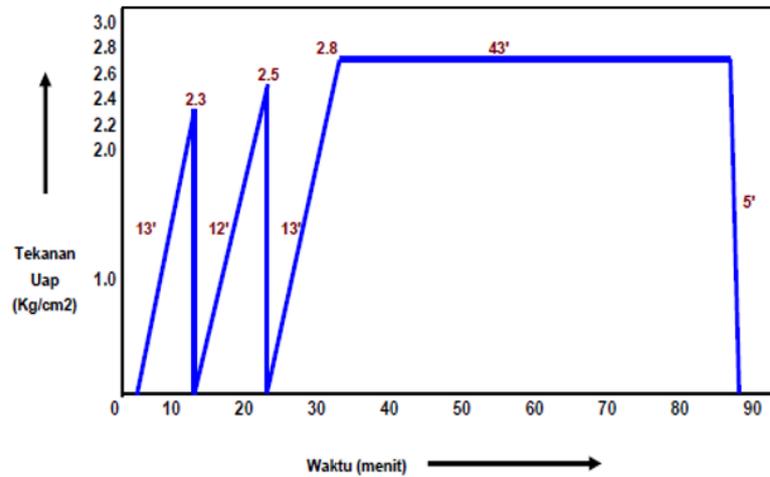
Komponen sterilizer terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. *Rail track* pintu
- b. Pintu pemasukan lori
- c. *Manometer*
- d. Lori
- e. *Pipa inlet steam*
- f. *Exhaust Steam*
- g. *Safety valve*
- h. Ketel rebusan
- i. Pintu keluar lori
- j. *Rail track* di dalam rebusan
- k. Pondasi (kaki rebusan)
- l. Pipa pembuangan air kondensat

1.5. Sistem Triple peak

Proses sterilisasi dilakukan menggunakan sistem *triple peak* (perebusan 3 puncak). Proses pada puncak pertama adalah membuang udara dalam bejana sterilizer. Udara merupakan penghambat aliran dalam *steam* sehingga udara tersebut harus dibuang. sehingga perpindahan panas ke TBS tidak terhambat. Puncak kedua bertujuan untuk menekan kembali sisa udara yang masih berada dalam bejana dan membuang udara serta uap air. Pada proses ini kondensat juga akan keluar, sehingga kandungan udara semakin kecil. Pada puncak ketiga bertujuan untuk penetrasi pada uap masuk kedalam berondolan terdalam pada tandan buah sawit. Proses ini bertujuan menonaktifkan enzim dan melunakkan mesocarp sehingga mudah lepas dari tandan dan nut (Nugraha dkk, 2023).

Sistem *triple peak* digunakan pada proses perebusan. Dalam proses ini diberikan uap kondensat yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan rincian sebagai berikut:

Gambar 6: Sistem *triple peak*

Sistem Perebusan Tripple Peak adalah sebagai berikut:

1. Menaikkan tekanan uap puncak I dari 0 - 2 kg/cm² selama ± 8 menit
2. Pembuangan uap dari 2 - 0 kg/cm²; buang air kondensat ± 4 menit
3. Menaikkan tekanan uap puncak II dari 0 - 2.5 kg/cm² selama ± 12 menit
4. Pembuangan uap dari 2.5 - 0 kg/cm²; buang air kondensat ± 7 menit
5. Menaikkan tekanan uap puncak III dari 0 - 3 kg/cm² selama ± 14 menit
6. Penahanan waktu perebusan selama ± 45 menit
7. Dilakukan pembuangan uap dari 3 - 0 kg/cm²; buang air kondensat ± 5 menit
8. Selesai

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian kuantitatif yang dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit yang berlokasi di Sumatera Utara. Pengambilan data dilakukan dengan cara observasi lapangan. Penelitian terbatas pada stasiun sterilizer untuk mengetahui proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit.

2.2. Tahapan Proses Perebusan Buah Sawit

Proses perebusan dilakukan dengan sistem *triple peak* dalam waktu satu siklus selama 90 menit yang dibagi dalam 3 tahapan yaitu; puncak pertama (*first peak*) dengan tekanan sampai 2,0 Kg/cm², uncah kedua (*second peak*) dengan tekanan sampai 2,50 Kg/cm², dan puncak ketiga (*third peak*) dengan tekanan sampai 2,8-3,0 Kg/cm².

Gambar 7: Grafik sistem *triple peak* di sterilizer

2.3. Sistem Kerja Sterilizer

Sistem kerja sterilizer menggunakan beberapa alat antara lain; *Inlet* sebagai *supply steam* dari *back pressure vessel*. daerah berfungsi membuang udara agar proses perebusan optimal, condensat yang digunakan untuk membuang kondensat hasil perebusan. *exhaust* berfungsi membuang *steam* melalui *blow down silencer*.

Sistem kerja sterilizer dapat dilihat pada waktu dan pengaturan *triple peak* pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Dan Pengaturan *Triple Peak*

| Step | Durasi | Inlet | Daerasi | Condensat | Exhaust |
|---------------------|---------------|-----------|---------|-----------|---------|
| 1. | | On/Off | On/Off | On/Off | On/Off |
| 2. | 3 Menit | On | On | On | On |
| 3. | 12 Menit | On | Off | Off | Off |
| 4. | 2 Menit | Off | On | On | On |
| 5. | 15 Menit | On | Off | Off | Off |
| 6. | 3 Menit | Off | On | On | On |
| 7. | 40 Menit | On | Off | Off | Off |
| 8. | 15 Menit | Off | On | On | Off |
| 9. | 5 Menit | Off | On | On | On |
| 10. | 5 Menit (Isi) | Off | Off | Off | Off |
| Total waktu rebusan | | 100 Menit | | | |

2.5. Kebutuhan Tekanan Uap

Kalor yang dibutuhkan sterilizer untuk merebus Tandan Buah Segar (TBS) dalam satu kali perebusan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = M \times C_p \times \Delta t \quad (1)$$

Dimana:

M= Massa aliran FFB (*Fresh Fruit Bunch*) 30 Ton FFB / Jam

Δt = Beda temperatur kerja ($^{\circ}\text{C}$)

C_p = Panas jenis rata-rata TBS (Kkal/Kg $^{\circ}\text{C}$)

Untuk mengetahui besarnya kalor uap yang diberikan dapat dirumuskan:

$$Q_u = M_u \times L_h \quad (2)$$

Dimana:

M_u = Massa aliran uap yang dibutuhkan oleh sterilizer (Kg /jam)

L_h = Panas latent pada temperatur 135°C

Panas yang dibutuhkan Sterilizer = Panas yang diberikan oleh uap (*steam*)

$$Q_{(st)} = Q_u \quad (3)$$

Dimana: Q_u = Panas yang diberikan oleh uap (*steam*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Pengumpulan data dilakukan terhadap kerja sterilizer yang dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengumpulan data yang akan dilakukan yaitu analisa performa kerja sterilizer (perebusan) tipe horizontal dengan menggunakan tekanan uap yang masuk sama dengan uap yang dibutuhkan dalam sekali perebusan.

Tabel 2. Hasil Pengumpulan Data

| Data Observasi | |
|---------------------------------|-----------------------|
| Suhu awal sterilizer | 30°C |
| Suhu sterilizer setelah bekerja | 135°C |
| Kapasitas sterilizer | 40 ton/unit |
| Hasil serabut 1 ton TBS | 120 Kg |

Adapun data teknis Sterilizer yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bentuk/model: Silinder memanjang horizontal
2. Diameter Silinder bagian dalam: 2700 mm
3. Diameter Silinder bagian luar: 2720 mm
4. Panjang Sterilizer: 19450 mm
5. Kapasitas: 40 ton (6 lori x 5 ton TBS)
6. Tekanan uap: 2,8 s/d 3,2 kg/cm²
7. Temperatur uap: 120°C – 135°C
8. Waktu perebusan : 90 – 100 menit
9. Mengeluarkan dan Masukkan Lori: 10 menit
10. Jumlah TB /Lori: 5 ton TBS
11. Banyak Sterilizer dipakai: 2 Unit
12. Jumlah Lori / Sterilizer: 6 lori
13. Jumlah Perebusan selam 24 jam: 14 s/d 15 kali
14. Jumlah Pipa kondensat/Sterilizer: 5 - 6 pipa
15. Sistem Perebusan: 3 tahap perebusan

3.2. Pembahasan

Adapun pembahasan analisis kebutuhan uap pada sistem *triple peak* adalah sebagai berikut:

Kalor yang dibutuhkan sterilizer untuk merebus Tandan Buah Segar (TBS) dalam satu kali perebusan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = M \times C_p \times \Delta t$$

$$Q_s = 8,3 \times 847 \times (135^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$Q_s = 738.160,5 \text{ KKal/s}$$

Perhitungan panas laten dengan massa air FFB 3.600 Kg/jam dan panas latent pada temperatur 135°C

$$Q_u = M_u \times L_h$$

$$Q_u = 3.600 \times 2.159,1$$

$$Q_u = 7.772.760.kJ$$

Uap yang dibutuhkan

$$M_u = Q_u + Q_s$$

$$M_u = 8.510.920,5 \text{ KKal/30 ton TBS}$$

Penelitian ini membahas analisis kebutuhan uap pada sistem *triple peak* stasiun sterilizer yang berkapasitas 30 ton/jam. Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode observasi di salah satu pabrik kelapa sawit di Sumatera Utara. Data hasil observasi merupakan data kandungan FFB, suhu awal sterilizer, suhu akhir sterilizer setelah bekerja, kapasitas sterilizer dan nilai hambatan pada sterilizer asumsi tidak ada. Kebutuhan uap untuk setiap rebusan di setiap pabrik pengolahan *Crude Palm Oil* berbeda. Hasil penelitian memperoleh kalor yang dibutuhkan sebesar 738.160,5 KKal/s, panas laten 7.772.760.kJ dan uap yang dibutuhkan sebesar 8.510.920,5 KKal/30 ton TBS.

4. KESIMPULAN

Penelitian analisis kebutuhan uap pada sistem *triple peak* di stasiun sterilizer dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: Sistem kerja sterilizer horizontal menggunakan sistem *triple peak* (tiga puncak) dengan waktu perebusan 90-100 menit, tekanan 2,8 s/d 3,2 kg/cm² dan temperatur 120 °C – 135 °C. Oil losses di air kondensat yang diperbolehkan 0,8 – 1,0% sehingga kehilangan minyak yang tinggi maka akan berpengaruh pada kualitas CPO. Hasil penelitian memperoleh kalor yang dibutuhkan sebesar 738.160,5 KKal/s, panas laten 7.772.760.kJ dan uap yang dibutuhkan sebesar 8.510.920,5 KKal/30 ton TBS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih Para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan oleh Dr. Ir. Abdi Hanra Sebayang, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Admajaya, F. T. (2021). Uji kinerja alat pemisah kernel dan cangkang kelapa sawit menggunakan larutan tanah liat.
- Gultom, K., Ramadhani, S., Herdinda, S., & Hasibuan, A. (2023). Analisis sistem pengolahan kelapa sawit dan pemanfaatan limbah kelapa sawit di pt. Perkebunan nusantara iv unit dolok ilir. *Cross-border*, 6(2), 1167-1174.
- Mubarak, A. L., Sofwan, A., & Bismantolo, P. (2022). Analisa Performa Kerja Sterilizer Of Crude Palm Oil. *Rekayasa Mekanika*, 6(1), 39-50.
- Nugraha, I., & Supriyanto, G. (2023). Pengaruh Lama Waktu Penaikan Setiap Puncak Kehilangan Minyak (Oil Losses) pada Air Rebusan di PKS Adolina Sumatera Utara. *Agrotechnology, Agribusiness, Forestry, and Technology: Jurnal Mahasiswa Instipster (AGROFORETECH)*, 1(3), 2040-2050.
- Rafil, R. A., Sinaga, L. M., Kurniadi, S., Elfiano, E., & Saragih, S. A. (2023). Analisa Termal Pada Sterilizer Crude Palm Oil Di Pt. Perkebunan Nusantara V Sei Galuh. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(1), 44-62.
- Sunanto, S., & Abadi, F. (2021). Optimasi Pengaturan Steam Uap Menggunakan Algoritma Greedy Untuk Mendukung Proses Perebusan Kelapa Sawit. *Journal of Software Engineering and Information Systems (SEIS)*, 30-35.
- Ulimaz, A., Nuryati, N., Ningsih, Y., & Hidayah, S. N. (2021). Analisis Oil Losses pada Proses Pengolahan Minyak Inti Kelapa Sawit di PT. XYZ dengan Metode Seven Tools. *jurnal teknologi agro-industri*, 8(2), 124-134.
- Zakaria, Z., & Susanto, H. (2022). Analisa Kerusakan Pada Rebusan (Sterilizer) Kelapa Sawit Di Pt. Beurata Subur Persada. *Jurnal Mahasiswa Mesin*, 1(1), 1-8.