

Artikel Penelitian

Analisis Keandalan Mesin *Screw Press* CPO: Pendekatan Integratif *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Block Diagram* (RBD)

Ahmad Khirul Humam Nazhif, Harwadi*, Indra feriadi

Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Sungailiat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 10 Desember 2025
Revisi Akhir: 05 Februari 2026
Diterbitkan Online: 24 April 2026

KATA KUNCI

FMEA
Preventive Maintenance
RBD
RPN
Screw Press

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 856 6994 0147
E-mail: harwadi21@gmail.com

A B S T R A K

Miynak sawit mentah (CPO) adalah komoditas vital Indonesia, dengan mesin *screw press* berfungsi sebagai aset penting dalam proses ekstraksinya. Waktu mati yang tidak terduga bisa mengganggu proses produksi dan mengurangi pendapatan. Penelitian ini menganalisis keandalan mesin *screw press* di PT MAS dengan memadukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Block Diagram* (RBD). FMEA diterapkan untuk mendeteksi komponen kritis berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN), sementara RBD digunakan untuk mengevaluasi keandalan sistem secara keseluruhan. Berdasarkan data historis tahun 2024, komponen dengan RPN tertinggi adalah *Press Cage* (144) dan *Worm Screw* (126). Analisis RBD menunjukkan adanya penurunan keandalan seiring waktu, yaitu 41,82% pada 112 jam dan 0% pada 1440 jam. *Mean Time Between Failure* (MTBF) komponen kritis sebesar 1344 jam. Disarankan pemeliharaan preventif dilakukan setiap sebelum 112 jam untuk menjaga keandalan di atas 50,00%, dengan fokus pada *Press Cage* dan *Worm Screw*.

PENDAHULUAN

Industri sawit di Indonesia berada di urutan teratas sebagai produsen dan eksportir minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*/CPO) terbesar secara global [1]. Mengacu informasi dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022, luas perkebunan sawit secara keseluruhan mencapai 14,62 juta hektar dengan produksi CPO lebih dari 45,12 juta ton [2]. Kontribusi komoditas ini dalam perekonomian nasional menjadikan efisiensi serta kealangsungan operasional pabrik kelapa sawit (PKS) sangat penting.

Dalam sistem produksi CPO, *screw press* berperan vital dalam proses ekstraksi minyak melalui mekanisme pengepresan. Ketidakefektifan kinerja mesin yang tidak optimal akan mempengaruhi hasil minyak secara langsung dan meningkatkan *losses* minyak dalam *fiber* [3]. Oleh karena itu, kinerja dan keandalan (*reliability*) mesin *screw press* menjadi penentu utama produktivitas PKS.

Namun saat di terapkan, mesin *screw press* seringkali menghadaoi sejumlah masalah dan kegagalan (*failure*). Bagian pentingnya, seperti *worm screw* dan *press cage*, beroperasi di bawah tekanan dan gesekan yang tinggi sehingga mengalami keausan (*wear*) dengan cepat. Kerusakan menghasilkan waktu henti yang menurunkan kapasitas produksi, meningkatkan biaya operasional, dan mempengaruhi kualitas layanan [4]. Data historis di PT MAS menunjukkan pola kerusakan berulang pada komponen tertentu, mengindikasikan perlunya pendekatan manajemen perawatan yang sistematis dan proaktif.

Beberapa studi sebelumnya telah meneliti tentang keandalan mesin *screw press*. Penelitian yang dilakukan oleh Nur dan Isranuri pada tahun 2021 berfokus pada identifikasi kegagalan dengan FMEA dan *Root Cause Analysis* (RCA), dan berhasil menemukan *thrust bearing* serta *roller bearing* sebagai komponen kritis [5]. Studi lain oleh Zulfikar dkk. Tahun 2020 mengintegrasikan FMEA dan RBD, merekomendasikan interval perawatan 210 jam untuk mesin *screw press* [6]. Meskipun demikian, diperlukan eksplorasi lebih mendalam mengenai penerapan pendekatan integratif berbasis data spesifik di lokasi operasional PT MAS.

Berdasarkan konteks tersebut, studi ini dibuat untuk menilai keseluruhan keandalan dari mesin *screw press*. Integrasi FMEA dan RBD diperlukan karena masing-masing metode memiliki karakteristik yang saling melengkapi. FMEA bersifat kualitatif dan cenderung subjektif, sehingga sangat efektif untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan memprioritaskan komponen kritis berdasarkan penilaian pakar dan data lapangan. Namun, FMEA belum mampu menggambarkan perilaku keandalan sistem secara menyeluruh dalam bentuk probabilistik. Sebaliknya, RBD merupakan pendekatan kuantitatif yang memodelkan hubungan antar komponen dalam sistem dan menghitung nilai keandalan sistem pada berbagai horizon waktu operasi. Dengan demikian, hasil prioritasasi komponen dari FMEA dapat divalidasi dan diperkaya melalui analisis keandalan sistem menggunakan RBD, sehingga menghasilkan dasar yang lebih kuat dalam perumusan strategi pemeliharaan preventif di mesin *screw press* PT MAS.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: 1) Bagaimana tingkat keandalan mesin *screw press* berdasarkan analisis RBD? 2) Apa saja *mode kegagalan* kritis berdasarkan analisis FMEA? 3) Bagaimana integrasi FMEA-RBD dapat menjadi dasar perumusan strategi pemeliharaan yang efektif?

Tujuan penelitian adalah untuk: 1) Menganalisis tingkat keandalan mesin *screw press* menggunakan RBD, 2) Mengidentifikasi dan memprioritaskan *mode kegagalan* kritis menggunakan FMEA, dan 3) Merumuskan rekomendasi strategi pemeliharaan preventif berbasis integrasi hasil analisis FMEA dan RBD. Diharapkan penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan *availability* mesin, mengurangi *downtime*, dan mengoptimalkan biaya perawatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Industri Kelapa Sawit dan Proses Produksi CPO

Dengan lahan perkebunan seluas lebih dari 14,62 juta hektar, Indonesia berperan sebagai produsen utama minyak sawit di seluruh dunia. Proses produksi CPO dimulai dengan penerimaan Tandan Buah Segar (TBS), sterilisasi, perontokan buah, pengadukan (*digesting*), pengepresan (*pressing*), pemurnian, dan pengeringan.[7]. Mesin *screw press* berperan krusial pada tahap pengepresan untuk mengekstrak minyak dari daging buah.

Mesin Screw Press pada Pabrik Kelapa Sawit

Prinsip penekanan mekanis digunakan oleh *screw press*, yang menggunakan ulir (*worm screw*) yang berputar di dalam sangkar tekan (*press cage*)[8]. Dengan tekanan hidraulik tambahan dari double cone, efisiensi ekstraksi meningkat. Motor listrik, gearbox, worm screw, press cage, bearing, dan sistem hidraulik adalah komponen utamanya[9].

Teori Keandalan (Reliability)

Keandalan adalah ukuran seberapa baik suatu produk atau sistem dapat beroperasi tanpa masalah dalam jangka waktu tertentu. Dengan kata lain, ini menunjukkan kemungkinan sistem dapat menyelesaikan tugasnya sesuai yang diharapkan dalam jangka waktu tertentu jika dioperasikan dalam kondisi standar[10]. Dalam penelitian ini, analisis keandalan komponen dan sistem *screw press* dilakukan dengan asumsi bahwa waktu antar kegagalan mengikuti distribusi eksponensial. Asumsi ini umum digunakan pada studi keandalan peralatan industri ketika laju kegagalan dianggap konstan dalam rentang waktu operasi tertentu. Dengan demikian, probabilitas keandalan komponen pada waktu operasi t dihitung menggunakan fungsi $R(t) = \exp(-\lambda t)$, di mana λ merupakan laju kegagalan yang diperoleh dari kebalikan nilai MTBF masing-masing komponen. Nilai keandalan sistem seri kemudian diturunkan dari kombinasi keandalan tiap komponen sesuai model RBD yang digunakan. Parameter keandalan meliputi *Mean Time Between Failure* (MTBF), *failure rate* (λ), dan *reliability* $R(t)$. Untuk keandalan sistem dengan distribusi kegagalan eksponensial dihitung dengan Persamaan:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{1}$$

Reliability Block Diagram (RBD)

RBD adalah model grafis yang merepresentasikan kontribusi keandalan setiap komponen terhadap keandalan sistem [11]. Sistem screw press dapat dimodelkan sebagai sistem seri di mana kegagalan satu komponen menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Untuk menghitung keandalan sistem seri menggunakan persamaan

$$R_s(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times \dots \times R_n(t) \tag{2}$$

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah metode sistematis untuk menemukan mode kegagalan yang mungkin, menganalisis efeknya, dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) [12]. RPN dihitung menggunakan Persamaan

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detection (D) \tag{3}$$

Penilaian S, O, dan D menggunakan skala 1–10 berdasarkan kriteria yang telah distandardisasi. Komponen dengan RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk tindakan mitigasi.

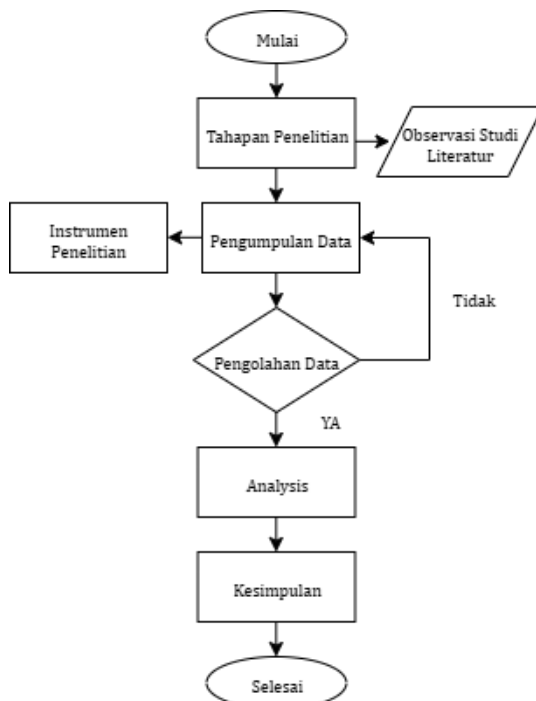
METODOLOGI

Jenis Penelitian dan Lokasi

Penelitian deskriptif kuantitatif ini menggunakan pendekatan studi kasus. Studi tersebut dilakukan di Stasiun Kempa PT MAS di Bangka Belitung. Objek studi adalah satu unit mesin screw press merek Apiado. Data dikumpulkan dari Januari hingga Desember 2024

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dirancang secara sistematis seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

1. Observasi Lapangan: Mengamati kondisi fisik, pola operasi, dan indikasi kerusakan.
2. Wawancara Terstruktur: Dengan operator dan teknisi untuk mendapatkan informasi mengenai jenis kerusakan, penyebab, dan prosedur deteksi.
3. Studi Dokumentasi: Data historis *maintenance log sheet* dan laporan operasional.

Teknik Analisis Data

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA):

1. Identifikasi komponen, *failure mode*, efek, dan penyebab.
2. Penilaian S, O, D berdasarkan Tabel 1, 2, dan 3.
3. Perhitungan RPN menggunakan Persamaan (3).

Tabel 1 Level Severity

Rating	Level Severity
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

Tabel 2 Level Occurrence

Rating	Level Occurrence
10	Kurang dari 2 jam operasi mesin
9	2-10 jam operasi mesin
8	11-100 jam operasi mesin
7	101-400 jam operasi mesin
6	201-1.000 jam operasi mesin
5	1.001-2.000 jam operasi mesin
4	2.001-3000 jam operasi mesin
3	3.001-6000 jam operasi mesin
2	6.001-10.000 jam operasi mesin
1	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin

Tabel 3 Level Detection

Rating	Level Detection
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah untuk sulit terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi

4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Reliability Block Diagram (RBD):

1. Perhitungan MTBF menggunakan Persamaan

$$\text{MTBF} = \text{Total Waktu Operasi} / \text{Jumlah Kegagalan} \quad (4)$$

2. Perhitungan *failure rate* λ menggunakan Persamaan

$$\lambda = 1 / \text{MTBF} \quad (5)$$

3. Perhitungan keandalan komponen $R(t)$ menggunakan Persamaan (1).
4. Perhitungan keandalan sistem $R_s(t)$ menggunakan Persamaan (2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Operasional dan Data Historis

Data historis menunjukkan bahwa mesin screw press PT. MAS beroperasi selama 5376 jam (jam jalan), dengan downtime 48 jam karena 14 kegagalan. Tabel 4 menampilkan rekapitulasi data jam jalan dan jam *stop* per bulan

Tabel 4 Data Jam Jalan dan Jam *Stop* Selama 1 Tahun

Tahun	Bulan	Jam Jalan	Jam <i>Stop</i>	Jumlah Kerusakan	Jumlah Waktu Perbaikan
2024	Januari	476	4	2	4
2024	Februari	416	0	0	0
2024	Maret	424	8	2	8
2024	April	378	6	1	6
2024	Mei	416	0	0	0
2024	Juni	424	8	2	8
2024	Juli	476	4	2	4
2024	Agustus	480	0	0	0
2024	September	456	8	2	8
2024	Oktober	496	0	0	0
2024	November	480	0	0	0
2024	Desember	454	10	3	10
		5376	48	14	48

Analisis frekuensi kegagalan per komponen Tabel 5 menunjukkan *Press Cage* dan *Worm Screw* sebagai komponen paling sering mengalami kegagalan masing-masing 4 kali.

Tabel 5 Kegagalan Dalam 5376 Jam

No	Komponen	Jumlah Kegagalan
1	<i>Press Cage</i>	4
2	<i>Worm Screw Press</i>	4
3	<i>V - Belt</i>	2
4	<i>Seal Oil</i>	2
5	<i>Intermediate Gear</i>	1
6	<i>Bearing</i>	1

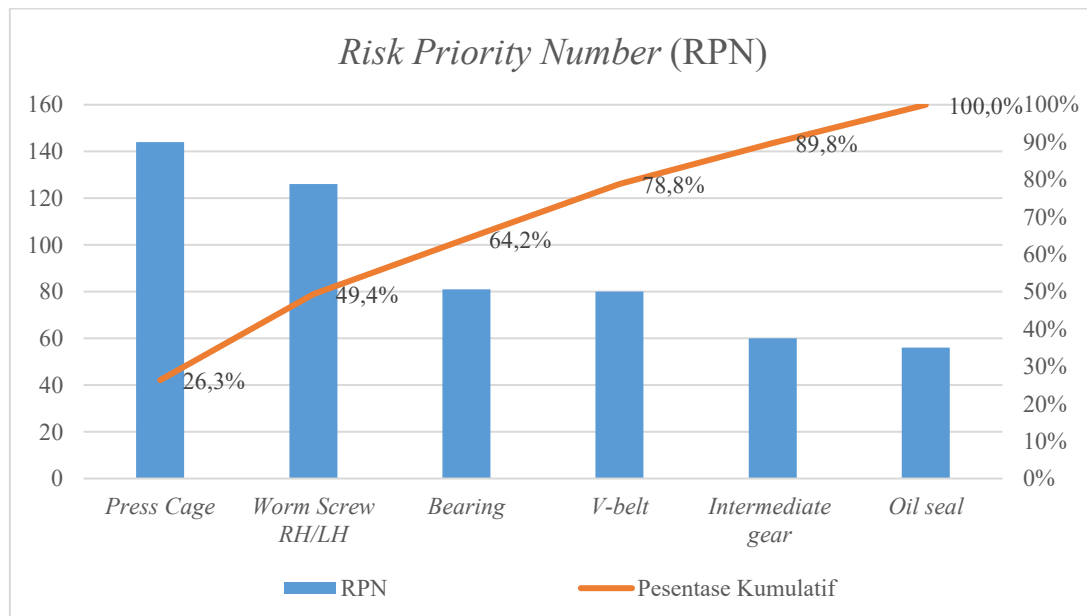
Identifikasi Mode Kegagalan Kritis dengan FMEA

Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan RPN

Komponen	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Persentase	Persentase Kumulatif
<i>Press Cage</i>	8	6	3	144	26.33%	26.3%
<i>Worm Screw RH/LH</i>	7	6	3	126	23.03%	49.4%
<i>Bearing</i>	9	3	3	81	14.81%	64.2%
<i>V-belt</i>	10	4	2	80	14.63%	78.8%
<i>Intermediate gear</i>	10	3	2	60	10.97%	89.8%
<i>Oil seal</i>	7	4	2	56	10.24%	100.0%
				547	100.00%	

Press Cage memiliki RPN tertinggi (144), disusul *Worm Screw* (126). Nilai *Severity* 8 dan 7 menunjukkan kegagalan pada kedua komponen ini menyebabkan hilangnya fungsi utama mesin. Nilai *Occurrence* 6 mengkonfirmasi frekuensi kegagalan yang tinggi



Gambar 2. Diagram Batang Nilai RPN

Analisis Tingkat Keandalan dengan RBD

Perhitungan MTBF dan *failure rate* (λ) setiap komponen disajikan pada Tabel 7.

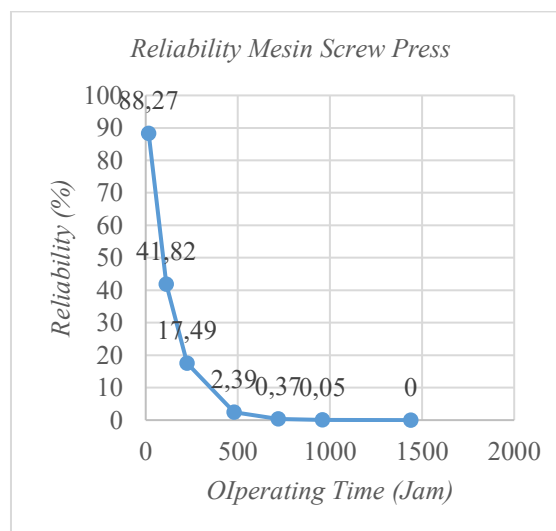
Tabel 7 MTBF dan *Failure Rate* Komponen

NO	Komponen	Jumlah Kegagalan	Waktu Operasi (Jam)	MTBF (jam)	<i>Failure Rate</i> , λ (1/jam)
1	<i>Bearing</i>	1	5376	5376	0.00018
2	<i>Intermediate Gear</i>	1	5376	5376	0.00018
3	<i>Oil Seal</i>	2	5376	2688	0.00074
4	<i>V - Belt</i>	2	5376	2688	0.00074
5	<i>Worm Screw</i>	4	5376	1344	0.00297
6	<i>Press Cage</i>	4	5376	1344	0.00297

Dengan memodelkan sistem sebagai seri, keandalan sistem pada berbagai waktu operasi dihitung seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Keandalan Sistem Mesin *Screw Press* ($R_s(t)$)

<i>Operating Time</i> (Jam)	<i>Reliability</i> (%)
16	88,27
112	41,82
224	17,49
480	02,39
720	00,37
960	00,05
1440	0



Gambar 3. Grafik Penurunan Keandalan Sistem Mesin *Screw Press*

Integrasi FMEA dan RBD untuk Strategi Pemeliharaan

Integrasi hasil FMEA dan RBD memberikan landasan kuat untuk perumusan strategi pemeliharaan :

1. Penentuan Interval Pemeliharaan *Preventif*.
Analisis RBD memberikan panduan kuantitatif untuk menetapkan interval perawatan. Rekomendasi dari penelitian ini adalah setiap sebelum 112 jam operasi sebagai titik kritis dimana keandalan mulai turun drastis di bawah 60%
2. Fokus Prioritas Perawatan.
Analisis FMEA secara jelas menunjukkan bahwa *Press Cage* dan *Worm Screw* adalah komponen yang paling kritis. Dalam setiap siklus pemeliharaan *preventif*, kedua komponen ini harus menjadi fokus inspeksi utama.
3. Rekomendasi Tindakan Perbaikan Spesifik.

Berdasarkan akar penyebab kegagalan dari FMEA, rekomendasi perbaikan dapat dirumuskan dalam kerangka 4M:

1. *Man* (Manusia): Meningkatkan kompetensi operator dan teknisi dalam mendeteksi gejala awal keausan.
2. *Machine* (Mesin): Memastikan penggunaan suku cadang dengan material dan spesifikasi yang sesuai standar pabrikan.
3. *Material* (Bahan Baku): Koordinasi dengan bagian kebun untuk memastikan kualitas TBS dan menghindari kontaminasi material. asing.
4. *Method* (Metode): Menerapkan jadwal pemeliharaan *preventif* yang ketat berdasarkan interval sebelum 112 jam operasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa keandalan sistem mengalami penurunan signifikan seiring waktu operasi. Keandalan mesin turun menjadi 41,82% pada 112 jam operasi, dan mendekati 0% pada 1440 jam, sehingga menunjukkan bahwa mesin memiliki risiko kegagalan tinggi jika dioperasikan tanpa intervensi pemeliharaan. FMEA berhasil mengidentifikasi komponen kritis dengan tingkat risiko tertinggi. Komponen *Press Cage* (RPN = 144) dan *Worm Screw* (RPN = 126) merupakan penyumbang terbesar kegagalan sistem, dengan mode kegagalan dominan berupa keausan akibat beban gesek dan tekanan berlebih. Komponen ini juga memiliki MTBF terendah, yaitu 1344 jam. Integrasi FMEA–RBD memberikan dasar kuantitatif untuk penentuan interval pemeliharaan. Berdasarkan titik penurunan keandalan sistem, merekomendasikan interval pemeliharaan *preventif* sebelum 112 jam operasi untuk menjaga keandalan sistem di atas 60%. Langkah ini harus diprioritaskan pada inspeksi *Press Cage* dan *Worm Screw*.

Saran

Untuk meningkatkan keandalan mesin *screw press* dan mengurangi risiko kegagalan, berikut beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan :

1. Tingkatkan Frekuensi Perawatan *Preventif*
Lakukan perawatan *preventif* secara berkala setiap sebelum 112 jam operasi untuk menjaga keandalan mesin agar mesin tidak turun ke 41,82%. Jadwal ini harus dijadikan standar rutin dalam sistem pemeliharaan agar kerusakan bisa dicegah sebelum terjadi.
2. Prioritaskan Perawatan Komponen Kritis
Fokuskan perhatian pada *Press Cage* dan *Worm Screw* karena kedua komponen ini memiliki tingkat risiko kegagalan paling tinggi. Lakukan pemeriksaan menyeluruh pada kedua komponen tersebut sebelum mencapai batas MTBF-nya (sekitar 1344 jam), dan siapkan jadwal penggantian berkala untuk mencegah kerusakan besar.
3. Penerapan pemantauan kondisi mesin
Terapkan metode pemantauan kondisi seperti pemeriksaan pelumasan secara rutin, inspeksi visual komponen, dan pengukuran getaran mesin. Hal ini dapat membantu mendeteksi gejala awal kerusakan dan mengambil tindakan cepat sebelum terjadi kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sayyidatul Lutfiah Abdullah, Anisah Fadliyah Akbariyah, and Rinandita Wikansari, "POTENSI EKSPOR CRUDE PALM OIL (CPO) DI INDONESIA," *Journal of Science and Social Research* , vol. VII, no. 1, pp. 61–61, Feb. 2024.
- [2] M. Hairuni, Dimas Deworo Puruhito, and Ismiasih, "Studi Komparatif Komoditas Utama di Indonesia ," *AGROFORETECH*, vol. 3, no. 1, pp. 7–7, Mar. 2025.
- [3] Erwin Pardede and Gracia Tio Humbang Simamora, "Identifikasi Kerusakan Pada Screw Press AP-12 Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) DI PT. ABC," *Aptana Jurnal Ilmu & Humaniora* , vol. 1, no. 2, pp. 27–28, Oct. 2023.
- [4] Muhammad Naufal Ramadhan Siregar, "IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) DALAM PENENTUAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN SCREW PRESS (PRESSING) ," YOGYAKARTA, Jun. 2024.
- [5] Syamsuddin Nur and Ikhwansyah Isranuri, "ANALISA KEANDALAN MESIN SCREW PRESS BERDASARKAN IDENTIFIKASI KEGAGALAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN ROOT CAUSE ANALYSIS," *Jurnal Dinamis* , vol. 9, no. 2, pp. 1–1, Dec. 2021.
- [6] Asep Yunta Darma, Lia Laila, and Galih Zulfikar, "MENENTUKAN KEANDALAN MESIN DIGESTER DAN SCREW PRESS MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN RELIABILITY BLOCK DIAGRAM," in *Prosiding Seminar Nasional NCIET* , SEMARANG: JURUSAN TEKNIK MESIN POLITEKNIK NEGERI SEMARANG, 2020.
- [7] Bettauli, "TA : MEMPELAJARI STASIUN PENGEPRESAN PADA PENGOLAHAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT DI PTPN VII UNIT BETUNG KABUPATEN MUSI BANYUASIN SUMATERA SELATAN," POLITEKNIK NEGERI LAMPUNG , LAMPUNG, 2023.
- [8] Armanda Purba, Bukhari Bukhari, and Agustin Nurya Savitri, "Pemotongan Daun Worm Screw Setengah Lingkaran Untuk Mengurangi Broken Nut Pada Stasiun Press PT X," *JURNAL VOKASI TEKNIK (JuVoTek)*, vol. 1, no. 1, pp. 18–19, Jul. 2023.
- [9] Manahan Hutagalung, "Nilai Tekanan serta Efisiensi Hidrolik Sistem Otomatis pada Proses Pengepresan Brondolan Menjadi Crude Palm Oil Unit Screw Press PT XY," *JURNAL VOKASI TEKNIK (JuVoTek)* , pp. 40–41, Jul. 2023.
- [10] Ragil Pardiyono and Putri Suryani, "MENINGKATKAN KEANDALAN KOMPONEN MESIN DAN MINIMASI DOWNTIME PADA MESIN PICANOL GTX SERI 22844 ," *Sistemik(Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik)*, vol. 8, no. 1, pp. 2–2, Jun. 2020.
- [11] Syahputra and Ade, "Analisis Keandalan Mesin Sandblasting Menggunakan Reliability Block Diagram (RBD) di PT. Kopnas PB 139 Binjai," MEDAN, Jul. 2021.
- [12] Arsyad Sumantika, Bahariandi Aji Prasetyo, and Ganda Sirait, "Mitigasi Risiko pada Proses Produksi Tahu Menggunakan Pendekatan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Risk Priority Number ," *SURYA TEKNIKA*, vol. 11, no. 1, pp. 41–41, Jun. 2024.