

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL KINERJA MESIN *PRESS* TANDAN KOSONG (*EMPTY FRUIT BUNCH* *PRESS*) KAPASITAS 15 TON/JAM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ALDIANSAH PUTRA
2107230098



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aldiansah Putra
NPM : 2107230098
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Hasil Kinerja Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Press Bunch Press) Kapasitas 15 Ton/Jam
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Arya Rudi Nst, S.T., M.T.

Dosen Penguji III.



H. Muarnif M, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Aldiansah Putra
Tempat/Tanggal lahir : Medan/09 Desember 1997
NPM : 2107230098
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS HASIL KINERJA MESIN PRESS TANDAN KOSONG (*EMPTY FRUIT BUNCH PRESS*) KAPASITAS 15 TON/JAM”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik

Bila dikemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2025

Saya yang menyatakan



Aldiansah Putra

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) tipe KH-777-15 Kapasitas 15 Ton/Jam di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Adolina, khususnya dalam menurunkan kandungan minyak residual pada tandan kosong kelapa sawit (*EFB*). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pengujian sampel *EFB* melalui proses pengepresan pada tekanan kerja mesin sebesar 50 bar. Sampel dianalisis menggunakan alat *FOSS NIR* untuk mengetahui kadar minyak berbasis basah (*Oil/WM*), kadar minyak berbasis kering (*Oil/DM*), kadar air (*Volatile Matter*), serta kandungan *Non Oil Solid (NOS)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar minyak sisa pada basis basah (*Oil/WM*) adalah 1,12% dan pada basis kering (*Oil/DM*) sebesar 1,85%. Kandungan air (*VM*) tercatat 39,68%, sedangkan kandungan padatan non-minyak (*NOS*) mencapai 59,21%. Temuan ini menunjukkan bahwa mesin press efektif dalam mengurangi *oil losses*, meskipun masih terdapat sisa minyak sekitar 1–2% yang belum terambil. Faktor-faktor seperti distribusi umpan, kondisi fisik *EFB*, dan keterbatasan tekanan mekanis *screw press* memengaruhi hasil ekstraksi. Secara keseluruhan, mesin press tipe KH-777-15 berfungsi dengan baik dalam menurunkan kandungan minyak dan air pada *EFB*, namun efisiensinya masih dapat ditingkatkan melalui optimasi tekanan, kecepatan *screw*, serta pemanfaatan unit tambahan seperti *Fiber Oil Recovery Press*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan efisiensi energi, pemanfaatan limbah, dan penerapan konsep *zero waste* pada industri kelapa sawit.

Kata kunci: Kelapa Sawit, Tandan Kosong (*EFB*), Mesin Press Kapasitas 15 Ton/Jam, Minyak Residual, Efisiensi Ekstraksi.

ABSTRACT

This research aims to analyze the performance of the Empty Fruit Bunch (EFB) Press machine type KH-777-15 with a capacity of 15 tons/hour at the Adolina Palm Oil Mill (POM), particularly in reducing residual oil content in palm oil empty fruit bunches (EFB). The research method employed was an experimental approach by testing EFB samples through the pressing process at a machine working pressure of 50 bar. The samples were analyzed using a FOSS NIR instrument to determine the oil content on a wet basis (Oil/WM), oil content on a dry basis (Oil/DM), moisture content (Volatile Matter), and Non-Oil Solid (NOS) content. The test results showed that the residual oil content on a wet basis (Oil/WM) was 1.12% and on a dry basis (Oil/DM) was 1.85%. The moisture content (VM) was recorded at 39.68%, while the non-oil solid (NOS) content reached 59.21%. These findings indicate that the press machine is effective in reducing oil losses, although around 1–2% of oil remains unextracted. Factors such as feed distribution, the physical condition of the EFB, and the mechanical pressure limitations of the screw press influenced the extraction results. Overall, the KH-777-15 press machine performs well in reducing oil and moisture content in EFB; however, its efficiency can still be improved through optimization of pressure, screw speed, and the use of additional units such as a Fiber Oil Recovery Press. The results of this research are expected to support efforts in enhancing energy efficiency, waste utilization, and the implementation of the zero-waste concept in the palm oil industry.

Keywords: Palm Oil, Empty Fruit Bunch (EFB), Press Machine 15 Tons/Hour Capacity, Residual Oil, Extraction Efficiency.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul “Analisis Hasil Kinerja Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Kapasitas 15 Ton/Jam”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H Muharnif M, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Chandra A Putra Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis

8. Istri tercinta, Pipit Lestari, yang selalu setia mendampingi, memberikan doa, semangat, serta kesabaran tanpa henti dalam menemani proses penulisan skripsi ini hingga selesai.
9. Ayahanda tercinta, Bakri, dan Ibunda tercinta, Sulastiani, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta motivasi yang tiada hentinya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 15 September 2025



Aldiansah Putra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xii

BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.1.1 Landasan Teori Tambahan	6
2.2. Proses Pengolahan Crude Palm Oil (CPO)	6
2.3. Stasiun Rebusan (<i>Sterilizer Station</i>)	6
2.4. Stasiun Penebahan (<i>Threshing Station</i>)	8
2.5. Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	9
2.6. Cara Kerja Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	10
2.7. Tipe – Tipe Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	10
2.8. Mesin Press tandan kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>) Tipe KH-777-15	12
2.8.1 Komponen – Komponen Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>) Tipe KH-777-15	13
2.8.2 Cara Kerja Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>) Tipe KH-777-15	28
2.9 Faktor – Faktor Peningkatan Efektivitas Pengepresan Mesin Pres Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	30
2.10 Faktor – Faktor Turunnya Efektivitas Mesin Pres Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	33
2.11 Jam Kerja Mesin Pres Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>)	35
2.12. Tandan Kosong	36
2.13. Produk dari Hasil Mesin Press Tandan Kosong (<i>Empty Fruit Bunch Press</i>) Tipe KH-777-15	37
2.14. Alur Keluaran Hasil Proses Mesin Press Tandan Kosong	38
BAB 3 METODE PENELITIAN	41

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.1.1	Tempat Penelitian	41
3.1.2	Waktu Penelitian	41
3.2	Bahan dan Alat	41
3.2.1	Alat yang digunakan	41
3.2.2	Bahan yang digunakan	44
3.3	Diagram Alir Penelitian	46
3.4	Rancangan Alat Penelitian	47
3.5	Prosedur Penelitian	47
3.6	Variabel Penelitian	48
3.7	Pengumpulan Data	49
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1	Hasil	52
4.2	Pembahasan	53
4.2.1	Faktor yang Mempengaruhi Hasil	55
4.2.2	Implikasi Praktis	55
4.2.3	Kinerja Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press) Tipe KH 777-15	56
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA	60
	Lampiran 1. Surat Izin Pengambilan Data	
	Lampiran 2. Lembar Asistensi	
	Lampiran 3. SK Pembimbing	
	Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Stasiun rebusan	7
Gambar 2.2. <i>Threshing Drum</i> (Sumber PTPN IV Reg II Unit PKS Adolina)	9
Gambar 2.3. Motor Penggerak	14
Gambar 2.4. Gear Box	16
Gambar 2.5. Main Shaft	17
Gambar 2.6. Screw Press	19
Gambar 2.7. Low Pressure Worm	21
Gambar 2.8. Medium pressure Worm	22
Gambar 2.9. Cone Point	23
Gambar 2.10. Silinder/cage Berlubang (Ruang Press)	25
Gambar 2.11. Saluran Pengeluaran Cairan (Drainage Channel)	26
Gambar 2.12. Panel Kontrol (Control Panel)	28
Gambar 2.13 Tandan Kosong (Sumber PKS PTPN IV Adolina)	37
Gambar 3.1. Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press)	42
Gambar 3.2. Timbangan Digital	43
Gambar 3.3. Manometer / Pressure Gauge	43
Gambar 3.4. FOSS NIR	44
Gambar 3.5. Tandan Kosong Kelapa Sawit	44
Gambar 3.6. Serat/Fiber Hasil Press tandan Kosong	45
Gambar 3.7. Rancangan Alat Penelitian	47
Gambar 3.8. Serat/Fiber dari hasil Press <i>Mesin Empty Fruit Bunch Press</i>	47
Gambar 3.9. Menimbang sampel tandan kosong sebelum dilakukan Pengepressan	49
Gambar 3.10. Pengambilan sampel Serat/fibre screw press (Sumber PTPN IV REG II Unit Pks Adolina Perbaungan)	50
Gambar 3.11. Hasil	50
Gambar 4.1. Hasil pengujian menggunakan alat <i>FOSS NIR (Near Infrared Reflectance)</i>	53
Gambar 4.2. Grafik Hasil penelitian	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel rencana jadwal penelitian	41
Tabel 4.1. Hasil Analisa Mesin Empty Fruit Bunch Press	52

DAFTAR NOTASI

Simbol / Singkatan	Keterangan
EFB	Empty Fruit Bunch (Tandan Kosong Kelapa Sawit)
TKKS	Tandan Kosong Kelapa Sawit
CPO	Crude Palm Oil (Minyak Sawit Mentah)
PKO	Palm Kernel Oil (Minyak Inti Sawit)
TBS	Tandan Buah Segar
Oil/WM	Oil content on Wet Matter basis (Kadar Minyak berbasis basah)
Oil/DM	Oil content on Dry Matter basis (Kadar Minyak berbasis kering)
VM	Volatile Matter (Kadar air)
NOS	Non Oil Solid (Padatan non-minyak)
P	Tekanan kerja mesin press (bar)
Q	Kapasitas mesin (Ton/jam)
η	Efisiensi ekstraksi minyak (%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tanaman yang potensial tersebut adalah kelapa sawit. Kelapa sawit atau dalam Bahasa latin disebut *Elaeis guineensis* Jacq adalah tanaman palma yang dapat tumbuh subur di dataran menengah atau pada ketinggian 200–300 meter di atas permukaan laut (Harahap et al., 2025). Kelapa sawit adalah jenis tanaman dimana seluruh bagiannya seperti batang, daun, pelepah, cangkang/serabut dan terutama buah kelapa sawit itu sendiri dapat dimanfaatkan dengan baik untuk kebutuhan manusia (Kaniapan et al., 2021). Salah satu kebutuhan manusia di bidang pangan adalah minyak goreng. Minyak goreng dihasilkan dari pengolahan minyak sawit mentah atau CPO pada pabrik kelapa sawit yang kemudian diproses pada pabrik minyak goreng dan juga dapat menghasilkan barang-barang turunan lain seperti sabun, mentega, dan lain-lain (Oke et al., 2015)

Buah kelapa sawit, dikenal sebagai Tandan Buah Segar (TBS), ketika diolah akan menghasilkan *Crude Palm Oil (CPO)* dan kernel/inti (*Elaeis guineensis*) — minyak terutama berasal dari mesokarp buah, sedangkan Inti Kelapa Sawit (PKO) diperoleh dari kernel/jantung buah. Selain itu, dari pemrosesan TBS juga dihasilkan Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch – EFB*) yang banyak dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit namun seringkali kurang dimanfaatkan sehingga menjadi limbah sia-sia (Setiawan et al., 2020).

Tandan kosong kelapa sawit (*Empty Fruit Bunch/EFB*) masih mengandung minyak sisa sekitar 0,15%–0,3% setelah proses pengolahan, sehingga pada kapasitas pabrik kelapa sawit 60 ton TBS/jam dapat menghasilkan minyak sawit mentah tambahan sebesar 0,09–0,12 ton/jam. Selain itu, serat EFB memiliki kandungan energi sekitar 20,57 MJ/kg, yang setara dengan kayu komersial, sehingga sangat potensial digunakan sebagai bahan bakar boiler maupun energi padat terbarukan (Umor et al., 2021).

Untuk mengolah tandan kosong atau *Empty Fruit Bunch (EFB)* agar menghasilkan minyak sisa dan ampas/*fibre*, digunakan mesin press EFB. Mesin ini umumnya memiliki kapasitas hingga 5–15 ton per jam, dan mampu mengekstrak minyak sekitar 5,23% dari EFB yang diproses (Mahyunis et al., 2025).

Mesin press yang umum digunakan untuk ekstraksi minyak pada industri kelapa sawit adalah *screw press*, di mana tekanan yang dihasilkan oleh putaran screw yang dikendalikan secara elektrik atau hidrolik sangat berpengaruh terhadap jumlah dan kualitas CPO yang dihasilkan. Tekanan optimal antara 50–60 bar terbukti efektif menekan loss minyak dan memastikan efisiensi ekstraksi (Muhammad Afriza Zaini et al., 2022).

Peningkatan tekanan pada mesin press dapat meningkatkan jumlah minyak yang diekstraksi, tetapi juga dapat mempengaruhi kualitas minyak dan komponen mesin. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tekanan pada mesin press, terutama pada *screw press*, dapat membantu melepaskan lebih banyak minyak dari tandan kosong. Namun, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan peningkatan kandungan impuritas padat dalam minyak, yang dapat menurunkan kualitas minyak tersebut. Oleh karena itu, penting untuk mengatur tekanan secara optimal agar dapat memaksimalkan hasil ekstraksi tanpa mengorbankan kualitas minyak (Taiwo, 2022).

Dengan adanya Mesin Press Tandan Kosong, pabrik kelapa sawit dapat mengurangi kerugian minyak yang terbuang sebagai limbah, sehingga meningkatkan tingkat ekstraksi minyak yang diharapkan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin press dapat meningkatkan persentase ekstraksi minyak (OER) sebesar 0,16% dibandingkan tanpa penggunaan mesin press (Radwitya et al., 2023). Selain itu, minyak sawit dan ampas/fibe yang dihasilkan dari proses ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas ketel uap, yang pada gilirannya meningkatkan kinerja turbin dan menghasilkan daya listrik untuk kebutuhan pabrik. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler telah terbukti efektif dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan (Praevia & Widayat, 2022).

Urgensi penelitian ini semakin nyata jika dikaitkan dengan isu efisiensi energi dan pengelolaan limbah di industri kelapa sawit. Tandan kosong yang jumlahnya melimpah sering kali belum dimanfaatkan secara optimal, padahal memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif dan produk turunan lainnya. Dengan adanya mesin press tandan kosong tipe KH-777-15, limbah ini tidak hanya menjadi lebih mudah diolah, tetapi juga dapat memberikan nilai tambah bagi perusahaan. Oleh

karena itu, penelitian ini memiliki posisi strategis, baik dalam mendukung peningkatan produktivitas pabrik kelapa sawit maupun dalam mendorong tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan di sektor energi dan lingkungan.

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, maka penulis akan menganalisa hasil dari kinerja mesin press ini agar dapat mengetahui kapasitas ekstraksi kandungan minyak yang diharapkan dengan cara antara lain :

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas penulis merumuskan masalah yang akan dibahas dalam laporan ini yaitu:

1. Bagaimana menganalisis kinerja mesin press tandan kosong?
2. Bagaimana hasil dari analisis proses kinerja mesin press tandan kosong dengan minyak yang didapat atau material lainnya?

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan latar belakang dan tujuan diatas, maka penulisan laporan Tugas Akhir ini menitik beratkan pada pembahasan, sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menganalisis proses kinerja mesin press tandan kosong
2. Bagaimana hasil kinerja mesin press tandan kosong

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis cara kerja mesin press tandan kosong.
2. Untuk menganalisis hasil yang didapat dari kinerja mesin press tandan kosong

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan perancangan ini adalah :

1. Dapat mengetahui proses kinerja mesin press tandan kosong
2. Dapat mengetahui berapa sisa minyak yang tersisa dari proses kinerja mesin press tandan kosong

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh Erick Radwitya, Marisa Nopriyanti, dan Nica septianti. Politeknik Negeri Ketapang. Meneliti tentang produktivitas pada mesin empty bunch press untuk menaikkan jumlah *oil extraction rendemen (OER)* Minyak kelapa sawit. Menggunakan penelitian kualitatif dengan metode studi kasus (studi kasus : Sentosa Prima Agro).

Metode penelitian adalah suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Menurut Creswell (2015), metode studi kasus (*case study*) adalah sebuah model yang memfokuskan eksplorasi “sistem terbatas” (*bounded system*) atas satu kasus ataupun pada sebagian kasus secara Terperinci dengan penggalian data secara mendalam. Beragam sumber informasi yang kaya akan konteks dilakukan untuk penggalian data. Analisa yang digunakan adalah ekstraksi sokletasi merupakan suatu metode pemisahan zat dari campurannya dengan pemanasan, pelarut yang digunakan akan mengalami sirkulasi, dibandingkan dengan cara marerasi, ekstraksi sokletasi memberikan hasil ekstrak yang lebih tinggi (Sri Irianty dan Yenti, 2014).

Studi Literatur dan Pengamatan lapangan Studi literatur merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan data serta teori yang berhubungan dengan proses produksi, pengepresan dan minyak kelapa sawit dari penelitian terdahulu, sedangkan pengamatan lapangan dilakukan secara langsung data lapangan baik dari bahan baku, proses produksi, analisa mutu, dan pengamatan OER pada proses pengolahan di stasiun empty bunch press di PT Sentosa Prima Agro selama periode 01 Juni sampai dengan tanggal 27 Juni 2022.

Pengumpulan data ini dilakukan dengan pengumpulan data TBS yang diolah dan data hasil pengujian di laboratorium. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer mengenai jumlah hasil minyak yang terdapat pada tandan kosong setelah di press di mesin empty bunch press dari tanggal 01 Juni sampai 27 Juni 2022.

2.1.1 Landasan Teori Tambahan

a. Teori Mekanika Fluida Pada Screw Press

Prinsip kerja screw press didasarkan pada mekanisme gaya tekan yang dihasilkan oleh ulir (screw). Tekanan (P) yang bekerja pada material dipengaruhi oleh torsi (T) yang diberikan motor penggerak, serta luas penampang ulir. Hubungan dasar dapat dinyatakan dengan:

$$P = \frac{T}{A \cdot r}$$

Dimana :

- P = tekanan (bar)
- T = torsi ulir (Nm)
- A = luas penampang efektif ulir (m²)
- r = jari-jari ulir (m)

Semakin besar tekanan yang diberikan, semakin banyak minyak yang dapat diekstraksi, namun hal ini juga meningkatkan beban kerja mesin.

b. Efisiensi Ekstraksi Minyak

Efisiensi ekstraksi minyak dari TKKS dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta = \frac{Q_{\text{minyak potensial}}}{Q_{\text{minyak hasil}}} \times 100\%$$

Nilai efisiensi ekstraksi biasanya berkisar antara 75–85%, bergantung pada kondisi bahan baku dan parameter operasional mesin.

c. Konsep *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Untuk mengukur kinerja mesin, digunakan indikator *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* yang terdiri dari tiga aspek utama:

1. *Availability* → seberapa lama mesin beroperasi dibandingkan waktu yang direncanakan.
2. *Performance* → perbandingan antara kecepatan operasi aktual dengan kecepatan ideal.
3. *Quality* → persentase produk yang sesuai standar dibandingkan total produk yang dihasilkan.

Dengan menggunakan OEE, efektivitas mesin press dapat diukur secara lebih komprehensif, tidak hanya dari sisi hasil minyak, tetapi juga dari aspek waktu dan kualitas.

d. Zero Waste Industry pada Kelapa Sawit

Konsep *zero waste industry* dalam industri kelapa sawit menekankan pemanfaatan seluruh bagian dari Tandan Buah Segar (TBS). TKKS yang diproses dengan mesin press tidak hanya menghasilkan minyak tambahan, tetapi juga fiber yang bisa dijadikan bahan bakar, pupuk organik, atau bahan baku industri lainnya. Dengan demikian, penelitian ini relevan untuk mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi energi.

2.2 Proses pengolahan *Crude Palm Oil (CPO)*

Sawit adalah tanaman penghasil minyak sawit *Crude Palm Oil* dan inti sawit Palm Kernel merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia. Dalam proses pengolahan buah sawit dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu mesin dan melewati beberapa stasiun sebelum buah menjadi minyak. Stasiun pertama yaitu stasiun *sterilizer* atau stasiun perebusan, dimana buah di dalam lori direbus kemudian dilanjutkan ke stasiun *thresher* untuk memisahkan antara buah dengan tandan, buah yang terpisah dari tandan diangkut dengan menggunakan *fruit elevator* menuju digester untuk dilakukan proses pelumatan pada buah dan pada saat buah masuk ke dalam *screw press* buah diperas hingga minyak terpisah dengan daging buah dan biji. *Screw press* dan *digester* merupakan mesin yang sangat penting dalam menunjang kelancaran produksi pada sebuah pabrik kelapa sawit (John et al., 2019)

2.3 Stasiun Rebusan (*Sterilizer Station*)

Stasiun perebusan atau *sterilizer station* merupakan salah satu tahap paling penting dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit. Tahap ini berfungsi untuk memberikan perlakuan awal berupa pemanasan dengan uap (steam) bertekanan tinggi terhadap tandan buah segar sebelum masuk ke proses perontokan (*threshing*) dan pengepresan (*pressing*). Proses perebusan dilakukan di dalam bejana khusus yang disebut sterilizer, yang biasanya berbentuk silinder

horizontal dengan kapasitas besar, dilengkapi pintu buka-tutup yang dapat dikunci rapat agar tahan terhadap tekanan uap.



Gambar 2.1 Stasiun rebusan

Tujuan utama dari proses perebusan adalah untuk melunakkan jaringan buah sehingga daging buah (mesokarp) mudah dipisahkan dari bijinya (kernel) pada tahap selanjutnya. Selain itu, perebusan juga berfungsi untuk menonaktifkan enzim lipase yang terdapat pada buah sawit. Enzim ini, jika tidak segera dihentikan aktivitasnya, akan memecah minyak sawit menjadi asam lemak bebas (free fatty acid/FFA), yang dapat menurunkan kualitas minyak sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO). Dengan demikian, perebusan sangat berpengaruh terhadap mutu akhir CPO yang dihasilkan pabrik.

Dari sisi teknis, perebusan dilakukan menggunakan steam dengan tekanan 2,8–3,0 kg/cm² pada suhu sekitar 130–140 °C. Tandan buah segar dimasukkan ke dalam sterilizer dengan menggunakan lori (fruit cage) yang didorong melalui rel khusus. Setelah sterilizer penuh, pintu ditutup rapat, lalu uap panas dialirkan sesuai siklus yang telah ditentukan. Umumnya, perebusan dilakukan dengan sistem triple peak, yaitu siklus perebusan bertahap yang terdiri dari tiga kali pengisian uap dengan tekanan yang berbeda-beda. Metode ini terbukti efektif untuk mematangkan buah secara merata dan memastikan pengolahan berikutnya berjalan optimal.

Manfaat lain dari stasiun perebusan adalah membantu melepas buah dari tandannya. Perebusan menyebabkan buah mengerut dan tandan menjadi lebih longgar, sehingga pada proses perontokan di stasiun *threshing*, brondolan buah lebih mudah terlepas dari spikelet tandan. Selain itu, perebusan juga berfungsi

untuk mengurangi kadar air pada tandan kosong (EFB) dan mempermudah pemisahan cangkang serta kernel pada tahap pengolahan berikutnya.

Sterilizer modern umumnya dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis yang dapat mengatur tekanan, suhu, dan waktu perebusan secara presisi. Hal ini bertujuan untuk menjaga konsistensi mutu produksi serta efisiensi energi. Waktu perebusan yang terlalu singkat dapat menyebabkan buah belum matang sempurna, sehingga minyak sulit diekstraksi dan rendemen (OER) menjadi rendah. Sebaliknya, perebusan yang terlalu lama justru dapat menurunkan kualitas minyak karena degradasi termal dan peningkatan kadar FFA. Oleh sebab itu, pengaturan parameter perebusan harus dilakukan dengan cermat berdasarkan standar operasional pabrik.

Dari perspektif lingkungan, perebusan juga menghasilkan limbah berupa kondensat sterilizer yang bercampur dengan minyak. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat meningkatkan beban polutan pada Palm Oil Mill Effluent (POME). Untuk mengatasinya, banyak pabrik sawit kini menerapkan sistem penampungan kondensat dan pemulihan minyak dari limbah sterilizer, sehingga selain mengurangi pencemaran juga meningkatkan efisiensi perolehan minyak.

Secara keseluruhan, stasiun perebusan merupakan “gerbang awal” yang menentukan keberhasilan proses ekstraksi minyak sawit. Kualitas perebusan akan sangat memengaruhi proses perontokan, pengepresan, hingga kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengoperasian sterilizer harus dilakukan sesuai prosedur teknis, dengan mempertimbangkan efisiensi energi, mutu produksi, serta dampak lingkungan

2.4 Stasiun Penebahan (*Threshing Station*)

Setelah direbus, tandan buah sawit (TBS) diangkat menggunakan *hoisting crane* dan dimasukkan ke dalam *automatic feeder*, lalu diteruskan ke *threshing drum*. Dalam proses ini, mekanisme rotasi dari drum menyebabkan buah terangkat lalu terbanting, sehingga *berondolan buah terlepas dari tandan* (Itabiyi et al., 2024).

Buah sawit yang telah direbus (sterilisasi) kemudian diangkut dengan *hoisting crane* ke *automatic feeder* dan diteruskan ke *threshing drum*. Di sini, putaran drum menyebabkan buah terangkat dan terbanting, sehingga berondolan

(buah) terpisah dari tandan dan jatuh melalui kisi-kisi berondolan ke *screw conveyor* untuk selanjutnya dialirkan ke digester, sementara tandan kosong (EFB) dibawa oleh konveyor rantai (*bunch hopper*) ke penyimpanan atau *incinerator* (Akhbari et al., 2020). Tandan kosong inilah yang akan diproses ke dalam Mesin Press Tandan Kosong untuk menghasilkan minyak dan fiber/ampas



Gambar 2.2 *Threshing Drum* (Sumber PTPN IV Reg II Unit PKS Adolina)

2.5 Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*)

Mesin press EFB penting dalam mengolah limbah tandan kosong yang masih mengandung minyak residual (Yunos et al., 2015). menunjukkan bahwa minyak residual dalam EFB (baik spikelet maupun *press-shredded fiber*) berkisar antara 2%–7% (basis kering) nilai ini cukup signifikan untuk diekstrak dan meningkatkan efisiensi *OER* (*Oil Extraction Rate*) industri kelapa sawit.

Setelah tandan kosong (EFB) dilumatkan melalui *shredder*, material ini memasuki EFB *single barrel fibre press*, di mana serat ditekan oleh ulir sekrup (*worm screw*) dan dipotong di ujungnya menggunakan pisau penahan (*knife bar*). Proses ini efektif mengurangi kadar air dari sekitar 70% menjadi 50–55%, sekaligus mengekstraksi sekitar 0,2–0,3% minyak residual (basis EFB segar) melalui sistem pemulihan minyak. Serat padat yang dihasilkan kemudian bisa dimanfaatkan sebagai biomassa atau bahan bakar boiler (Simec Pellet, 2018).

Kapasitas mesin press EFB bervariasi tergantung pada model dan desainnya. Mesin EFB press umumnya mampu mengolah sekitar 5–15 ton tandan kosong per jam, dengan produktivitas ekstraksi minyak efektif sekitar 95,87 kg/jam dari input 4071 kg EFB per jam (Mahyunis et al., 2025). Fungsi utama dari mesin ini adalah:

- Ekstraksi minyak dan air yang masih melekat pada tandan kosong, mengurangi tingkat kehilangan minyak dalam sistem utama
- Menurunkan kadar air dalam serat, sehingga produk press yang dihasilkan lebih stabil untuk disimpan, digunakan sebagai bahan bakar boiler, kompos, atau bahan pakan ternak
- Mengurangi beban lingkungan karena ampas yang lebih kering mudah diolah, dan memperpanjang umur pemakaian mesin downstream

Dengan demikian, integrasi EFB press dalam alur pabrik bukan hanya sekadar pemanfaat limbah, melainkan elemen strategis untuk meningkatkan efisiensi minyak dan pengelolaan rantai nilai pabrik sawit.

2.6 Cara kerja mesin press tandan kosong (*Empty Fruit Bunch Press*)

(Mahyunis et al., 2025). Mesin EFB press bekerja dengan prinsip menekan serat tandan kosong yang telah dihancurkan sebelumnya menggunakan EFB *shredder*. Material yang sudah terurai kemudian masuk ke dalam silinder press dengan bantuan *screw conveyor*. Di dalam silinder, terdapat ulir tekan (*worm screw*) yang berputar pada kecepatan rendah (sekitar 16–18 rpm) untuk mendorong serat ke arah ujung silinder. Pada bagian ujung, terdapat pisau penahan (*knife bar*) yang berfungsi memberi tahanan mekanis, sehingga terjadi proses pemerasan.

Hasil proses ini terbagi menjadi dua:

1. Ekstrak cair (*oil + moisture*) minyak dan air yang masih melekat pada tandan kosong akan keluar melalui celah-celah dinding silinder, kemudian dialirkan ke tangki pemisah untuk selanjutnya dilakukan pemurnian.
2. Ampas padat (fiber) berupa serat kering dengan kadar air lebih rendah, keluar melalui ujung mesin. Ampas ini umumnya digunakan sebagai bahan bakar boiler, bahan baku kompos, atau pakan ternak.

Dengan demikian, proses kerja EFB press tidak hanya berfungsi untuk mengurangi *oil losses* dari tandan kosong, tetapi juga menurunkan kadar air dalam serat sehingga produk lebih stabil untuk pemanfaatan lanjutan.

2.7 Tipe – Tipe Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*)

Dalam industri pengolahan kelapa sawit, tandan kosong (*Empty Fruit Bunch/EFB*) merupakan limbah padat yang masih mengandung sisa minyak dan air dalam jumlah cukup tinggi. Untuk itu, dilakukan proses pengepresan guna

mengurangi kadar air dan mengekstraksi sisa minyak yang tersisa. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin press tandan kosong yang dirancang khusus sesuai kebutuhan kapasitas dan sistem produksi pabrik.

1. *Singe Barrel Screw Press (Horizontal Type)*

Terdapat beberapa tipe utama mesin press untuk tandan kosong. Salah satunya adalah *single barrel screw press (tipe horizontal)* yang paling umum digunakan di industri sawit. Mesin ini dirancang menggunakan satu *barrel horizontal* yang diisi ulir tekan (*screw*), mendorong EFB yang telah dicacah untuk diekstraksi. Saat berjalan, EFB melewati barrel dan menerima tekanan tinggi sehingga air dan residual minyak terpisah dan keluar melalui celah di dinding barrel, sementara serat EFB menjadi lebih kering dan siap dimanfaatkan sebagai biomassa atau kompos (IntechOpen, 2021). Kapasitas tipe ini bervariasi dari 3 hingga 25 ton TBS per jam, tergantung model dan implementasi industri (Onn Hong, 2024)

2. *Double Screw Press*

Double Screw Press adalah tipe mesin yang menggunakan dua ulir (*screw*) yang berputar saling berlawanan di dalam satu barrel. Desain ini memungkinkan distribusi tekanan yang lebih merata dan intens dibandingkan *single screw*, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak dari EFB. Mesin ini biasanya digunakan pada pabrik kelapa sawit skala besar yang membutuhkan kapasitas tinggi dan operasi yang lebih tahan lama. Meskipun investasi dan biaya pemeliharaan awal relatif tinggi, keunggulan dalam hal ketahanan operasional dan efisiensi pemrosesan menjadikannya pilihan teknologi yang strategis (Laju Systems, 2025).

3. *Fiber Oil Recovery Press (Ekstraktor Minyak Serat)*

Mesin ini memiliki fungsi khusus, yaitu mengambil kembali sisa minyak yang masih menempel pada serat tandan kosong yang telah dipress sebelumnya. Mesin ini tidak hanya memeras air, tetapi juga menyaring minyak sawit kasar (CPO) yang masih terbawa di dalam serat EFB. Mesin ini sangat berguna untuk meningkatkan rendemen minyak hingga 0,3–0,5% dari total tandan buah segar yang diolah (Viridis Engineering, 2021). Biasanya diletakkan setelah *screw press* utama, alat ini membantu menurunkan *oil loss* dan mendukung prinsip *zero waste* dalam pabrik sawit modern (PASPI, 2023).

4. *Vertical Screw Press*

Tipe Vertical Screw Press memiliki orientasi pengepresan dari arah atas ke bawah. Berbeda dengan model horizontal, mesin ini menekan serat EFB dengan memanfaatkan tekanan ulir sekaligus gaya gravitasi. Walaupun penggunaannya tidak seumum tipe horizontal, desain vertikal sangat bermanfaat untuk pabrik dengan keterbatasan ruang horizontal. Selain itu, sistem ini juga dinilai lebih efektif ketika digunakan untuk memproses EFB dengan kadar air tinggi, karena tekanan vertikal membantu memaksimalkan aliran cairan yang diperas keluar dari serat (CBIP, 2021).

Dengan demikian, keberadaan *Vertical Screw Press* menjadi solusi alternatif dalam konfigurasi pabrik kelapa sawit, terutama pada kondisi desain bangunan yang memerlukan penghematan ruang atau dalam penanganan EFB dengan kandungan air berlebih.

2.8 Mesin Press tandan kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15

Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) tipe KH-777-15 merupakan salah satu jenis mesin yang dirancang khusus untuk memproses tandan kosong kelapa sawit (*EFB/Empty Fruit Bunch*) setelah proses perebusan dan perontokan buah. Mesin ini berfungsi untuk mengekstraksi cairan sisa berupa minyak, air, dan serat yang masih terdapat dalam tandan kosong sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah padat dari pabrik kelapa sawit.

Secara konstruksi, Mesin Press Tandan Kosong tipe KH-777-15 bekerja dengan sistem *screw press* mekanis, bukan *hydraulic press*. Mesin ini dirancang dengan kapasitas kerja menengah, menggunakan motor penggerak yang dihubungkan ke gearbox reduksi untuk menghasilkan torsi besar pada kecepatan rendah. Torsi tersebut diteruskan ke *screw press* (ulir) yang berputar di dalam silinder berlubang (*cage press*).

Proses pemerasan terjadi karena pitch ulir yang semakin rapat dari sisi masuk hingga sisi keluar, sehingga tandan kosong secara bertahap dipadatkan dan ditekan kuat. Cairan sisa yang masih terkandung di dalam tandan kosong akan keluar melalui lubang-lubang silinder, kemudian ditampung pada saluran bawah. Sementara itu, ampas tandan kosong yang sudah kering dikeluarkan melalui ujung mesin.

Dari segi kinerja, mesin press ini didesain untuk mengurangi kadar air dan minyak yang masih tertinggal di dalam tandan kosong. Dengan kapasitas dan desainnya, mesin tipe KH-777-15 mampu menurunkan kadar air EFB hingga mencapai batas tertentu sehingga bahan tersebut lebih mudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, kompos, atau bahan baku pembuatan produk turunan lainnya. Selain itu, hasil perasan berupa cairan sisa dapat dikumpulkan kembali untuk diolah menjadi minyak sawit kasar (*CPO*) tambahan, sehingga memberikan nilai ekonomis bagi pabrik.

2.8.1 Komponen – Komponen Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15

Mesin Press Tandan Kosong tipe KH-777-15 terdiri dari beberapa komponen utama yang saling mendukung dalam proses pemerasan tandan kosong kelapa sawit. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang dirancang agar mesin mampu bekerja secara optimal, menghasilkan efisiensi pemerasan tinggi, serta menjaga umur pakai mesin. Adapun komponen-komponen utamanya adalah sebagai berikut:

1. Motor Penggerak

Motor penggerak merupakan sumber tenaga utama pada mesin press tandan kosong. Motor ini berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis yang kemudian diteruskan ke sistem transmisi. Kinerja motor penggerak sangat menentukan stabilitas putaran serta kapasitas kerja mesin. Pada tipe KH-777-15, motor penggerak dirancang dengan daya yang cukup besar agar mampu menghasilkan torsi optimal untuk memutar screw press dan mendukung proses pengepresan tandan kosong yang berserat keras



Gambar 2.3 Motor Penggerak

Motor penggerak merupakan sumber tenaga utama pada mesin press tandan kosong. Motor ini berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis yang kemudian diteruskan ke sistem transmisi, sehingga screw press dapat beroperasi dengan stabil dan berkesinambungan (Panjaitan et al., 2020). Dalam sistem mesin press tipe KH-777-15, motor penggerak dipasang secara langsung terhubung dengan gear box yang kemudian meneruskan putaran ke screw. Dengan demikian, kinerja motor berpengaruh langsung terhadap kapasitas produksi dan mutu hasil ekstraksi minyak sawit.

Kinerja motor penggerak sangat menentukan stabilitas putaran screw press. Jika motor beroperasi dengan daya yang tidak konstan, maka kecepatan putaran screw akan mengalami fluktuasi. Fluktuasi ini dapat menyebabkan proses pengepresan menjadi tidak optimal, baik dari sisi kuantitas minyak yang terekstrak maupun dari sisi kualitas serat yang dihasilkan (Siahaan & Hasibuan, 2019). Oleh karena itu, motor harus dirancang memiliki faktor keamanan daya yang cukup, sehingga meskipun beban mesin bervariasi sesuai kondisi bahan baku tandan kosong, motor tetap dapat menjaga kestabilan operasional.

Pada tipe KH-777-15, motor penggerak biasanya menggunakan motor induksi listrik tiga fasa yang memiliki daya cukup besar untuk menghasilkan torsi optimal. Hal ini penting karena tandan kosong kelapa sawit memiliki struktur yang berserat kasar dan keras, sehingga dibutuhkan tenaga yang stabil dan kuat untuk menekan material hingga cairan minyak dan air dapat keluar maksimal (Firdaus et al., 2017). Tanpa motor yang sesuai spesifikasi, screw press akan kesulitan

mencapai tekanan kerja optimal, yang pada akhirnya meningkatkan potensi oil losses.

Selain menghasilkan torsi, motor penggerak juga memiliki peran dalam efisiensi energi pabrik kelapa sawit. Motor dengan efisiensi rendah akan mengonsumsi energi listrik yang lebih besar, sehingga biaya operasional meningkat. Oleh sebab itu, pemilihan motor dengan efisiensi tinggi serta pemeliharaan berkala menjadi strategi penting untuk menjaga keberlanjutan operasional pabrik (Panjaitan et al., 2020). Dengan motor yang efisien, selain produksi lebih stabil, konsumsi energi juga dapat ditekan sehingga mendukung prinsip *energy saving*.

Dari sisi operasional, motor penggerak dilengkapi dengan sistem kontrol yang memungkinkan operator untuk mengatur kecepatan putaran (RPM) sesuai kebutuhan proses. Kecepatan yang terlalu tinggi akan menyebabkan material keluar terlalu cepat sehingga tidak terperas sempurna, sedangkan kecepatan yang terlalu rendah akan mengurangi kapasitas produksi dan membuat mesin bekerja kurang efisien (Siahaan & Hasibuan, 2019). Pengaturan ini menjadi penting terutama ketika kondisi bahan baku berbeda, misalnya kadar air EFB yang tinggi membutuhkan torsi lebih besar dibanding bahan yang lebih kering.

Secara keseluruhan, keberadaan motor penggerak dalam mesin press tandan kosong tipe KH-777-15 sangat vital, karena menjadi penentu utama apakah mesin dapat bekerja secara stabil, efisien, dan sesuai kapasitas desain. Motor yang sesuai spesifikasi dan terpelihara dengan baik akan memperpanjang umur pakai komponen lain seperti gear box, screw, dan press cage, sekaligus menjaga agar oil losses tetap rendah. Sebaliknya, jika motor tidak mampu memberikan daya yang stabil, maka risiko gangguan operasional, peningkatan oil losses, dan kerusakan komponen akan semakin tinggi (Firdaus et al., 2017).

2. Gear Box

Gear box berfungsi sebagai perantara antara motor penggerak dengan screw press. Komponen ini berperan untuk menurunkan putaran tinggi dari motor menjadi putaran rendah dengan torsi yang lebih besar. Dengan adanya gear box, tenaga yang dihasilkan motor dapat disesuaikan sehingga screw press dapat bekerja secara

stabil, efektif, dan tidak mengalami beban berlebih. Selain itu, gear box juga menjaga agar proses transmisi tenaga berlangsung lebih halus dan efisien.



Gambar 2.4 Gear Box

Gear box adalah komponen mekanik penting dalam mesin press tandan kosong tipe KH-777-15 karena berfungsi sebagai elemen penghubung dan pengatur tenaga dari motor penggerak ke screw press. Pada mesin KH-777-15, motor induk biasanya berputar pada kecepatan tinggi dengan torsi yang relatif rendah. Gear box menurunkan kecepatan putar (RPM) motor tersebut menjadi kecepatan yang lebih rendah yang sesuai untuk operasi screw press, sambil meningkatkan torsi output supaya screw mampu mengatasi beban tekanan yang besar dari material tandan kosong yang dimampatkan (Yixing, Holly, 2016).

Selain itu, gear box memainkan peran penting dalam mengurangi beban mekanis pada motor dan transmisi. Dengan gear box yang baik, beban eccentric atau lonjakan tekanan akibat bahan yang keras atau padat bisa dikurangi karena gaya torsi disalurkan secara efisien dan lebih merata. Ini juga berkontribusi pada umur pakai komponen seperti screw, barrel (silinder press), dan bearing. Gear box juga dilengkapi dengan sistem pelumasan internal agar gigi-giginya tidak cepat aus, serta casing yang kuat agar kemampuan menahan gaya torsi tinggi aman, tidak terjadi deformasi atau kebengkokan (Yixing, Holly, 2016).

Di mesin tipe KH-777-15, gear box harus dirancang sedemikian rupa agar kompatibel dengan tekanan konus/knife bar, rasio perlambatan, dan kebutuhan output produksi. Misalnya, jika mesin dirancang untuk menekan tandan kosong dengan tekanan tinggi agar sisa minyak tertinggal seminimal mungkin, gear box

harus mampu menyediakan torsi yang cukup agar screw tidak “slip” dan output tetap stabil. Jika gear box kurang kuat atau tidak tepat rasio, bisa muncul masalah seperti putaran drop saat beban meningkat, gigi cepat aus, atau bahkan kegagalan mekanik (misalnya rusaknya bearing atau casing) (Anderson International, 2021).

Secara keseluruhan, keberadaan gear box dalam mesin press tandan kosong KH-777-15 sangat krusial untuk menjaga mesin bekerja secara efektif, efisien, stabil, dan umur pakainya panjang. Tanpa gear box yang sesuai, performa mesin bisa jauh di bawah potensi, oil losses bisa tinggi, dan pemeliharaan jadi lebih sering (Yixing, Holly, 2016)

3. Main Shaft

Main shaft atau poros utama merupakan komponen sentral pada mesin press tandan kosong tipe KH-777-15 yang berfungsi sebagai penyambung sekaligus penggerak utama screw press. Poros ini menerima putaran dari gear box dan kemudian meneruskannya secara langsung ke screw, sehingga material tandan kosong dapat terdorong dan terperas sepanjang silinder press. Karena perannya yang sangat vital, kualitas dan kondisi main shaft sangat menentukan kinerja keseluruhan mesin press.



Gambar 2.5 Main Shaft

Main shaft harus mampu bekerja pada kondisi beban torsi yang tinggi dan berulang. Selama proses pengepresan, poros utama menahan gaya tekan dari screw terhadap material, serta menyalurkan gaya putar yang dihasilkan motor melalui gear box. Jika main shaft tidak cukup kuat, maka risiko kegagalan mekanis seperti patah poros, bengkok, atau aus pada permukaan kontak akan meningkat (Hasballah & Siahaan, 2018). Oleh sebab itu, main shaft pada mesin KH-777-15 biasanya dibuat dari baja paduan berkekuatan tinggi yang tahan terhadap keausan dan deformasi.

Selain fungsi mekanis, main shaft juga didesain untuk menjaga keselarasan putaran screw dengan komponen lain seperti silinder press dan cone point. Poros utama dilengkapi dengan sistem bearing yang ditempatkan pada titik-titik tertentu

agar poros tetap seimbang saat berputar. Jika bearing tidak berfungsi dengan baik, main shaft akan mengalami gesekan berlebih, getaran meningkat, dan akhirnya mengurangi efisiensi pemerasan (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023). Oleh karena itu, pelumasan yang baik serta pemeliharaan bearing secara rutin menjadi hal yang sangat penting.

Pada mesin tipe KH-777-15, main shaft juga harus kompatibel dengan sistem transmisi tenaga dari gear box. Rasio putaran yang diturunkan oleh gear box akan diteruskan ke poros utama, sehingga main shaft harus presisi dalam menjaga kecepatan dan torsi sesuai kebutuhan proses. Bila terdapat ketidaksejajaran atau keausan pada main shaft, maka putaran screw akan terganggu dan menyebabkan material tidak terperas maksimal (Firdaus et al., 2017).

Secara keseluruhan, main shaft berperan sebagai tulang punggung sistem mekanik dalam mesin press tandan kosong KH-777-15. Tanpa main shaft yang kuat, presisi, dan terpelihara dengan baik, mesin tidak akan mampu bekerja secara efektif, efisien, maupun berkelanjutan. Oleh karena itu, pemeriksaan rutin terhadap kondisi poros, pelumasan, serta keselarasan dengan gear box dan screw sangat penting untuk menjaga keandalan operasi mesin (Hasballah & Siahaan, 2018).

4. Screw Press

Screw press adalah komponen utama yang berfungsi melakukan proses pengepresan pada tandan kosong kelapa sawit. Bentuknya berupa ulir spiral yang dipasang pada poros, yang ketika berputar akan mendorong tandan kosong masuk ke dalam ruang press. Melalui tekanan mekanis yang dihasilkan screw press, serat-serat tandan kosong diperas sehingga sisa minyak yang masih terkandung di dalamnya dapat keluar. Kualitas dan kekuatan screw press menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi ekstraksi minyak.



Gambar 2.6 Screw Press

Screw press merupakan salah satu peralatan utama dalam industri pengolahan kelapa sawit yang berfungsi untuk mengekstraksi minyak dari daging buah maupun tandan kosong dengan memanfaatkan gaya mekanis. Prinsip dasarnya adalah pemerasan material menggunakan poros ulir berputar yang dipasang di dalam sebuah silinder berlubang (*press cage*). Material yang dimasukkan melalui *feeding hopper* akan terdorong secara spiral ke arah depan mengikuti putaran screw. Pada bagian awal, ulir memiliki pitch yang relatif lebar sehingga material dapat masuk dengan mudah. Namun, seiring material bergerak menuju ujung press, pitch ulir semakin mengecil sehingga ruang gerak material semakin sempit. Kondisi ini menimbulkan peningkatan tekanan secara bertahap pada material, sehingga cairan berupa campuran minyak dan air terdorong keluar melalui lubang-lubang silinder (Kane et al., 2016)

Proses pengepresan ini dapat dianalogikan dengan pemerasan manual menggunakan tenaga manusia, tetapi perbedaan utamanya adalah screw press bekerja secara kontinu dan berkapasitas besar. Dengan bantuan motor penggerak dan gearbox, screw dapat berputar dengan kecepatan tertentu untuk mengolah material dalam jumlah besar. Hal ini memungkinkan screw press menjadi solusi paling efisien dalam industri kelapa sawit modern, terutama karena mampu menyeimbangkan antara kapasitas tinggi dan kualitas hasil minyak.

Selain itu, screw press juga dilengkapi dengan komponen penahan di bagian ujung, yaitu cone atau knife bar, yang berfungsi memberikan tahanan mekanis tambahan agar material lebih terperas sebelum dikeluarkan. Tahanan inilah yang menyebabkan tekanan dalam ruang press meningkat hingga mencapai kondisi optimal untuk mengekstraksi minyak sebanyak mungkin. Apabila tahanan terlalu longgar, material akan cepat keluar tanpa sempat terperas maksimal, sehingga kehilangan minyak (*oil losses*) menjadi tinggi. Sebaliknya, apabila tahanan terlalu rapat, maka beban pada motor dan gearbox meningkat yang dapat mempercepat keausan komponen mesin (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023).

Keunggulan utama screw press adalah kemampuannya memisahkan minyak secara efektif dengan tetap mempertahankan kualitas serat padat yang keluar. Serat hasil press masih memiliki kadar air dan zat volatil tertentu, tetapi lebih kering

dibandingkan sebelum diperas sehingga mudah dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar boiler atau kompos. Efisiensi ekstraksi minyak dari screw press dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya desain screw, kondisi pitch, panjang ulir, diameter press cage, serta material penyusun mesin. Faktor operasional juga berperan besar, misalnya kecepatan putar screw, tekanan pada outlet, serta kondisi bahan baku yang diproses.

Penelitian Firdaus et al. (2017) menekankan pentingnya desain screw dan cone rod dalam menentukan pola aliran material serta distribusi tekanan sepanjang press. Sementara itu, Hasballah & Siahaan (2018) menegaskan bahwa tingkat tekanan dalam ruang press memiliki hubungan langsung dengan perolehan minyak kasar (CPO). Semakin tinggi tekanan, semakin besar jumlah minyak yang berhasil diekstrak, meskipun pada titik tertentu peningkatan tekanan tidak lagi memberikan hasil signifikan dan justru menimbulkan kerugian energi. Lebih lanjut, penelitian Haris et al. (2023) menunjukkan bahwa umur dan kondisi screw juga memengaruhi efisiensi ekstraksi. Screw yang aus akan kehilangan ketajaman pitch dan menurunkan efektivitas pemerasan, sehingga oil losses meningkat.

Dengan demikian, prinsip kerja screw press tidak hanya sekadar memeras material, tetapi juga melibatkan kombinasi desain mekanik dan pengendalian operasional. Desain ulir menentukan bagaimana material dimampatkan, tekanan diatur melalui cone bar agar pemerasan berlangsung optimal, sementara kecepatan putar harus diatur agar sesuai dengan kapasitas produksi. Semua faktor ini harus diperhatikan agar screw press dapat bekerja secara optimal dalam menurunkan oil losses sekaligus menghasilkan produk samping berupa serat yang bernilai ekonomis.

5. Low Pressure Worm

Low pressure worm merupakan bagian awal dari screw press yang berfungsi untuk menerima material tandan kosong yang masuk melalui *feeding hopper* dan mendorongnya ke dalam silinder press. Pada bagian ini, desain ulir memiliki pitch yang lebih lebar dengan diameter inti yang lebih kecil, sehingga ruang gerak material masih cukup longgar. Kondisi ini membuat material dapat masuk dengan lancar tanpa langsung mengalami tekanan tinggi.



Gambar 2.7 Low Pressure Worm

Fungsi utama dari low pressure worm adalah mengatur aliran material dan memulai proses pemadatan secara bertahap. Dengan pitch ulir yang lebih lebar, material terdorong ke depan sambil perlahan-lahan dipadatkan. Tekanan yang dihasilkan pada bagian ini relatif rendah, namun cukup untuk mengeluarkan sebagian kecil cairan awal berupa campuran minyak dan air (Hasballah & Siahaan, 2018). Proses ini penting untuk mencegah terjadinya kelebihan beban pada bagian screw berikutnya, sekaligus memastikan material masuk ke zona tekanan tinggi dalam kondisi yang lebih seragam.

Low pressure worm juga berperan dalam menjaga kelancaran distribusi material sepanjang screw press. Jika ulir pada bagian ini aus atau rusak, material dapat menumpuk di area *feeding* sehingga mengganggu kinerja keseluruhan mesin. Selain itu, distribusi yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan tekanan di sepanjang silinder, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi pemerasan (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023).

Dalam mesin press tandan kosong tipe KH-777-15, low pressure worm bekerja secara sinergis dengan high pressure worm. Low pressure worm berfungsi membawa dan memadatkan material pada tahap awal, sementara high pressure worm memberikan tekanan tambahan hingga ke ujung screw. Kombinasi keduanya menciptakan alur pemerasan bertahap yang efisien, sehingga minyak dapat diekstraksi lebih banyak dan oil losses dapat diminimalkan (Firdaus et al., 2017).

Secara keseluruhan, keberadaan low pressure worm sangat penting untuk memastikan alur material masuk ke mesin dengan baik, terdistribusi secara merata, dan dipersiapkan menuju tahap pemerasan tekanan tinggi. Tanpa low pressure

worm yang berfungsi optimal, screw press tidak akan mampu bekerja dengan efisien, sehingga kapasitas produksi dan kualitas hasil ekstraksi minyak pada mesin KH-777-15 dapat menurun (Hasballah & Siahaan, 2018).

6. Medium Pressure Worm

Medium pressure worm merupakan bagian tengah dari screw press yang berfungsi sebagai zona transisi antara low pressure worm dan high pressure worm. Pada bagian ini, pitch ulir mulai mengecil dan diameter inti worm membesar, sehingga ruang gerak material semakin terbatas. Akibatnya, tekanan pada material meningkat secara bertahap setelah melewati tahap awal pemadatan.



Gambar 2.8 Medium pressure Worm

Fungsi utama medium pressure worm adalah meningkatkan tekanan secara bertahap agar material tandan kosong tidak langsung menerima beban tinggi secara tiba-tiba. Dengan cara ini, proses ekstraksi berlangsung lebih efisien dan risiko kerusakan serat atau keausan komponen mesin dapat dikurangi (Hasballah & Siahaan, 2018). Pada tahap ini, sebagian besar cairan berupa campuran minyak dan air sudah mulai keluar melalui lubang-lubang silinder press, sementara serat semakin padat.

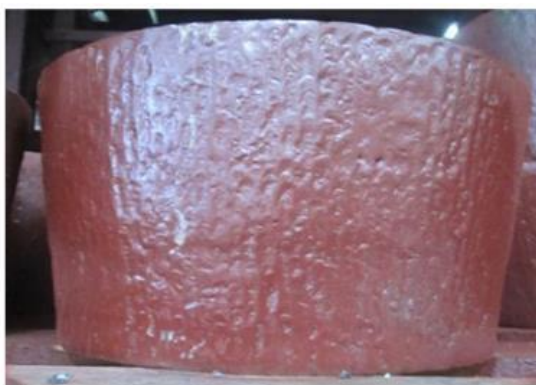
Selain itu, medium pressure worm juga berperan dalam menjaga kontinuitas aliran material sepanjang screw press. Jika bagian ini aus atau rusak, aliran material dapat terhambat, sehingga menyebabkan penumpukan pada bagian low pressure worm atau distribusi yang tidak merata menuju high pressure worm (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023). Hal ini akan menurunkan efisiensi ekstraksi serta meningkatkan potensi oil losses.

Dalam mesin press tandan kosong tipe KH-777-15, medium pressure worm bekerja secara sinergis dengan low pressure worm yang berfungsi menerima dan mulai memadatkan material, serta high pressure worm yang bertugas memberikan tekanan akhir mendekati cone point. Kombinasi ketiganya menciptakan pola pemerasan bertahap yang optimal, sehingga hasil ekstraksi minyak lebih maksimal dan kualitas serat tetap terjaga (Firdaus et al., 2017).

Secara keseluruhan, medium pressure worm memiliki peran vital sebagai penghubung yang memastikan alur pemerasan berlangsung bertahap, stabil, dan efisien. Tanpa bagian ini, beban pada low pressure worm maupun high pressure worm akan meningkat drastis, sehingga umur pakai komponen menurun dan efisiensi mesin KH-777-15 terganggu (Hasballah & Siahaan, 2018).

7. Cone Point

Cone point merupakan komponen penting yang terletak di ujung screw press dan berfungsi sebagai penahan akhir yang memberikan tahanan mekanis tambahan terhadap material yang diperas, sehingga tekanan di dalam ruang silinder press meningkat hingga mencapai kondisi optimal untuk mengekstraksi minyak sebanyak mungkin (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023). Tanpa adanya cone point, material akan keluar terlalu cepat sebelum terperas sempurna, sehingga kandungan minyak yang terekstrak akan berkurang.



Gambar 2.9 Cone Point

Desain cone point berbentuk kerucut yang dapat diatur tingkat rapatnya. Pengaturan ini memungkinkan operator mengendalikan besar kecilnya tahanan yang diberikan pada material. Jika cone point diatur terlalu longgar, maka material tandan kosong akan cepat keluar namun masih mengandung minyak yang cukup tinggi (oil losses meningkat). Sebaliknya, jika cone point diatur terlalu rapat, maka

tekanan pada screw dan gear box akan meningkat signifikan, yang dapat mempercepat keausan komponen mekanis bahkan berisiko menimbulkan kerusakan mesin (Hasballah & Siahaan, 2018).

Pada mesin press tandan kosong tipe KH-777-15, cone point bekerja secara sinergis dengan screw dan silinder press. Screw berfungsi mendorong dan memadatkan material, silinder press bertugas sebagai ruang pemisahan cairan melalui lubang-lubang di dindingnya, sedangkan cone point menjadi “gerbang akhir” yang menentukan berapa lama material tertahan di dalam ruang press (Firdaus et al., 2017). Kombinasi ketiga komponen inilah yang menghasilkan tekanan bertahap optimal sehingga proses pemisahan minyak dan air dari serat tandan kosong berlangsung efektif.

Selain sebagai penahan, cone point juga berperan dalam menentukan kualitas serat hasil press. Jika pengaturan cone point tepat, maka serat yang keluar akan relatif kering sehingga lebih mudah dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar boiler atau bahan kompos. Namun, apabila cone point aus atau pengaturannya tidak sesuai, serat yang dihasilkan akan masih basah dan berminyak sehingga menurunkan efisiensi pabrik secara keseluruhan (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023).

Karena posisinya yang sangat vital, cone point harus dibuat dari bahan logam dengan kekuatan tinggi dan ketahanan aus yang baik. Perawatan rutin seperti pengecekan celah, kebersihan, serta keausan permukaan sangat diperlukan agar cone point selalu bekerja optimal. Pada mesin KH-777-15, cone point didesain agar dapat dengan mudah disetel, sehingga operator bisa menyesuaikan tekanan sesuai kondisi bahan baku tandan kosong yang diproses (Hasballah & Siahaan, 2018).

Secara keseluruhan, cone point merupakan salah satu komponen krusial yang menentukan keberhasilan proses ekstraksi minyak pada mesin press tandan kosong tipe KH-777-15. Tanpa cone point yang berfungsi dengan baik, oil losses akan tinggi, kualitas serat menurun, serta risiko kerusakan mekanis meningkat. Oleh karena itu, pengoperasian dan pemeliharaan cone point harus mendapat perhatian khusus dalam manajemen stasiun press pabrik kelapa sawit (Firdaus et al., 2017).

8. Silinder/Cage Berlubang (Ruang Press)

Tabung silindris dengan perforasi/slot. Cairan hasil perasan (air sisa & minyak tersisa) keluar melalui lubang dan ditampung di juice tray di bagian bawah



Gambar 2.10 Silinder/cage Berlubang (Ruang Press)

Silinder press atau sering disebut *press cage* merupakan salah satu komponen utama pada mesin press tandan kosong tipe KH-777-15. Komponen ini berupa tabung silinder berlubang yang berfungsi sebagai wadah sekaligus media pemisahan cairan dari serat tandan kosong (Firdaus et al., 2017). Saat screw press mendorong material ke arah depan, tekanan yang dihasilkan menyebabkan cairan berupa campuran minyak dan air keluar melalui lubang-lubang pada dinding silinder, sedangkan material padat (serat) tetap tertahan di dalam hingga mencapai bagian ujung mesin.

Desain silinder press dibuat dengan lubang-lubang berdiameter tertentu yang tersebar merata di sepanjang dindingnya. Ukuran dan jumlah lubang ini sangat berpengaruh terhadap efisiensi ekstraksi minyak. Lubang yang terlalu besar dapat menyebabkan serat halus ikut keluar bersama cairan, sementara lubang yang terlalu kecil akan menghambat keluarnya minyak sehingga oil losses meningkat (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023). Oleh karena itu, desain lubang harus seimbang agar aliran cairan lancar namun kualitas serat tetap terjaga.

Selain sebagai media pemisahan, silinder press juga berfungsi sebagai ruang penahan tekanan. Tekanan mekanis yang timbul dari screw akan disalurkan ke dinding silinder, sehingga material mengalami pemadatan sebelum keluar. Karena

itu, silinder press harus dibuat dari bahan logam berkekuatan tinggi yang tahan aus, korosi, dan mampu menahan gaya tekan tinggi dalam jangka panjang (Hasballah & Siahaan, 2018). Apabila dinding silinder aus atau retak, maka proses pengepresan akan terganggu, minyak sulit diekstraksi maksimal, dan risiko kebocoran cairan meningkat.

Pada mesin KH-777-15, silinder press didesain agar kompatibel dengan sistem cone atau knife bar di ujung mesin. Kombinasi antara screw, silinder, dan knife bar menciptakan tekanan bertahap yang optimal untuk memisahkan minyak dari serat. Jika silinder tidak presisi atau lubang tersumbat oleh kotoran, maka proses pemisahan akan terganggu dan menyebabkan peningkatan oil losses (Firdaus et al., 2017). Oleh karena itu, perawatan rutin berupa pembersihan lubang silinder dan pengecekan keausan menjadi hal yang wajib dilakukan di pabrik kelapa sawit.

Secara keseluruhan, silinder press dalam mesin tandan kosong tipe KH-777-15 memiliki peran vital sebagai ruang pemerasan, media pemisahan minyak dan air, serta penopang mekanis dari tekanan screw. Tanpa silinder press yang kuat, presisi, dan terpelihara, mesin tidak akan mampu bekerja secara efektif, efisien, dan berkelanjutan (Haris et al., 2023).

9. Saluran Pengeluaran Cairan (*Drainage Channel*)

Komponen ini berupa saluran yang terletak di dasar ruang press. Fungsinya untuk menyalurkan hasil perasan berupa campuran minyak, air, dan kotoran ke bak penampung. Dengan adanya saluran ini, cairan dapat dipisahkan dari tandan kosong yang sudah kering.



Gambar 2.11 Saluran Pengeluaran Cairan (*Drainage Channel*)

Saluran pengeluaran cairan atau *drainage channel* merupakan komponen penting yang terletak di dasar ruang press. Komponen ini berfungsi untuk menyalurkan hasil perasan berupa campuran minyak, air, dan kotoran ke dalam bak penampung (Firdaus et al., 2017). Pada proses kerja screw press, material tandan kosong ditekan oleh screw hingga minyak dan air keluar melalui lubang-lubang silinder press. Cairan tersebut kemudian dialirkan secara gravitasi maupun tekanan menuju saluran pengeluaran agar tidak bercampur kembali dengan serat padat yang sudah kering.

Desain saluran pengeluaran cairan harus memperhatikan kemiringan, ukuran, dan kapasitas alir. Kemiringan yang tepat akan memastikan cairan dapat mengalir lancar tanpa terjadi penyumbatan, sedangkan ukuran saluran harus cukup besar untuk menampung volume ekstraksi yang bervariasi tergantung kapasitas mesin. Pada mesin tipe KH-777-15, saluran pengeluaran dirancang agar mampu menangani kapasitas 15 ton per jam, sehingga cairan yang dihasilkan dapat segera dipisahkan dari serat tandan kosong (Hasballah & Siahaan, 2018).

Selain itu, saluran pengeluaran cairan juga berfungsi sebagai media pemisahan awal antara minyak, air, dan kotoran. Setelah keluar dari press cage, cairan mengandung minyak kasar (*crude oil*), air, serta partikel serat halus. Dari *drainage channel*, cairan dialirkan menuju bak penampung atau *crude oil tank* untuk diproses lebih lanjut, misalnya dengan klarifikasi dan pemurnian (Haris, Supriyanto, & Hermantoro, 2023). Dengan adanya saluran ini, proses produksi menjadi lebih higienis dan efisien, karena aliran cairan tidak bercampur dengan padatan yang akan dikeluarkan dari ujung screw.

Dalam praktik operasional, saluran pengeluaran cairan harus selalu dalam kondisi bersih agar tidak tersumbat oleh kotoran atau serat halus. Penyumbatan dapat menyebabkan cairan kembali masuk ke dalam ruang press, sehingga menurunkan efisiensi ekstraksi dan meningkatkan oil losses. Oleh karena itu, perawatan berupa pembersihan berkala menjadi sangat penting untuk menjaga kinerja saluran pengeluaran (Firdaus et al., 2017).

Secara keseluruhan, keberadaan saluran pengeluaran cairan pada mesin press tandan kosong tipe KH-777-15 berperan vital dalam menjaga kelancaran proses ekstraksi minyak sawit. Saluran ini memastikan bahwa minyak dan air yang diperas

dapat segera dialirkan menuju tahapan pemurnian, sementara serat padat tetap keluar secara terpisah melalui ujung mesin. Dengan desain yang baik dan perawatan yang tepat, drainage channel akan meningkatkan efisiensi produksi serta mendukung kualitas minyak sawit yang dihasilkan (Hasballah & Siahaan, 2018).

10. Panel Kontrol (*Control Panel*)

Panel kontrol merupakan pusat pengoperasian mesin. Melalui panel ini, operator dapat menyalakan mesin, mengatur siklus kerja piston, mengontrol tekanan hidrolik, serta mematikan mesin. Panel kontrol biasanya dilengkapi indikator tekanan, suhu, dan tombol darurat



Gambar 2.12 Panel Kontrol (*Control Panel*)

2.8.2 Cara Kerja Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press) Tipe KH-777-15

Mesin Press Tandan Kosong tipe KH-777-15 merupakan salah satu jenis mesin screw press mekanis yang dirancang khusus untuk mengekstraksi sisa minyak dan air dari tandan kosong kelapa sawit (Empty Fruit Bunch/EFB) setelah melewati proses perebusan (*sterilizer*) dan perontokan (*threshing*). Mesin ini berfungsi untuk mengurangi *oil losses* pada limbah EFB sekaligus menghasilkan serat padat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, kompos, maupun bahan baku biomassa. Cara kerja mesin ini dapat dijelaskan melalui beberapa tahap berikut:

1. Penerimaan dan Pemasukan Bahan Baku

Tandan kosong yang telah dicacah terlebih dahulu menggunakan *shredder* dialirkan menuju mesin press melalui *feeding hopper*. Proses pencacahan ini penting agar ukuran tandan kosong lebih kecil dan seragam, sehingga memudahkan proses pengepresan. Dari hopper, EFB masuk ke dalam ruang press (*press cage*) dengan bantuan gaya dorong ulir (*screw shaft*).

2. Proses Pemadatan oleh Screw Press

Komponen utama mesin adalah screw press, berupa poros berulir spiral yang dipasang di dalam silinder berlubang (*perforated cage*). Saat motor penggerak memutar screw melalui gearbox reduksi, tandan kosong secara bertahap terdorong ke arah ujung mesin. Ulir screw dirancang dengan pitch yang semakin rapat ke arah outlet, sehingga tekanan mekanis pada material semakin besar. Proses ini menyebabkan serat tandan kosong mengalami pemadatan bertahap dan menghasilkan gaya peras yang cukup untuk mengeluarkan cairan yang masih tersisa.

3. Ekstraksi Cairan (Oil + Moisture)

Selama proses pemadatan berlangsung, cairan yang terdiri dari campuran minyak sawit mentah (CPO) dan air akan keluar melalui celah-celah silinder berlubang. Cairan tersebut ditampung dalam saluran pengeluaran (*drainage channel*) di bagian bawah mesin, lalu dialirkan ke tangki pemisah. Dari tangki ini, minyak kasar akan diproses lebih lanjut pada tahap pemurnian, sementara air buangan masuk ke sistem pengolahan limbah.

4. Tahanan Mekanis di Ujung Mesin (Knife Bar)

Di bagian ujung screw terdapat knife bar atau pisau penahan yang berfungsi sebagai penghambat mekanis. Komponen ini memberikan tahanan agar material tidak langsung keluar begitu saja, melainkan dipadatkan terlebih dahulu dengan tekanan tinggi. Akibatnya, kadar minyak dan air yang keluar dari serat menjadi lebih banyak, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi.

5. Pengeluaran Ampas Padat (Fiber/Serat)

Setelah melalui proses pengepresan, ampas padat berupa serat tandan kosong yang lebih kering dikeluarkan dari ujung mesin. Produk ini disebut Non Oil Solid (NOS), yang masih mengandung kadar air (*volatile matter*) tertentu. Ampas kering

ini kemudian dikumpulkan untuk dimanfaatkan lebih lanjut, misalnya sebagai bahan bakar boiler karena memiliki nilai kalor cukup tinggi, sebagai bahan baku kompos, atau diolah menjadi biomassa industri.

6. Pengendalian Tekanan dan Operasi

Tekanan pengepresan dijaga pada kondisi tertentu, biasanya sekitar 50 bar, agar proses ekstraksi optimal. Tekanan ini dipantau melalui manometer dan dikendalikan oleh sistem transmisi dan torsi motor. Selain itu, kecepatan putaran screw (rpm) juga berpengaruh: putaran yang terlalu cepat membuat waktu tinggal material di dalam press lebih singkat sehingga ekstraksi kurang maksimal, sedangkan putaran terlalu lambat menurunkan kapasitas produksi. Oleh karena itu, kombinasi tekanan dan kecepatan harus diatur sesuai karakteristik bahan baku.

7. Sistem Kontrol dan Keselamatan

Mesin tipe KH-777-15 dilengkapi dengan panel kontrol yang berfungsi untuk menyalakan atau mematikan mesin, mengatur tekanan, serta memantau indikator penting seperti suhu, arus listrik, dan tekanan mekanis. Sistem ini juga memiliki tombol darurat (*emergency stop*) untuk menghentikan mesin secara cepat apabila terjadi gangguan, sehingga menjaga keselamatan operator dan mencegah kerusakan mesin.

8. Siklus Berulang dan Pemeliharaan

Proses kerja mesin berlangsung secara berulang dan kontinu selama pabrik beroperasi. Untuk menjaga efisiensi, mesin harus dirawat secara berkala, meliputi pelumasan bearing, pengecekan kondisi screw, barrel, dan press cage, serta pembersihan saluran cairan agar tidak tersumbat. Pemeliharaan rutin akan memperpanjang umur komponen dan memastikan kinerja mesin tetap stabil

2.9 Faktor – Faktor Peningkatan Efektivitas Pengepresan Mesin Pres Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*)

Efektivitas pengepresan tandan kosong kelapa sawit sangat berpengaruh terhadap rendemen minyak, efisiensi energi, serta kualitas serat hasil pemrosesan. Untuk mencapai proses pengepresan yang optimal, terdapat beberapa faktor penting yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Tekanan Pengepresan (*Pressing Pressure*)

Tekanan adalah faktor utama dalam ekstraksi minyak dari *Empty Fruit Bunch* (EFB) (Haris et al., 2023). Menemukan bahwa tekanan screw press yang optimal dapat secara signifikan menurunkan minyak yang terbuang pada serat (*oil losses in fiber*). Selain itu, umur pakai screw juga berpengaruh—semakin lama pakaiannya, tingkat kehilangan minyak meningkat. Oleh karena itu, penting untuk menjaga tekanan agar sesuai dengan karakteristik material EFB dan kemampuan mesin demi menjaga efisiensi dan mencegah keausan berlebih.

2. Kecepatan Putaran Screw Press

Kecepatan putaran screw shaft (screw press) memainkan peranan penting dalam proses ekstraksi minyak. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan—from 10 rpm ke 20 rpm—meningkatkan laju aliran volumetrik, namun secara signifikan menurunkan efisiensi ekstraksi, dari sekitar 92% menjadi 60% (Badmus et al., 2021). Hal ini menegaskan bahwa kecepatan putaran perlu dioptimalkan: terlalu tinggi mengurangi waktu tinggal dan pengestrakan, sedangkan terlalu rendah dapat menurunkan throughput produksi.

3. Kondisi Awal Tandan Kosong (TKKS)

Kelembapan, ukuran potongan, dan suhu EFB (Empty Fruit Bunch) sangat menentukan efektivitas pengepresan. Jika EFB terlalu panjang atau terlalu basah, proses pemerasan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, pra-perlakuan seperti pencacahan (*shredding*) dan pengeringan awal sangat penting untuk mempermudah ekstraksi minyak dan meningkatkan efisiensi keseluruhan (Sari et al., 2020)

4. Desain dan Kondisi Komponen Mesin

Efektivitas pengepresan sangat dipengaruhi oleh desain dan kondisi teknis komponen utama seperti screw shaft, press cage, dan barrel. Parameter desain seperti *screw flight*, panjang screw, dan kecepatan operasi terbukti signifikan memengaruhi hasil ekstraksi. Sebagai contoh, peningkatan screw length dan screw flight secara langsung menurunkan efisiensi ekstraksi dari 92% menjadi 60% (Badmus et al., 2021). Hal ini menunjukkan pentingnya desain spiral screw yang bertahap agar material mendorong efektif menuju ujung discharge, sementara keausan komponen seperti barrel perlu dicegah melalui pemeliharaan berkala agar efisiensi tetap terjaga dari waktu ke waktu (Firdaus et al., 2017).

5. Suhu Operasi

Suhu merupakan variabel penting yang berpengaruh langsung terhadap viskositas minyak dan efisiensi pemisahan cairan dari tandan kosong. Suhu operasi yang cukup tinggi membantu melunakkan jaringan lignoselulosa pada TKKS serta menurunkan viskositas minyak, sehingga proses ekstraksi menjadi lebih mudah. Penelitian menunjukkan bahwa viskositas minyak sawit menurun signifikan seiring peningkatan suhu, sehingga suhu operasi di atas 60 °C dianggap optimal untuk memaksimalkan aliran minyak dari material berserat (Indra Surya & Syahrul Fauzi Siregar, 2015). Namun, suhu yang terlalu tinggi berpotensi merusak kualitas minyak karena meningkatkan degradasi termal. Oleh karena itu, pengendalian suhu menjadi aspek penting dalam desain dan pengoperasian mesin press.

6. Distribusi Umpan (Feeding Distribution)

Distribusi umpan merupakan faktor penting yang menentukan kestabilan proses pengepresan. Umpan yang tidak merata ke dalam press cage dapat menyebabkan ketidakseimbangan tekanan, sehingga sebagian material tidak terperas maksimal sementara bagian lain mengalami *over-compression*. Hal ini bukan hanya menurunkan efisiensi ekstraksi, tetapi juga berpotensi mempercepat kerusakan pada komponen seperti *screw shaft* dan *barrel* akibat beban yang tidak merata. Untuk mengatasi hal tersebut, *feeder* atau *hopper* perlu dirancang dengan mekanisme pengatur debit (*flow control*) yang baik sehingga tandan kosong (TKKS) dapat masuk ke mesin secara seragam. Penelitian menunjukkan bahwa distribusi material yang merata pada mesin press mampu meningkatkan kapasitas produksi sekaligus menjaga keawetan komponen mekanis (Olaniyan & Oje, 2011).

7. Pemeliharaan dan Perawatan Mesin

Kerusakan kecil seperti keausan pada *worm gear* (roda ulir), bearing yang aus, cage yang mulai longgar, atau seal yang bocor—bila dibiarkan—dapat menyebabkan kerugian minyak (*oil loss*) dan downtime yang signifikan. Sebuah studi menggunakan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* pada mesin screw press menunjukkan bahwa penjadwalan *preventive maintenance* secara sistematis terhadap komponen kritis (*worm screw*, bearing, press cage, oil seal, dll.) mampu meningkatkan keandalan hingga 70% dan mengurangi risiko kegagalan yang dapat mengganggu produksi (Pohan et al., 2023).

2.10 Faktor – Faktor Turunnya Efektivitas Mesin Pres Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press)

Efektivitas mesin press tandan kosong kelapa sawit dapat menurun karena berbagai faktor yang berasal dari kondisi teknis mesin, sifat material, serta pengoperasian dan pemeliharaan yang tidak optimal. Penurunan efektivitas ini dapat menyebabkan berkurangnya rendemen minyak, peningkatan konsumsi energi, hingga kerusakan pada komponen utama mesin.

Berikut ini adalah beberapa faktor penyebab utama turunnya efektivitas mesin EFB Press:

1. Keausan Komponen Mekanis

Komponen utama seperti *screw shaft*, *barrel*, dan *press cage* sangat rentan mengalami keausan akibat tekanan tinggi dan gesekan konstan dengan serat kasar tandan kosong. Keausan pada ulir screw shaft, misalnya, mengurangi gaya dorong serta tekanan mekanis secara efisien, sehingga minyak tidak terperas secara optimal—ini dapat menurunkan efisiensi ekstraksi dan meningkatkan kehilangan minyak dalam press (FAO, 2002).

2. Penyumbatan atau Kerusakan pada Saluran Keluar (*Discharge End*)

Jika saluran keluar serat kering pada mesin press terjadi penyumbatan—misalnya karena perpaduan serat menumpuk atau deformasi material—aliran material menjadi terhambat. Ini menyebabkan tekanan dalam mesin tidak merata dan performa pengestrakan minyak menurun drastis. Studi dari bidang teknik aliran granular menunjukkan bahwa vibrasi ringan dapat digunakan untuk mengatasi penyumbatan saluran keluaran, meningkatkan laju aliran bahkan ketika partikel saling terjepit. Pendekatan ini bisa diadaptasi untuk mencegah atau memperbaiki penyumbatan dalam discharge end mesin press EFB (Mankoc et al., 2009).

3. Kecepatan Putaran Screw yang Tidak Sesuai

Kecepatan putaran screw yang tidak disesuaikan dengan kondisi EFB dapat menurunkan efisiensi pengepresan. Penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan screw press optimal (sekitar 10 rpm), rasio ekstraksi minyak (Oil Extraction Ratio/OER) mencapai 17,90%, dengan efisiensi ekstraksi (Oil Extraction Efficiency/OEE) sekitar 79,56%. Namun, jika kecepatan terlalu tinggi atau terlalu

rendah, efisiensi ini bisa turun drastis. Hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan kecepatan optimal yang sesuai dengan kondisi TKKS dan mesin agar hasil pengepresan maksimal (Adetola et al., 2013).

4. Kondisi Tandan Kosong yang Tidak Sesuai

Penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik serta kondisi awal *Empty Fruit Bunch (EFB)*, seperti kelembapan terlalu tinggi dan ukuran potongan yang besar, berdampak pada penurunan efisiensi ekstraksi minyak. Studi optimasi proses ozonolisis (Pra-pengelolaan EFB) menemukan bahwa peningkatan kelembapan hingga 50% bersama ukuran partikel sebesar 40 mesh memberikan hasil reduksi lignin paling efektif. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kelembapan dan ukuran secara optimal sangat penting sebelum proses pengepresan untuk meminimalkan hambatan dan memastikan distribusi tekanan yang merata dalam barrel (MARDAWATI et al., 2019).

5. Kurangnya Pemeliharaan Rutin

Perawatan preventif yang tidak konsisten—seperti pelumasan, pemeriksaan keausan, penggantian suku cadang aus, dan pembersihan berkala—dapat secara signifikan mengurangi efektivitas pengepresan EFB. Studi berdasarkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* menunjukkan bahwa penjadwalan pemeliharaan pada komponen kritis seperti worm screw, extension shaft, bearings, oil seal, dan press cage sangat penting dalam menghindari kerusakan mendadak serta menjaga keandalan mesin. Contohnya, *maintenance* untuk worm screw disarankan dilakukan setiap 307,84 jam, dengan pergantian berkala setiap 2035,3 jam. Implementasi pendekatan ini terbukti menurunkan frekuensi downtime dan memperpanjang umur operasional mesin secara signifikan (Pohan et al., 2023).

6. Distribusi Umpan yang Tidak Merata

Distribusi umpan yang tidak merata ke dalam screw press dapat menyebabkan ketidakseimbangan tekanan internal, mengakibatkan pengepresan yang tidak optimal. Penelitian menunjukkan bahwa desain dan kondisi feeding hopper yang buruk dapat menyebabkan aliran material yang tidak konsisten, yang pada gilirannya menurunkan efisiensi pengepresan dan meningkatkan kadar air pada serat yang dihasilkan.

7. Kontaminasi Material Asing

Masuknya benda asing seperti batu kecil, logam, atau baut ke dalam mesin pres tandan kosong merupakan salah satu faktor utama penyebab penurunan efektivitas. Material asing tersebut dapat berasal dari *conveyor* dan akan mengganggu sistem mekanik mesin, yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada *screw* atau *barrel*. Kerusakan ini secara langsung akan menurunkan performa dan efektivitas kerja mesin (Fadhlul Iman et al., 2022).

2.11 Jam Kerja Mesin Pres Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*)

Dalam proses pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), keberlangsungan operasi mesin Empty Fruit Bunch Press (EFB Press) menjadi salah satu indikator utama produktivitas dan efisiensi pabrik. Untuk mempertahankan mutu dan meningkatkan produktivitas, standar operasional pabrik kelapa sawit mensyaratkan jam olah sekitar 22 jam per hari (Pratama, 2022). Pengaturan waktu kerja ini sangat bergantung pada kapasitas pabrik dan ketersediaan bahan baku.

Untuk memastikan mesin tetap mampu beroperasi secara optimal dan menghasilkan *output* yang memenuhi standar, dibutuhkan metode pengukuran efektivitas kerja mesin yang akurat. Salah satu metode yang paling efektif adalah *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, yang dianggap sebagai indikator komprehensif untuk mengukur produktivitas dan performa mesin (Ramadhan, dkk., 2021).

Metode ini mempertimbangkan tiga faktor utama, yaitu:

1. Availability (Ketersediaan) – Mengukur seberapa besar waktu operasional mesin yang efektif, diukur dengan metrik seperti *Hour Meter (HM)*.
2. Performance (Kinerja) – Menggambarkan kecepatan mesin beroperasi dibandingkan dengan kecepatan optimalnya.
3. Quality (Kualitas) – Mencerminkan sejauh mana produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi standar tanpa adanya cacat atau kerusakan.

Evaluasi efektivitas mesin tidak hanya mengandalkan *hour meter (HM)*, tetapi juga analisis *losses* melalui *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, yang mengukur tiga aspek utama: *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Studi di pabrik pengolahan kelapa sawit Indonesia menggunakan pendekatan OEE sebagai bagian dari *Total Productive Maintenance (TPM)* dan mencakup identifikasi *six big*

losses—seperti downtime, penurunan kecepatan, *minor stops*, dan cacat produk—yang menjadi penyebab utama rendahnya efisiensi operasional (Susilawati et al., 2019).

Penerapan metode *Total Productive Maintenance (TPM)* merupakan bagian dari strategi yang menekankan pentingnya perencanaan pemeliharaan (*maintenance planning*) untuk mendukung keberlanjutan dan performa operasional mesin press. TPM berfokus pada delapan pilar, termasuk *planned maintenance*, yang meliputi pemeliharaan terjadwal seperti pengecekan rutin, penggantian komponen aus, dan pelumasan komponen penting sebelum terjadi kerusakan. Studi penerapan TPM di pabrik kelapa sawit menunjukkan penggunaan indikator *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* untuk mengidentifikasi dan mengurangi *six big losses*, seperti waktu henti tak terencana, downtime mesin, dan inefisiensi proses—sehingga efektivitas operasional dapat ditingkatkan secara signifikan (Admin,+06-*Aplication-of-Total-Productive-Maintenance-TPM-Concept-in-.Pdf.Pdf*, n.d.).

2.12 Tandan Kosong

Tandan kosong kelapa sawit (tangkos) merupakan salah satu limbah padat terbesar yang dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit. Setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan sekitar 22–23% tandan kosong sebagai limbah padat (Wong et al., 2020) Meskipun tergolong limbah, tangkos masih mengandung sejumlah minyak (*oil losses*) yang dapat diekstraksi kembali apabila dilakukan proses pengepresan ulang.

Potensi pemanfaatan TKKS dapat diarahkan pada berbagai sektor, di antaranya:

1. Sektor Pertanian

TKKS kaya akan unsur hara, terutama kalium (K), serta mengandung lignin dan selulosa dalam jumlah signifikan. Hal ini menjadikannya bahan baku yang ideal untuk pupuk organik atau kompos, yang berfungsi memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation (Haryanto et al., 2018). Penggunaan TKKS sebagai pupuk organik juga dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis yang biayanya relatif mahal.

2. Sektor Energi

TKKS memiliki nilai kalor cukup tinggi, sekitar 17–18 MJ/kg, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatannya dapat berupa

pembakaran langsung (direct combustion) dalam boiler pabrik sawit, maupun diolah menjadi briket bioenergi atau bahan baku biomassa untuk pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBm) (Mahlia et al., 2019). Hal ini sejalan dengan upaya transisi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dengan demikian, TKKS yang awalnya dianggap sebagai limbah sebenarnya memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam berbagai sektor. Pemanfaatan yang optimal akan mendukung prinsip *zero waste industry* dalam perkebunan kelapa sawit, sekaligus memberikan kontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan peningkatan nilai ekonomi.



Gambar 2.13 Tandan Kosong (Sumber PKS PTPN IV Adolina)

2.13 Produk dari Hasil Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press) Tipe KH-777-15

Produk dari hasil proses pengepresan tandan kosong kelapa sawit (Empty Fruit Bunch/EFB) menggunakan mesin press dapat dilihat dari beberapa parameter utama. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kualitas hasil perasan, efisiensi mesin, serta potensi pemanfaatan limbah serat tandan kosong. Beberapa parameter penting tersebut antara lain:

1. Tekanan Mesin Press (barg)

Tekanan merupakan faktor kunci yang menentukan kemampuan mesin press dalam memeras tandan kosong. Besarnya tekanan biasanya dinyatakan dalam satuan bar gauge (barg). Tekanan yang tepat mampu memisahkan minyak dan air dari serat secara optimal, sehingga oil losses dapat ditekan seminimal mungkin. Namun, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keausan lebih cepat pada komponen mesin dan meningkatkan kandungan kotoran (impurities) dalam minyak

hasil perasan.

2. Oil/WM (Oil on Wet Matter Basis)

Oil/WM adalah kadar minyak residual yang masih tertinggal dalam tandan kosong pada kondisi basah (wet matter). Parameter ini dihitung berdasarkan massa sampel yang masih mengandung air alami. Nilai Oil/WM menggambarkan seberapa besar minyak yang masih terkandung pada limbah basah hasil press. Semakin kecil nilai Oil/WM, semakin tinggi efisiensi mesin dalam mengekstraksi minyak dari tandan kosong.

3. Oil/DM (Oil on Dry Matter Basis)

Oil/DM adalah kadar minyak residual yang masih terdapat dalam tandan kosong pada kondisi kering (dry matter), yaitu setelah pengaruh kandungan air diabaikan. Nilai ini biasanya lebih tinggi dibandingkan Oil/WM, karena perhitungan dilakukan hanya berdasarkan massa kering sampel. Parameter ini memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai jumlah minyak yang benar-benar tertinggal dalam serat kering setelah proses pengepresan.

4. VM (Volatile Matter)

Volatile Matter (VM) menunjukkan kandungan air dan senyawa mudah menguap yang terdapat dalam tandan kosong hasil press. Kandungan VM yang tinggi menandakan bahwa serat masih menyimpan kelembapan dalam jumlah besar, sehingga dapat memengaruhi pemanfaatan serat sebagai bahan bakar biomassa karena nilai kalor menjadi rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas pemanfaatan serat, kadar VM biasanya perlu diturunkan melalui proses pengeringan tambahan.

5. NOS (Non Oil Solid)

Non Oil Solid (NOS) merupakan fraksi padatan bukan minyak yang terkandung dalam hasil press, umumnya berupa serat kasar dari tandan kosong kelapa sawit. NOS menjadi komponen terbesar dari produk hasil press, dan memiliki nilai ekonomis karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, bahan baku kompos, atau bahkan diolah lebih lanjut menjadi produk industri berbasis biomassa.

Dengan adanya parameter-parameter tersebut, kualitas hasil pengepresan mesin tandan kosong dapat dianalisis secara menyeluruh. Tekanan mesin berperan

sebagai faktor operasional utama, sedangkan Oil/WM, Oil/DM, VM, dan NOS menjadi indikator kualitas produk yang dihasilkan. Analisis ini penting untuk menentukan efisiensi mesin sekaligus membuka peluang pemanfaatan limbah EFB agar bernilai tambah lebih tinggi.

2.14 Alur Keluaran Hasil Proses Mesin Press Tandan Kosong

Proses kerja mesin press tandan kosong (Empty Fruit Bunch Press) tipe KH-777-15 menghasilkan dua aliran utama:

1. Cairan Hasil Perasan (oil + moisture)

Cairan ini berupa campuran minyak dan air yang keluar melalui celah-celah silinder press. Selanjutnya, cairan dialirkan ke saluran pengeluaran (drainage channel) menuju bak penampung atau tangki pemisah. Dari tangki pemisah, minyak kasar sawit (CPO) dapat dipisahkan dari air dan kotoran, kemudian diproses lebih lanjut dalam tahap pemurnian.

2. Ampas Padat (serat/fiber)

Serat padat hasil press keluar dari ujung mesin setelah melewati screw press dan knife bar. Produk ini sebagian besar berupa Non Oil Solid (NOS) dengan kadar kelembapan (VM) yang masih cukup tinggi. Ampas padat ini biasanya dimanfaatkan untuk:

- Bahan bakar boiler di pabrik kelapa sawit karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi.
- Bahan baku kompos atau pupuk organik karena kandungan unsur haranya.
- Pakan ternak atau material industri berbasis biomassa setelah melalui proses pengolahan lanjutan.

Dengan demikian, alur keluaran hasil mesin press dapat digambarkan sebagai berikut:

Tandan Kosong (EFB) → Screw Press →

- Cairan hasil press (oil + moisture) → tangki pemisah → minyak kasar (CPO) tambahan
- Ampas padat (fiber/serat) → pemanfaatan sebagai bahan bakar, kompos, atau produk biomassa lainnya.

Alur ini menunjukkan bahwa mesin press tandan kosong tidak hanya berfungsi menurunkan oil losses, tetapi juga mengubah limbah padat menjadi

produk bernilai tambah yang mendukung prinsip efisiensi energi dan zero waste industry.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Adapun penelitian yang dilakukan pada Analisa Kinerja Mesin Press Tandan Kosong Terhadap Oil Extraction Rendemen

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun Tempat untuk melaksanakan penelitian ini di PT. Perkebunan Nusantara IV PKS Adolina Jl. Batang Terap, Kec. Perbaungan, Kab. Serdang Bedagai, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai tanggal disahkannya usulan judul oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin, dilaksanakan di PT. Perkebunan Nusantara IV PKS Adolina dan waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 6 bulan dapat dijabarkan dalam tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan penelitian	Waktu Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literatur		■				
3	Desain Mesin			■			
4	Uji coba Mesin				■		
5	Pengujian Mesin					■	
6	Pengambilan data dan analisa data						■
7	Seminar hasil						
8	sidang sarjana						■

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam membantu keberhasilan penelitian mengenai Analisa Hasil Kinerja Mesin Empty Fruit Bunch Press Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun Adolina Perbaungan, adalah:

1. Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press)

Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) merupakan peralatan yang digunakan di pabrik kelapa sawit untuk mengekstraksi sisa minyak yang masih terkandung di dalam tandan kosong kelapa sawit (TKKS) setelah proses pengolahan utama. Mesin ini bekerja dengan memberikan tekanan mekanis tinggi sehingga cairan campuran minyak dan air yang masih melekat pada TKKS dapat dikeluarkan. Fungsi utama mesin Press Tandan Kosong adalah untuk memeras tandan kosong yang telah melalui tahap perebusan dan pemisahan buah, sehingga minyak kasar tambahan dapat diperoleh dan kadar air pada TKKS berkurang. Hasil perasan berupa minyak kasar akan dialirkan ke tahap pemurnian, sementara ampas TKKS yang kering dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa atau bahan baku industri lainnya.



Gambar 3.1 Mesin Press Tandan Kosong (Empty Fruit Bunch Press)

2. Timbangan Digital

Timbangan digital merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur massa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan tingkat ketelitian tinggi sebelum dan sesudah proses pengepresan pada mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*). Pada tahap awal, TKKS yang masih mengandung sisa minyak dan air ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awalnya. Setelah melalui proses pengepresan, TKKS kembali ditimbang untuk memperoleh massa akhir. Perbedaan antara massa awal dan massa akhir ini digunakan untuk menghitung jumlah cairan (campuran minyak dan air) yang berhasil diekstraksi oleh mesin. Penggunaan timbangan digital dipilih karena kemampuannya memberikan hasil pengukuran yang cepat, akurat, dan mudah dibaca, sehingga sangat membantu

dalam analisis kinerja mesin Press Tandan Kosong serta perhitungan efisiensi proses pemerasan.



Gambar 3.2 Timbangan Digital

3. Manometer / Pressure Gauge

Manometer atau *Pressure Gauge* merupakan alat ukur yang digunakan untuk memantau dan mengukur tekanan kerja pada mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) selama proses penelitian. Alat ini berfungsi untuk mengetahui besarnya tekanan yang dihasilkan oleh sistem pengepresan. Dalam penelitian kinerja mesin Press Tandan Kosong, pengukuran tekanan sangat penting karena besarnya tekanan mempengaruhi jumlah minyak yang dapat diekstraksi serta tingkat kekeringan tandan kosong setelah diperas.



Gambar 3.3 Manometer / Pressure Gauge

4. FOSS NIR

FOSS NIR (*Near Infrared Reflectance*) merupakan perangkat analisis berbasis teknologi spektroskopi inframerah-dekat yang digunakan untuk mengukur komposisi kimia bahan secara cepat dan akurat tanpa merusak sampel. Dalam penelitian pada mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*), FOSS NIR

digunakan untuk menganalisis kandungan minyak, kadar air, serta serat yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit baik sebelum maupun sesudah proses pengepresan. Penggunaan alat ini memungkinkan peneliti memperoleh data kandungan minyak residual pada TKKS secara real-time, sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi ekstraksi minyak oleh mesin press.



Gambar 3.4 FOSS NIR

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan pendukung yang sangat berperan dalam keberhasilan Analisa Hasil Kinerja Mesin Empty Fruit Bunch Press Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun Adolina Perbaungan, adalah:

1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa sawit setelah minyak dipisahkan di stasiun *threshing* pada pabrik kelapa sawit. TKKS masih mengandung sisa minyak mentah (*crude oil*) dan air dalam jumlah tertentu, serta memiliki struktur serat yang tebal dan kasar. Dalam penelitian pada mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*), TKKS digunakan sebagai bahan uji untuk mengevaluasi kemampuan mesin dalam mengekstraksi sisa minyak dan mengurangi kadar air pada material tersebut.



Gambar 3.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit

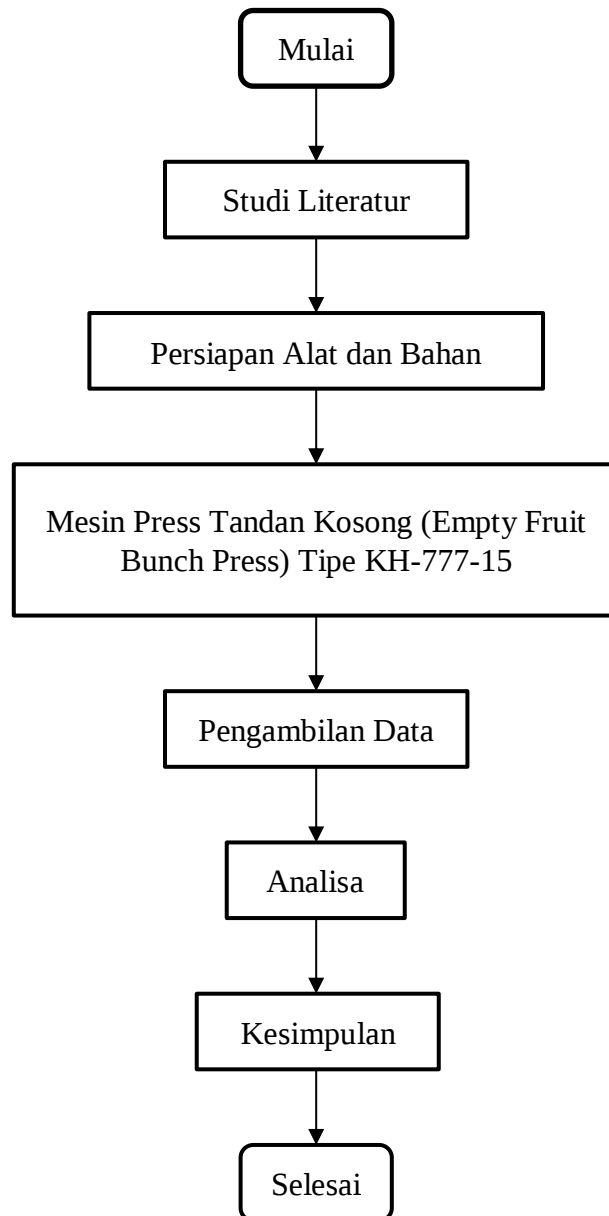
2. Serat/Fiber hasil press tandan kosong

Serat hasil press memiliki karakteristik tertentu, seperti kadar air, kadar minyak, dan tekstur, yang semuanya dapat memberikan gambaran mengenai seberapa optimal mesin dalam memisahkan sisa minyak dari tandan kosong. Semakin rendah kadar minyak yang tertinggal dalam serat, maka semakin tinggi pula efisiensi kerja mesin press tersebut.



Gambar 3.6 Serat/Fiber Hasil Press tandan Kosong

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Rancangan Alat Penelitian

Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15 Kapasitas 15 Ton/Jam yang digunakan dalam perancangan ini terletak di PTPN IV Reg II Unit PKS Adolina Perbaungan. Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15 Kapasitas 15 Ton/Jam ini merupakan mesin uji yang digunakan untuk mendapatkan unjuk kerja pada hasil kinerja Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15 Kapasitas 15 Ton/Jam. Desain penelitian dirancang untuk mengukur :

1. Tekanan kerja mesin press terhadap sisa kandungan minyak (Oil/WM dan Oil/DM).
2. Kadar air (VM) pada serat hasil press.
3. Nilai Non Oil Solid (NOS) sebagai indikasi keberhasilan proses ekstraksi.



Gambar 3.7 Rancangan Alat Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah experimental yaitu pengujian sampel Serat/Fiber tandan kosong dari Empty Fruit Bunch Press, untuk mengetahui hasil dari kinerja mesin Empty Fruit Bunch Press.



Gambar 3.8 Serat/Fiber dari hasil Press Mesin Empty Fruit Bunch Press

Dalam prosedur penelitian ini ada dua prosedur penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Prosedur penelitian pada mesin *Empty Fruit Bunch (EFB) Press* dilakukan melalui beberapa tahapan yang bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin serta hasil yang diperoleh dari proses pengepresan tandan kosong kelapa sawit. Tahapan penelitian dimulai dengan persiapan bahan baku berupa tandan kosong segar yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit. Sampel tandan kosong ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat awal sebelum dilakukan proses pengepresan.

Setelah tahap persiapan, tandan kosong dimasukkan ke dalam mesin press untuk dilakukan proses pengepresan dengan tekanan tertentu sesuai kapasitas mesin. Selama proses berlangsung, peneliti melakukan pemantauan terhadap parameter-parameter penting seperti tekanan kerja mesin yang diukur menggunakan manometer, serta putaran mesin yang dipantau menggunakan tachometer (RPM meter). Hal ini bertujuan untuk memastikan mesin bekerja pada kondisi yang stabil dan sesuai dengan standar pengoperasian.

Hasil dari proses pengepresan berupa serat (*fiber*) dan cairan hasil perasan kemudian dikumpulkan dan dipisahkan. Selanjutnya, sampel serat dianalisis di laboratorium menggunakan alat FOSS NIR untuk mengukur kadar air, kadar minyak, serta komposisi lainnya. Data hasil uji laboratorium ini menjadi acuan dalam mengevaluasi seberapa efisien mesin dalam mengekstraksi minyak dari tandan kosong.

3.6 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

- Tekanan pengepresan pada mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*).

2. Variabel Terikat

Hasil ekstraksi tandan kosong yang meliputi:

- Kadar minyak sisa pada serat (*Oil/WM* dan *Oil/DM*).
- Kadar air (*moisture/volatile matter*).
- Berat serat hasil press.

(Semua ini diamati/dianalisis menggunakan timbangan digital dan alat FOSS NIR).

3. Variabel Kontrol

- Jenis dan kondisi tandan kosong kelapa sawit (sampel berasal dari PKS Adolina dengan perlakuan sama).
- Kapasitas dan spesifikasi mesin press (mesin yang digunakan tetap sama).
- Waktu pengambilan sampel dan prosedur pengujian laboratorium (metode analisis menggunakan FOSS NIR).
- Suhu operasi saat pengujian.
- Alat ukur yang digunakan (timbangan digital, tachometer, manometer)

3.7. Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data dalam Analisa Hasil Kinerja Mesin Press Pada Pabrik Kelapa Sawit PT.Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit PKS Adolina Perbaungan adalah:

1. Menimbang 1 sampel tandan kosong menggunakan timbangan digital sebelum dilakukan proses pengepressan



Gambar 3.9 Menimbang sampel tandan kosong sebelum dilakukan pengepressan

2. Mengambil sampel serat/fiber dari mesin empty fruit bunch press. Pengambilan sampel dilakukan per 2 jam setelah mesin press dijalankan/bekerja.



Gambar 3.10 Pengambilan sampel Serat/fibre screw press (Sumber PTPN IV
REG II Unit Pks Adolina Perbaungan)

3. Mencari sisa kadar air dan minyak pada sampel mesin *empty fruit bunch press*, pencarian ini terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu:
 - a. Memasukkan sampel serat/*fibre* dari hasil press tandan kosong ke wadah kaca
 - b. Sampel dimasukkan ke alat *Foss Nir* tunggu selama 1 menit.
 - c. Hasil.



Gambar 3.11 Hasil

Data hasil pengujian dianalisis dengan rumus berikut :

1. Kadar minyak berbasis basah (Oil/WM):

$$\text{Oil/WM} = \frac{\text{Berat Minyak}}{\text{Berat Sampel Basah}} \times 100\%$$

2. Kadar minyak berbasis kering (Oil/Dm) :

$$\text{Oil/Dm} = \frac{\text{Berat Minyak}}{\text{Berat Sampel Kering}} \times 100\%$$

3. Kadar air (VM) :

$$\text{VM} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

4. *Efisiensi Ekstraksi (η) :*

$$\eta = \frac{\text{Minyak Terambil}}{\text{Minyak Potensial}} \times 100\%$$

5. *Overall Equipment Effectiveness (OEE) :*

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15 dengan mengecek kandungan minyak yang masih terdapat pada tandan kosong kelapa sawit (EFB) setelah melalui proses pengepresan menggunakan mesin press tandan kosong. Sampel yang digunakan berupa tandan kosong segar dengan berat 2,74 kg, ditimbang menggunakan timbangan digital untuk memperoleh data massa awal secara akurat.

Selanjutnya, sampel dianalisis di laboratorium menggunakan alat *FOSS NIR* (*Near Infrared Reflectance*) guna mengetahui komposisi kandungan yang masih tersisa dalam tandan kosong. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.1, yang memperlihatkan parameter utama yaitu Tekanan Mesin Empty Fruit Bunch Press, kadar minyak berbasis basah (Oil/WM), kadar minyak berbasis kering (Oil/DM), volatile matter (VM), serta non-oil solid (NOS).

Dari hasil pengujian, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Analisa Mesin Empty Fruit Bunch Press

No	Parameter	Hasil	Keterangan
1	Tekanan Mesin Press (barg)	50 bar	Tekanan kerja <i>screw press</i> tandan kosong
2	Oil/WM (%)	1,12 %	Kandungan minyak berdasarkan berat basah (<i>Wet Matter</i>)
3	Oil/DM (%)	1,85 %	Kandungan minyak berdasarkan berat kering (<i>Dry Matter</i>)
4	VM (%)	39,68 %	<i>Volatile Matter</i> (kadar air/kelembapan dan zat mudah menguap dalam sampel)
5	NOS (%)	59,21 %	<i>Non Oil Solid</i> (padatan bukan minyak, serat tandan kosong)

Nilai Oil/WM sebesar 1,12 % menunjukkan bahwa pada kondisi basah, tandan kosong masih menyimpan minyak sisa yang belum sepenuhnya terambil

oleh mesin press. Sedangkan nilai Oil/DM sebesar 1,85 % mengindikasikan bahwa pada basis kering, kandungan minyak dalam tandan kosong relatif lebih tinggi karena tidak terpengaruh kadar air. Kandungan volatile matter (VM) sebesar 39,68 % menunjukkan masih tingginya kadar air dan zat menguap dalam tandan kosong, sedangkan Non Oil Solid (NOS) sebesar 59,21 % mengindikasikan bahwa sebagian besar komponen tandan kosong terdiri atas serat dan padatan non-minyak.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun mesin press tandan kosong mampu menurunkan kandungan minyak pada limbah tandan kosong, namun masih terdapat sisa minyak sebesar $\pm 1-2$ % yang tidak terambil. Kondisi ini dapat disebabkan oleh faktor efektivitas tekanan screw press, distribusi umpan, maupun kondisi fisik tandan kosong yang tidak homogen. Oleh karena itu, masih terdapat potensi peningkatan efisiensi mesin press dalam proses pemulihan minyak dari tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 4.1 Hasil pengujian menggunakan alat *FOSS NIR (Near Infrared Reflectance)*

4.2 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tekanan kerja mesin press tandan kosong sebesar 50 bar, kandungan minyak residual dalam tandan kosong masih berada pada kisaran 1,12% (basis basah) dan 1,85% (basis kering). Nilai ini mengindikasikan bahwa meskipun proses pengepresan telah mampu menurunkan kadar minyak dalam limbah tandan kosong, namun masih terdapat sisa minyak yang tidak sepenuhnya terambil. Kehilangan minyak tersebut dapat dipengaruhi oleh distribusi umpan yang tidak merata, sifat fisik tandan kosong yang tidak homogen, serta keterbatasan tekanan mekanis screw press dalam memeras serat yang bersifat elastis

Kandungan *volatile matter* (VM) sebesar 39,68% menunjukkan bahwa tandan kosong hasil press masih menyimpan kadar air cukup tinggi. Tingginya kelembapan ini dapat memengaruhi efisiensi ekstraksi minyak karena air yang terperangkap dalam serat berpotensi membawa serta minyak yang tidak terpisahkan secara sempurna. Selain itu, nilai *Non Oil Solid* (NOS) sebesar 59,21% memperlihatkan bahwa mayoritas komposisi material hasil press berupa padatan serat, yang memang menjadi produk utama setelah proses pemerasan.

Jika dibandingkan dengan standar penelitian terdahulu, kadar minyak residual yang masih tersisa dalam TKKS tergolong wajar, yaitu berkisar 1–2% setelah proses press. Namun demikian, nilai ini juga menunjukkan masih adanya ruang perbaikan untuk meningkatkan efisiensi mesin press, baik melalui optimalisasi tekanan, kecepatan putaran *screw*, maupun perbaikan desain komponen seperti ulir dan barrel. Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa peningkatan tekanan dapat menurunkan *oil losses*, tetapi konsekuensinya dapat mempercepat keausan komponen serta meningkatkan kandungan impuritas dalam minyak. Oleh karena itu, penentuan parameter operasi mesin harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi ekstraksi dan umur pakai mesin.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa mesin press tandan kosong berfungsi efektif dalam menurunkan kandungan minyak dan air, meskipun belum sepenuhnya optimal. Kandungan minyak sisa yang masih berada pada kisaran $\pm 1\text{--}2\%$ menandakan adanya potensi pemulihan minyak tambahan apabila dilakukan pengaturan ulang pada parameter operasi atau penggunaan unit pemulihan minyak lanjutan. Dengan demikian, pemanfaatan mesin press tandan kosong tidak hanya berkontribusi dalam mengurangi *oil losses*, tetapi juga mendukung prinsip efisiensi energi dan *zero waste* industri di pabrik kelapa sawit.

Jadi dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh tekanan terhadap kadar minyak hilang (*oil losses*) adalah semakin besar tekanan pada mesin *screw press* maka semakin kecil kadar minyak yang tersisa pada ampas *screw press*, begitu juga sebaliknya.

Hasil penelitian ini juga memiliki implikasi yang lebih luas terhadap pengelolaan limbah tandan kosong di pabrik kelapa sawit. Dengan menurunkan kandungan minyak residual melalui penggunaan mesin press tipe KH-777-15,

limbah tandan kosong dapat diolah menjadi bahan bakar boiler dengan nilai kalor yang lebih baik, bahan baku kompos, ataupun bahan baku industri berbasis serat. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kinerja mesin press tidak hanya berdampak pada efisiensi produksi minyak sawit, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah sebagai sumber daya baru. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan nilai tambah produk samping sekaligus mendukung target keberlanjutan industri kelapa sawit nasional.

4.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Hasil

Beberapa faktor yang memengaruhi hasil penelitian antara lain:

- Distribusi umpan → jika TKKS tidak masuk secara merata, sebagian material tidak terperas maksimal.
- Kelembapan awal TKKS → sampel dengan kadar air tinggi cenderung menyulitkan proses ekstraksi minyak.
- Kondisi screw press → tingkat keausan pada ulir dan barrel dapat mengurangi gaya tekan efektif.
- Tekanan kerja mesin → meskipun 50 bar cukup efektif, ada kemungkinan peningkatan efisiensi dengan sedikit menaikkan tekanan (hingga 55–60 bar), dengan catatan memperhatikan umur komponen.

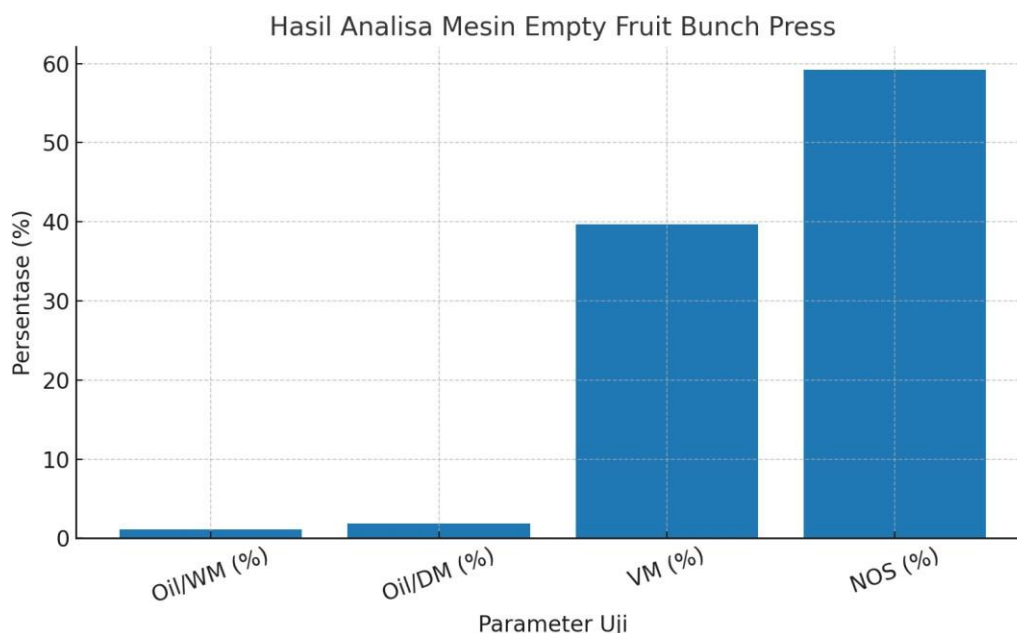
4.2.2 Implikasi Praktis

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting bagi industri kelapa sawit:

- Efisiensi minyak → dengan mengurangi oil losses sekitar 1–2%, pabrik dapat meningkatkan rendemen minyak hingga $\pm 0,15\%$ dari total TBS yang diolah.
- Energi alternatif → serat hasil press dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler. Dengan kadar air 39,68%, serat masih perlu dikeringkan untuk meningkatkan nilai kalor.
- Lingkungan → pengolahan TKKS dengan mesin press membantu mengurangi limbah basah yang berpotensi mencemari lingkungan

Hal ini sesuai dengan hasil pengujian pada mesin press tandan kosong dengan tekanan 12 bar, dimana kadar minyak yang tertinggal relatif rendah. Grafik pada Gambar 4.2 memperlihatkan hubungan antara tekanan kerja mesin press dengan kadar minyak sisa. Terlihat tren bahwa semakin tinggi tekanan, semakin rendah

kandungan minyak residual. Namun, setelah melewati titik optimum (sekitar 55 bar), peningkatan tekanan tidak memberikan penurunan signifikan, bahkan dapat menimbulkan risiko kerusakan komponen mesin dan peningkatan impuritas minyak. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Hasil penelitian

4.2.3 Kinerja Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15

Kinerja mesin press tandan kosong (*Empty Fruit Bunch Press* / *EFB Press*) pada umumnya diukur dari seberapa efektif mesin tersebut menurunkan kadar minyak residual (oil content) dan kadar air (moisture content) pada tandan kosong hasil olahan. Berikut penjelasannya:

1. Kemampuan Mengurangi Minyak :
 - Mesin press tandan kosong bekerja dengan sistem screw press untuk menekan tandan kosong sehingga minyak sisa (residual oil) yang masih menempel dapat diperas keluar
 - Kinerja yang baik ditandai dengan rendahnya kadar minyak yang tersisa pada tandan kosong. Target umumnya $< 2\%$ (Oil on Dry Matter/DM).
2. Efisiensi Tekanan dan Kapasitas :
 - Kapasitas mesin 15 ton/jam sangat berpengaruh pada kontinuitas produksi di pabrik kelapa sawit.

- Tekanan kerja 50 bar menentukan seberapa optimal minyak dapat diperas.
3. Kandungan Air (Moisture Content) :
- Selain minyak, hasil press juga masih mengandung air cukup tinggi (VM/Volatile Matter).
 - Jika kadar air terlalu besar ($> 40\%$), tandan kosong sulit dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar boiler, sehingga butuh pengeringan tambahan.
4. Faktor Mekanis dan Operasional
- Motor penggerak, gear box, screw press menentukan keandalan dan daya tahan mesin.
 - Perawatan rutin penting agar tekanan tetap stabil dan hasil press konsisten.
5. Dampak Terhadap Pemanfaatan Limbah
- Tandan kosong hasil press yang kadar minyaknya rendah lebih baik digunakan sebagai bahan bakar biomassa, kompos, atau bahan baku pellet.
 - Minyak yang terperas dapat diolah kembali, sehingga meningkatkan *Oil Extraction Rate (OER)* pabrik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai kinerja mesin press tandan kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Tipe KH-777-15 di PKS Adolina, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

2. Mesin press tandan kosong dengan tekanan kerja 50 bar mampu menurunkan kandungan minyak dalam tandan kosong, namun masih terdapat minyak residual sebesar 1,12% (*Oil/WM*) atau 1,85% (*Oil/DM*).
3. Kandungan *volatile matter* (*VM*) sebesar 39,68% menunjukkan bahwa kadar air pada tandan kosong hasil press masih relatif tinggi, sehingga perlu adanya pengolahan lebih lanjut apabila digunakan sebagai bahan bakar biomassa atau kompos.
4. Nilai *Non Oil Solid* (*NOS*) yang mencapai 59,21% menunjukkan bahwa hasil utama dari proses press didominasi oleh serat kering yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler atau bahan baku industri lain.
5. Secara keseluruhan, mesin press tandan kosong berfungsi efektif untuk mengurangi *oil losses* pada limbah tandan kosong, namun efisiensinya masih dapat ditingkatkan melalui optimasi tekanan, kecepatan *screw*, maupun perbaikan pada sistem distribusi umpan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian maupun penerapan di lapangan, yaitu:

1. Perlu dilakukan pengaturan ulang tekanan dan kecepatan *screw* agar diperoleh kombinasi parameter operasi yang lebih optimal, sehingga kandungan minyak residual dalam tandan kosong dapat ditekan hingga di bawah 1%.
2. Pemanfaatan unit tambahan seperti *Fiber Oil Recovery Press* dapat menjadi alternatif untuk menurunkan kehilangan minyak dan meningkatkan rendemen minyak sawit.

3. Untuk pemanfaatan serat hasil press sebagai bahan bakar biomassa, sebaiknya dilakukan pengeringan lanjutan guna menurunkan kadar air, sehingga nilai kalor meningkat dan efisiensi pembakaran di boiler lebih baik.
4. Perawatan mesin secara berkala, terutama pada komponen screw shaft, barrel, dan press cage, perlu ditingkatkan agar kinerja mesin tetap stabil dan mengurangi risiko penurunan efisiensi akibat keausan.
5. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji perbandingan variasi tekanan dan rpm screw press terhadap kadar minyak residual, sehingga diperoleh data yang lebih komprehensif untuk menentukan parameter operasi paling efektif.
6. Selain saran teknis yang telah disampaikan, penelitian ini juga memberikan ruang untuk pengembangan lebih lanjut di bidang akademik maupun praktis. Dari sisi akademik, penelitian ini dapat menjadi dasar bagi studi-studi berikutnya yang berfokus pada peningkatan kinerja mesin press tandan kosong dengan pendekatan desain mekanik, optimasi parameter operasi, serta pemanfaatan teknologi kontrol otomatis. Dengan begitu, hasil penelitian tidak hanya relevan untuk industri, tetapi juga memperkaya literatur teknik mesin di bidang pengolahan kelapa sawit.
7. Sementara itu, dari sisi praktis, penerapan hasil penelitian ini di pabrik kelapa sawit diharapkan dapat mendukung efisiensi energi, mengurangi oil losses, serta meningkatkan nilai tambah limbah tandan kosong melalui pemanfaatan serat untuk energi terbarukan atau produk turunan lainnya. Hal ini sejalan dengan konsep industri hijau dan zero waste yang kini menjadi tuntutan global. Dengan penerapan yang konsisten dan berkelanjutan, mesin press tandan kosong seperti tipe KH-777-15 dapat berperan lebih besar dalam mendukung daya saing industri kelapa sawit nasional, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan di sektor energi dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetola, O. A., Olajide, J. O., & Olalusi, A. P. (2013). Effect of processing conditions on yield of screw press expressed palm oil. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2013, ASABE 2013*, 2(August), 903–914.
<https://doi.org/10.13031/aim.20131592240>
- admin, +06-Aplication-of-Total-Productive-Maintenance-TPM-Concept-in-.pdf.pdf. (n.d.).
- Akhbari, A., Kutty, P. K., Chuen, O. C., & Ibrahim, S. (2020). A study of palm oil mill processing and environmental assessment of palm oil mill effluent treatment. *Environmental Engineering Research*, 25(2), 212–221.
<https://doi.org/10.4491/eer.2018.452>
- Fadhlul Iman, I., Husin, Z., Darsan, H., & Makaminan, M. (2022). Analisa Kerusakan Mesin Kempa Screw Press Di PT. Agro Sinergi Nusantara. *Jurnal Mahasiswa Mesin UTU (JMMUTU)*, 1(2), 57–63.
- Harahap, S., Harahap, F. S., Mustamu, N. E., & Putra, E. T. S. (2025). Growth Performance of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in The Productive Phase of Plant in North Labuhanbatu District. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 7(1). <https://doi.org/10.36378/juatika.v7i1.3931>
- Haris, M., Supriyanto, G., & Hermantoro. (2023). Pengaruh Tekanan Press dan Umur Screw terhadap Kehilangan Minyak Kelapa Sawit (Oil Losses) di Stasiun Press. *Agroforetech*, 1(1), 654–662.
<https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/433>
- Haryanto, B., Sirait, M., Azalea, M., Alvin, & Cahyani, S. E. (2018). Ball mill tool for crushing coffee and cocoa beans base on fraction size sieving results. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012091>
- Indra Surya, & Syahrul Fauzi Siregar. (2015). Cure Characteristics and Crosslink Density of Natural Rubber/Styrene Butadiene Rubber Blends. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(4), 1–5. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i4.1644>
- Itabiyi, O. E., Adeleke, K. M., Akangbe, S. A., Ojetoye, A. A., & Buhari, F. A. (2024). Design and Finite Element Analysis of a Thresher for Palm Oil (*Elaies guineensis*) Extraction Plant. *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*, 7(2), 329–339.
<https://doi.org/10.53982/ajerd.2024.0702.32-j>
- John, I., Magdalene, A.-M., Syed Tarmizi, S. S., & Shirley, J. T. (2019). A Model to Manage Crude Palm Oil Production System. *MATEC Web of Conferences*, 255, 02001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925502001>
- Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. (2016). Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016). *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Kaniapan, S., Hassan, S., Ya, H., Nesan, K. P., & Azeem, M. (2021). The utilisation of palm oil and oil palm residues and the related challenges as a sustainable alternative in biofuel, bioenergy, and transportation sector: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6).
<https://doi.org/10.3390/su13063110>
- Mahyunis, M., Winardi, R. R., Raja, P., Giyanto, G., & Fazli, H. D. (2025).

- Analisa Efektivitas, Produktivitas dan Mutu Minyak Pada Mesin Empty Bunch Press Pabrik Kelapa Sawit. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 4(1), 87–94. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i1.202>
- Mankoc, C., Garcimartín, A., Zuriguel, I., Maza, D., & Pugnali, L. A. (2009). Role of vibrations in the jamming and unjamming of grains discharging from a silo. *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 80(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.011309>
- MARDAWATI, E., HERLIANSAH, H., SURYADI, E., HANIDAH, I. I., SITI SETIASIH, I., ANDOYO, R., SUKARMINAH, E., DJALI, M., RIALITA, T., & CAHYANA, Y. (2019). Optimization of Particle Size, Moisture Content and Reaction Time of Oil Palm Empty Fruit Bunch Through Ozonolysis Pretreatment. *Journal of the Japan Institute of Energy*, 98(6), 132–138. <https://doi.org/10.3775/jie.98.132>
- Muhammad Afriza Zaini, T., Ali, S., Saputra, M., & Jamaluddin. (2022). Pressure Analysis of Oil Mill Screw Press Machine in PT. Ujong Neubok Dalam. *Jurnal Inotera*, 7(2), 83–87. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol7.iss2.2022.id176>
- Onn Hong, W. (2024). *Advances in Sustainable Palm Oil Milling Technologies: Enhancing Efficiency and Environmental Performance*. 1–17. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113910>
- Pohan, F., Saputra, I., & Tua, R. (2023). Scheduling Preventive Maintenance to Determine Maintenance Actions on Screw Press Machine. *Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.59976/jurit.v1i1.4>
- Praevia, M. F., & Widayat, W. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 28–37. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13367>
- Radwitya, E., Nopriyanti, M., & Septiani, N. (2023). Analisis Produktifitas Pada Mesin Empty Bunch Press Untuk Meningkatkan Jumlah Oil Extraction Rendemen (OER) Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Industri Perkebunan (LIPIDA)*, 3(1), 29–39. <https://doi.org/10.58466/lipida.v3i1.1141>
- Sari, F. P., Falah, F., Anita, S. H., Ramadhan, K. P., Laksana, R. P. B., Fatriasari, W., & Hermiati, E. (2020). Pretreatment of oil palm empty fruit bunch (Opefb) at bench-scale high temperature-pressure steam reactor for enhancement of enzymatic saccharification. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(2), 157–169. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.32343>
- Setiawan, D., Pangala, J. R., Swastika, A. B. D. P., & Tambunan, A. H. (2020). Technical Feasibility to Utilize Wasted Empty Fruit Bunch from Small Scale Farms for Simultaneous Production of Biochar and Electricity. *International Journal of Oil Palm*, 3(3), 88–98. <https://doi.org/10.35876/ijop.v3i3.54>
- Susilawati, A., Tasri, A., & Arief, D. (2019). A framework to improve equipment effectiveness of manufacturing process - A case study of pressing station of crude palm oil production, Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 602(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012041>
- Umar, N. A., Abdullah, S., Mohamad, A., Ismail, S. Bin, Ismail, S. I., & Misran, A. (2021). Energy potential of oil palm empty fruit bunch (Efb) fiber from

- subsequent cultivation of *volvariella volvacea* (bull.) singer. *Sustainability* (Switzerland), 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313008>
- Wong, S. T. S., Kamari, A., & Jumadi, J. (2020). Sodium alginate-chitosan nanocomposite as a novel carrier agent for cinnamaldehyde: characterisation and release studies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012017>
- Yixing, Holly, T. (2016). *Twin screw press*. https://www.alibaba.com/product-detail/screw-press-machine-spinach-extract_60544580062.html
- Yunos, N. S. H. M., Baharuddin, A. S., Md Yunos, K. F., Hafid, H. S., Busu, Z., Mokhtar, M. N., Sulaiman, A., & Som, A. M. (2015). The physicochemical characteristics of residual oil and fibers from oil palm empty fruit bunches. *BioResources*, 10(1), 14–29. <https://doi.org/10.15376/biores.10.1.14-29>
- Oke, E. K., Adeyemi, I. A., & Oke, O. L. (2015). Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 813–825.
- Taiwo, E. A., Owolarafe, O. K., & Oko, O. O. (2022). Effect of processing conditions on yield and quality of hydraulically expressed palm oil. *Journal of Food Engineering*, 302, 110530. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110530>
- Simec Pellet. (2018). Palm EFB Single Barrel Press function and performance. Retrieved from https://www.simecpellet.com/product/palm_efb_machines/Palm_EFB_Single_Barrel_Press.html
- Laju Systems. (2025). Continuous Double Screw Press for palm oil extraction machine details. Retrieved from https://www.laju.com/en/con_mono_dbl.php
- CBIP. (2021). *Palm Oil Mill Equipment: Screw Press Systems*. CBIP Engineering. Diakses dari <https://www.cbip.com.my>
- Adetola, O. A., Olajide, J. O., & Olalusi, A. P. (2020). Development of a screw press for palm oil extraction. *Journal of Food Process Engineering*, 43(8), e13511. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13511>
- Effects of operational processes and equipment in palm oil mills on characteristics of raw palm oil mill effluent. (2023). *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://www.bohrium.com/paper-details/effects-of-operational-processes-and-equipment-in-palm-oil-mills-on-characteristics-of-raw-palm-oil-mill-effluent-pome-a-comparative-study-of-four-mills/885126752668483802-108449>
- FAO. (2002). *Traditional techniques and innovations in small-scale palm oil processing*. In Palm oil processing and sustainable development (Section 4.5, Screw-Press Combination). FAO Knowledge Repository. Diakses dari <https://www.fao.org/4/y4355e/y4355e05.htm>

- Badmus, G. A., Owolarafe, O. K., Osunleke, A. S., & Ajayi, O. A. (2021). Effect of design parameters on palm oil yield, volumetric flow rate and extraction efficiency of digester-screw press. *Innovative Solutions in Engineering: Journal of the Nigerian Academy of Engineering*, 3(1). <https://www.ajol.info/index.php/ise/article/view/264377>
- Olaniyan, A. M., & Oje, K. (2011). Development of a small capacity double screw oil expeller for village level processing. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 439–447. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.020>
- Pratama, B. W. (2022). *Analisa Kegagalan Empty Bunch Conveyor di PKS dengan Kapasitas 30 Ton TBS/Jam Menggunakan Metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*. Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian (STIP). Diakses dari https://repo.itsi.ac.id/index.php?p=show_detail&id=196&keywords=
- Mahlia, T. M. I., Syazmi, Z. A. H. S., Mofijur, M., Abas, A. E. P., Bilad, M. R., Ong, H. C., & Silitonga, A. S. (2019). Patent landscape review on biodiesel production: Technology updates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109526. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109526>

LAMPIRAN



Nomor : 2SDM/X/025522/IX/2025

Medan, 01 September 2025

Lamp : -

Hal : IZIN RISET SARJANA

Kepada Yth :

ASST. PENGOLAHAN

UNIVERSITAS MUHAMMADYAH SUMATERA UTARA

JL. INTISARI NO. 1

MEDAN

Di - MEDAN

Membalas surat saudara/i nomor 1446/II.3.AU/UMSU-07/B/2025 tanggal : 12 Agustus 2025, Mahasiswa/Siswa/i TEKNIK Jurusan TEKNIK MESIN atas nama :

No.	Nama	NPM	Program Studi / Judul
1.	ALDIANSYAH PUTRA	2107230098	ANALYSIS KINERJA MESIN PRESS TANDAN KOSONG

Diizinkan untuk melakukan RISET di Regional II PT Perkebunan Nusantara IV sebagai berikut :

Tempat : KEBUN DAN PABRIK ADOLINA
Bagian / Bidang : TEKNIK & PENGOLAHAN
Terhitung mulai tgl. : 02 September 2025 s/d 03 September 2025

Sesuai dengan ketentuan yang berlaku di perusahaan disampaikan sebagai berikut :

1. Berperilaku sopan, mengikuti dan mematuhi seluruh aturan yang berlaku di Perusahaan, selama proses Magang/Riset berlangsung.
2. Menjaga kerahasiaan data dan nama baik perusahaan serta semua data yang digunakan hanya untuk kepentingan ilmiah pendidikan.
3. Seluruh biaya yang timbul atas pelaksanaan Magang/Riset ini menjadi tanggung jawab pribadi peserta.
4. Menggunakan pakaian yang sopan & rapi saat melakukan kunjungan ke lingkungan kerja Regional II PT Perkebunan Nusantara IV.
5. Apabila melanggar peraturan yang berlaku, maka Regional II PT Perkebunan Nusantara IV berhak untuk membatalkan proses Magang/Riset dan tidak mengeluarkan surat keterangan.

GM/Manajer/Kepala Bagian yang menerima tembusan surat ini agar dapat membantu segala sesuatunya yang berkaitan dengan keperluan tersebut diatas, serta menjaga kerahasiaan data perusahaan.

Demikian disampaikan.

REGIONAL II PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV
Bagian SDM & Sistem Manajemen

Hwin Dwi Putera
Kepala Bagian

Tembusan :

- KEBUN DAN PABRIK ADOLINA TEKNIK & PENGOLAHAN
- Mahasiswa/Siswa Ybs (Email : aldyansyah364@gmail.com)

PHLAK - Amanah, Kompeten, Harmonis, Loyal, Adaptif, Kolaboratif

Head Office : Gedung Agro Plaza Lantai 8

Jl. H. R. Rasuna Said Kav. X2 - L. Jakarta 12950

+62 21 31119000 +62 21 31119001

Regional II - Medan

Jl. Letjen R. Suprpto No.2 Kota Medan 20151

+62 61 4154666

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Hasil Kinerja Mesin Press Tandan Kosong (*Empty Fruit Bunch Press*) Kapasitas 15 Ton/Jam
 Nama : Aldiansah Putra
 Npm : 2107230098
 Pembimbing : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	Senin 11/8-2025	Perbaiki Bab 1-3	
2.	Kamis 14/8-2025	Perbaiki Bab 2-3	
3.	Rabu 20/8-2025	Perbaiki Diagram	
4.	Senin 25/8-2025	Perbaiki Bab 4	
5.	Kamis 4/9-2025	Perbaikan Bab 5	
6.	Rabu 10/9-2025	Perbaikan Abstrak	
7.	Senin 15/9-2025	ACC Sidang T.A	

Dosen Pembimbing


 H. Muharnif M, S.T., M.Sc



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila mendapat surat ini agar diadukan
nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAH-PT/Ak.Ppy/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 790/IL3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 28 MEI 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : ALDIANSAH PUTRA
Npm : 2107230098
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : 8 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : ANALYSIS KINERJA MESIN PRESS TANDAN KAPASITAS 10 TON / JAM

Pembimbing : H.MUHARNIF ST.M.SC

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin .
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 04 Dzulhijjah 1446 H
02 Juni 2025 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Aldiansah Putra
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 09 Desember 1997
Alamat : jl. Intisari no 1
Agama : Islam
Email : aldyansyah364@gmail
No HP : 085359657132

A. RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Peserta Mahasiswa: 2107230098

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No.3 Medan

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
1	SD	SDN 101768	2007-2010
2	SMP	SMP swasta ira medan	2010-2013
3	SMK	SMK swasta teladan medan	2013-2016
4	Perguruan Tinggi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021 - 2025