



Evaluasi Sistem Maintenance pada Digester Menggunakan Metode FMEA di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina

Juita Amelia Simanullang^{1*}, Anitasari Sihotang², Adi Mahendra Pasaribu³

Indira Ruth Septarini⁴, Widya Fernanda Putri⁵

¹⁻⁵ Fakultas Sains dan Teknologi, Teknik Industri, Universitas Prima Indonesia, Indonesia

Email: juitamnlg@gmail.com^{1*}, sihotanganitasari@gmail.com², adimahendrapasaribu@gmail.com³, indiradamanik@gmail.com⁴, widyafernandaputri28@gmail.com⁵

Alamat Kampus: Jl. Sampul No.3, Sei Putih Bar., Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118

*Penulis Korespondensi

Abstract. *This study evaluates the maintenance system of the digester machine at PT Perkebunan Nusantara IV Regional II, Adolina Palm Oil Mill, which plays a crucial role in processing Fresh Fruit Bunches (FFB) into Crude Palm Oil (CPO). The objective of this research is to minimize potential machine failures and downtime while improving the overall efficiency of production operations. To achieve this, the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method was applied to systematically identify potential failure modes, analyze their causes and effects, and assess their risk levels through the calculation of the Risk Priority Number (RPN). Data collection was conducted using a combination of field observation, in-depth interviews with technicians and operators, and documentation related to equipment performance and historical records of machine failures. The analysis revealed several critical components of the digester with relatively high RPN values, indicating potential risks that require immediate attention. These include issues related to wear and tear of mechanical parts, insufficient lubrication practices, and delays in replacing spare parts. Based on these findings, several corrective and preventive measures were proposed, including the improvement of preventive maintenance schedules, enhancement of operator training programs to increase technical competency, and strengthening of spare parts inventory management to avoid production delays. The study concludes that by addressing the identified failure modes through proactive maintenance strategies, the reliability of the digester machine can be significantly improved. This not only reduces the frequency of breakdowns and maintenance costs but also ensures more stable production performance, thereby supporting the sustainable operation of the palm oil mill.*

Keywords: *Digester; Downtime; FMEA; Maintenance system; Reliability*

Abstrak. Studi ini mengevaluasi sistem perawatan mesin digester di PT Perkebunan Nusantara IV Regional II, Pabrik Kelapa Sawit Adolina, yang berperan krusial dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi Minyak Sawit Mentah (CPO). Tujuan penelitian ini adalah meminimalkan potensi kegagalan dan waktu henti mesin sekaligus meningkatkan efisiensi operasional produksi secara keseluruhan. Untuk mencapai hal tersebut, metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diterapkan untuk mengidentifikasi secara sistematis potensi mode kegagalan, menganalisis penyebab dan akibatnya, serta menilai tingkat risikonya melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN). Pengumpulan data dilakukan dengan menggabungkan observasi lapangan, wawancara mendalam dengan teknisi dan operator, serta dokumentasi terkait kinerja peralatan dan catatan historis kegagalan mesin. Analisis ini mengungkap beberapa komponen penting digester dengan nilai RPN yang relatif tinggi, yang mengindikasikan potensi risiko yang memerlukan perhatian segera. Risiko-risiko tersebut meliputi masalah terkait keausan komponen mekanis, praktik pelumasan yang tidak memadai, dan keterlambatan penggantian suku cadang. Berdasarkan temuan ini, beberapa langkah korektif dan preventif diusulkan, termasuk perbaikan jadwal pemeliharaan preventif, peningkatan program pelatihan operator untuk meningkatkan kompetensi teknis, dan penguatan manajemen inventaris suku cadang untuk menghindari keterlambatan produksi. Studi ini menyimpulkan bahwa dengan mengatasi mode kegagalan yang teridentifikasi melalui strategi pemeliharaan proaktif, keandalan mesin digester dapat ditingkatkan secara signifikan. Hal ini tidak hanya mengurangi frekuensi kerusakan dan biaya pemeliharaan, tetapi juga memastikan kinerja produksi yang lebih stabil, sehingga mendukung operasional pabrik kelapa sawit yang berkelanjutan.

Kata kunci: Digester; FMEA; Keandalan; Sistem Pemeliharaan; Waktu Henti

1. LATAR BELAKANG

Program magang merupakan bagian dari Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yang bertujuan memberikan pengalaman praktis bagi mahasiswa sesuai bidang keilmuannya. Melalui kegiatan ini, mahasiswa dapat memahami secara langsung proses bisnis, struktur organisasi, serta sistem operasional dalam industri. Salah satu sektor yang menjadi fokus adalah agroindustri kelapa sawit, yang memiliki peran penting dalam perekonomian nasional.

PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV) Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina dipilih sebagai lokasi magang karena merupakan BUMN dengan peran strategis dalam pengelolaan kelapa sawit. Perusahaan ini mengolah tandan buah segar menjadi Crude Palm Oil (CPO) dan Palm Kernel (PK), dengan standar mutu tinggi melalui sistem manajemen terpadu dari hulu hingga hilir.

Salah satu peralatan vital dalam proses produksi adalah **mesin digester**, yang berfungsi mengaduk dan melumatkan buah sawit sebelum proses pengepresan. Gangguan atau kerusakan pada mesin ini dapat menyebabkan downtime yang signifikan sehingga menurunkan efisiensi produksi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi sistem maintenance yang tepat untuk meningkatkan keandalan mesin.

Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dipilih karena mampu mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis tingkat risiko melalui penilaian Severity, Occurrence, dan Detection, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang terukur. Dengan penerapan metode ini, diharapkan dapat dirumuskan strategi perawatan yang lebih efektif, mengurangi risiko kegagalan, dan mendukung keberlanjutan proses produksi kelapa sawit.

2. KAJIAN TEORITIS

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis di Indonesia yang berperan besar dalam perekonomian nasional, baik dari sisi penyerapan tenaga kerja maupun devisa negara. Proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO) di pabrik kelapa sawit (PKS) sangat bergantung pada keberlangsungan dan keandalan mesin produksi. Salah satu mesin utama dalam proses tersebut adalah mesin digester, yang berfungsi menghancurkan buah sawit sehingga memudahkan pemisahan minyak dari serat dan biji. Gangguan atau kerusakan pada mesin digester dapat menimbulkan downtime yang signifikan, sehingga menghambat kelancaran produksi serta menurunkan produktivitas pabrik.

Untuk menjaga kelancaran operasi, sistem maintenance atau perawatan mesin memiliki peran penting dalam memastikan ketersediaan (availability), keandalan (reliability), dan

efisiensi (efficiency) peralatan produksi. Menurut literatur manajemen perawatan, strategi pemeliharaan yang baik mampu meminimalkan biaya perbaikan, mengurangi frekuensi kerusakan, serta meningkatkan umur pakai mesin. Dalam praktiknya, **pendekatan** preventive maintenance lebih diutamakan dibandingkan corrective maintenance, karena bersifat antisipatif terhadap potensi kegagalan yang dapat terjadi.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam evaluasi sistem maintenance adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). FMEA merupakan teknik analisis terstruktur yang bertujuan mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu sistem, menilai dampak yang ditimbulkan, serta menentukan prioritas risiko berdasarkan perhitungan Risk Priority Number (RPN). RPN diperoleh dari perkalian tiga faktor utama, yaitu tingkat keparahan (severity), kemungkinan terjadinya (occurrence), dan kemampuan deteksi (detection). Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar pula urgensi tindakan perbaikan yang diperlukan.

Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa penerapan FMEA efektif dalam meningkatkan keandalan mesin produksi di berbagai industri, termasuk manufaktur, otomotif, hingga energi. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji penggunaan metode FMEA pada mesin digester di pabrik kelapa sawit masih terbatas. Padahal, karakteristik mesin digester yang bekerja terus-menerus dengan beban tinggi sangat rentan terhadap kerusakan, sehingga evaluasi perawatan berbasis FMEA menjadi krusial.

Dengan demikian, penelitian mengenai evaluasi sistem maintenance pada mesin digester menggunakan metode FMEA diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keandalan mesin, mengurangi downtime, serta mendukung keberlanjutan proses produksi di pabrik kelapa sawit.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengevaluasi sistem maintenance pada mesin digester di PT Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina. Penelitian dilaksanakan di PKS Adolina, salah satu unit pengolahan milik PT Perkebunan Nusantara IV Regional II, yang bergerak dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi Crude Palm Oil (CPO). Kegiatan penelitian dilakukan selama periode [isi bulan – tahun].

Data yang digunakan terdiri dari data primer, diperoleh melalui observasi langsung pada proses pengolahan, wawancara dengan teknisi dan operator, serta pencatatan aktivitas maintenance mesin digester. Data sekunder, berupa catatan historis kerusakan mesin, jadwal perawatan, laporan downtime, serta dokumen pendukung dari perusahaan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, untuk melihat kondisi aktual mesin digester dan prosedur maintenance. Wawancara, dengan teknisi dan operator guna memperoleh informasi terkait potensi kegagalan serta kendala dalam proses perawatan. Studi dokumentasi, melalui pengumpulan data kerusakan, frekuensi downtime, serta catatan jadwal preventive maintenance.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan Data

a. Pengambilan data Severity

Tabel 1. Kriteria Severity.

Efek	Kriteria Saverity of effects	Peringkat
Failure to meet safety and/or regulatory requirement	Kegagalan mode effect berpotensi terhadap keselamatan dalam operasi,tanpa tanda peringatan	10
	Kegagalan mode effect berpotensi terhadap keselamatan dalam operasi, dengan Tanda peringatan	9
Loss or degradation of primary fungtion	Kehilangan atau degradasi fungsi utama mesin yang tidak berdampak keselamatan	8
	Kehilangan atau degradasi fungsi utama mesin yang tidak berdampak keselamatan serta Performa mesin	7
Loss or degradation of secondary fungtion	Mesin dapat di operasikan, ada alat yang tidak berfungsi	6
	Atau rusak Mesin dapat beroperasi,tetapi Terdapat penurunan performasi	5
Annoyance	Mesin dapat beroperasi dengan normal, namun settingan mengalami perubahan	4
	Mesin dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak Mengganggu operasi	2
Tidak ada efek	Tidak ada efek	1
	Yang dapat dilihat	

b. Pengambilan data Occurence

Tabel 2. Kriteria Occurrence.

Peluang Kegagalan	Kriteria Occurence Of causesper Days	Peringkat
Sangat tinggi Tinggi	Kejadian lebih dari 5 tahun	10
	Kejadian setiap 3-5 tahun	9
	Kejadian setiap 1-3 tahun	8
	Kejadian setiap 1 tahun	7
Sedang	Kejadian Setiap atau Kurang dari 6 bulan	6
	Kejadian Setiap atau Kurang dari 3 bulan	5
Rendah	Kejadian setiap bulan	4
	Kejadian setiap minggu	3
	Kejadian setiap 3-4 hari	2
Sangat rendah	Kejadian setiap hari	1

c. Pengambilan data Detection

Tabel 3. Kriteria Detection.

Deteksi	Kriteria deteksi	Peringkat
Tidak terdeteksi	Tidak bisa terdeteksi dengan sistem yang ada	10

(Sumber:Fauzan,2018)

Nilai RPN yang didapat merupakan hasil dari perkalian bobot severity, occurrence, detection dimana ketiga bobot tersebut di nilai dengan skala 1-. Setelah nilai RPN diperoleh maka dapat terlihat urutan prioritas perawatan terhadap komponen yang harus difokuskan untuk dilakukan perawatan.

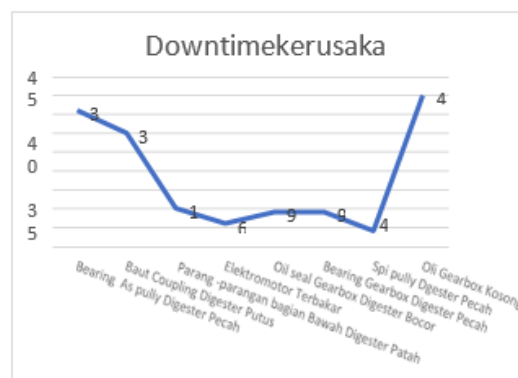
Pengolahan Data

a. Identifikasi Kerusakan Digester

Identifikasi kerusakan pada digester berdasarkan lamanya waktu downtime terhadap jenis kerusakan pada unit digester yang dapat dilihat pada Tabel IV.

Tabel 4. Data Kerusakan Pada Digester 2 Berdasarkan Lama Waktu Downtime Selama 5 Bulan.

NO	Jenis Kerusakan	Total Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Downtime (Jam)
1	Bearing Aspulley Digester Pecah	3	12	36
2	Baut Coupling Digester Putus	10	3	30
3	Parang-parangan bagian Bawah Digester Patah	2	5	10
4	Elektromotor Terbakar	2	3	6
5	Oilseal Gearbox Digester Bocor	3	3	9
6	Bearing Gearbox Digester Pecah	3	3	9
7	Spi pulley Dgester Pecah	2	2	4
8	Oli Gearbox Kosong	20	2	40

**Gambar 1.** Grafik Data Berdasarkan Lama Waktu Downtime.

Untuk identifikasi resiko pada jenis kerusakan di unit digester dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Daftar kerusakan, penyebab dan Efek dari resiko.

NO	DaftarResiko	Kemungkinan Penyebab	Efek
1	Bearing Aspully Digester Pecah	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
2	Baut Coupling Digester Putus	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
3	Parang-parangan bagian Bawah Digester Patah	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
4	Elektromotor Terbakar	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
5	Oilseal Gearbox Digester Bocor	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
6	Bearing Gearbox Digester Pecah	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
7	Spipully Dgester Pecah	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan
8	Oli Gearbox Kosong	Lifetime	Mesin tidak dapat digunakan

Setelah Kerusakan teridentifikasi maka akan ditentukan nilai Severity, Occurrence dan Detection. Untuk menentukan nilai tersebut menggunakan kuisioner yang pengisiannya dilakukan melalui brainstorming, data stagnasi dan data wawancara yang sudah didapatkan. Perhitungan Nilai Risk Priority Number (RPN) merupakan bagian penting dalam FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) karena dari nilai Risk Priority Number (RPN) akan diketahui prioritas resiko yang termasuk dalam resiko kritis yang menjadi fokus utama dalam melakukan preventive maintenance. Nilai Risk Priority Number (RPN) dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

Tabel 6. Nilai Severity, Occurrence, and Detection Dan Risk Priority Number (RPN) untuk tiap kerusakan.

No	DaftarResiko	S	O	D	RPN
1	Bearing Aspully Digester Pecah	6	5	10	300
2	Baut Coupling Digester Putus	6	5	8	240
3	Parang-parangan bagian Bawah Digester Patah	6	4	6	144
4	Elektro motor Terbakar	6	4	5	120
5	Oil seal Gearbox Digester Bocor	6	4	4	96
6	Bearing Gearbox Digester Pecah	6	1	10	60
7	Spipully Dgester Pecah	6	1	6	36
8	Oli Gearbox Kosong	6	4	1	24
Total RPN					1.020

Berdasarkan resiko yang telah terdaftar dan diketahui Nilai RPN masing-masing maka dapat ditentukan resiko kritis. Resiko kritis tersebut yang akan dianalisa lebih lanjut sebagai langkah awal dan tindakan penanganan resiko untuk mempertahankan kinerja PKS. Suatu resiko dikatakan sebagai resiko kritis apabila memiliki nilai RPN diatas nilai kritis. Nilai kritis RPN ditentukan dari rata-rata nilai RPN dari seluruh resiko.

Nilai Kritis RPN= $\frac{RPN}{Jumlah\ Resiko}$

$$= \frac{1.020}{8}$$

$$= 127$$

Berdasarkan perhitungan resiko yang dilakukan dengan Metode FMEA diperoleh 3 resiko kritis. Nilai RPN dari 3 resiko tersebut berada diatas 127,5 yang merupakan risiko kritis.

Tabel 7. Daftar Risiko Kritis.

NO	Daftar Resiko	S	O	D	RPN
1	Bearing Aspully Digester Pecah	6	5	10	300
2	Baut Coupling Digester Putus	6	5	8	240
3	Parang-parangan bagian Bawah Digester Patah	6	4	6	144

Berdasarkan data yang telah dilakukan dengan pengolahan data Downtime, Setelah melakukan pengolahan terhadap data Downtime. hasil menunjukkan Oli Gearbox Kosong berada pada peringkat pertama Downtime tertinggi dengan downtime sebesar 40 jam dalamkurang waktu5 bulan dan Spi pully Dgester Pecah berada pada peringkat terakhir Downtime terendah dengan downtime sebesar 4 jam dalam kurang waktu 5 bulan.

Tabel 8. Usulan perawatan untuk masing-masing komponen kritis.

NO	Daftar Resiko Kritis	Fungsi Komponen	Tindakan yang dilakukan
1	Bearing Aspully Digester Pecah	Sebagai Komponen Yang mendukung Pergerakan atau Putaran dengan bebas Dan lancer di digester	Pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan komponen Yang didasarkan pada waktu atau umur komponen dengan Mengganti komponen yang rusak dengan komponen yang baru atau mengganti dengan komponen yang sudah <i>direbuild</i> sesuai dengan jam kerjanya yang sudah ditetapkan dan dilakukan selalu pengecekan pada Bearing Aspuli Digester
2	Baut Coupling Digester Putus	Sebagai perantara pengunci coupling antara Gearbox dengan digester	Pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan komponen yang didasarkan pada waktu atau umur komponen dengan mengganti komponen yang rusak dengan komponen yang baruatau mengganti dengan komponen yang sudah di <i>rebuild</i> sesuai denganjamkerjanya yang sudah ditetapkan.

3	Parang-parangan bagian Bawah Digester Patah	Sebagai pemecah dan pengaduk berondolan didalam <i>digester</i>	Pengecekan pisau digester secara teratur, lakukan pergantian komponen sesuai jadwal perawatan agar pisau digester tidak terjadi kerusakan yang dapat mengganggu Proses Pelumatan padadigester.
---	---	---	--

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Melalui jadwal pengecekan yang terencana (*Preventive Maintenance*), pengendalian kualitas proses dapat berlangsung tanpa hambatan, memastikan hasil produksi tetap memiliki kualitas tinggi. Perawatan dan pengecekan alat serta mesin secara terjadwal sangat penting untuk menjaga kinerjanya. Tanpa jadwal yang teratur, alat atau mesin berisiko mengalami kerusakan yang dapat menghambat proses produksi. Kerusakan-kerusakan yang sering terjadi di Digester yaitu: Pisau lempar dan pisau aduk patah, Elektromotor rusak, Bottom plate sumbat, bila kerusakan yang ringan masih dapat diperbaiki dan bila kerusakan berat maka akan diganti dengan yang baru. Bearing Oli Gearbox Kosong berada pada peringkat pertama Downtime tertinggi dengan downtime sebesar 40 jam dalam kurung waktu 5 bulan dan Spi pully Dgester Pecah berada pada peringkat terakhir Downtime terendah dengan downtime sebesar 4 jam dalam kurung waktu 5 bulan. Berdasarkan metode FMEA terdapat 3 resiko kritis dengan nilai RPN tertinggi dari 7 jumlah resiko yang teridentifikasi yaitu: Bearing As puli Digester Pecah, Baut Coupling Digester Pecah, Parang -parangan bagian Bawah Digester Patah. Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Memperhatikan pentingnya jadwal perawatan rutin untuk memastikan digester berfungsi secara optimal dapat mengurangi risiko kerusakan yang tidak terduga. Menjaga kualitas operasional melalui penerapan *preventive maintenance* yang terstruktur, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar tanpa hambatan. Pihak perusahaan sebaiknya mencatat setiap kerusakan yang terjadi, sehingga dapat mempertimbangkan dan memutuskan tindakan yang akan dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan saat proses produksi berjalan.

DAFTAR REFERENSI

- Abadi, R. Z., Nugroho, B., Hermantoro, H., & Renjani, R. A. (2025). Enhancing reliability and maintenance efficiency of screw press machines in palm fruitlet processing mills: A failure mode and effect analysis (FMEA) approach. *Tropical Plantation Journal*, 4(2). <https://doi.org/10.56125/tpj.v4i2.56>
- Afiva, H. W., Nelisa, M., & Rekan. (2019). Usulan interval preventive maintenance dan estimasi biaya pemeliharaan menggunakan metode reliability centered maintenance

- dan FMECA. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 18(2), 213–223. <https://doi.org/10.23917/jiti.v18i2.8551>
- Afraah, S. M. A. (2023). Analysis of machine effectiveness to minimize six big losses in the palm oil industry. *Semesta Teknika*.
- Al-Ghamdi, A., & Rekan. (2005). Reliability centered maintenance concepts and application: A case study. *International Journal of Industrial Engineering – Theory, Application and Practice*, 7, 123–132.
- Amalia, W., Ramadian, D., & Hidayat, S. N. (2022). Analisis kerusakan mesin sterilizer pabrik kelapa sawit menggunakan FMEA. *Jurnal Teknik Industri*. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19179>
- Anugerah, A. R., Azfanizam, A. S., Samin, R., & Samdin, Z. (2021). Modified failure mode and effect analysis to mitigate sustainable-related risk in the palm oil supply chain. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 8(2), 1–15. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2021.1898180>
- Assauri. (2008). *Manajemen produksi*. Jakarta: FEUI.
- Basari, H., Herman, N., & Asmai, S. A. (2008). Enhanced maintenance problem recognition techniques and its application to palm oil mills. *Journal of Information and Communication Technology*, 7, 73–87. <https://doi.org/10.32890/jict.7.2008.8081>
- Hayun, A., & Anggara. (2005). Perencanaan dan pengendalian proyek dengan metode PPRT-CPM studi kasus fly over Ahmad Yani Karawang. *The Winners*, 6(2), 155–174. <https://doi.org/10.21512/tw.v6i2.605>
- Ismail, A. R., Ismail, R. S., Zulkifli, R., & Makhtar, N. K. (2009). A study on implementation of preventive maintenance programme at Malaysia palm oil mill. *Proceedings*.
- Pahan, I. (2006). *Panduan lengkap kelapa sawit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Panjaitan, N., Faris, M. Z., Lubis, J. A., & Silitonga, N. K. (2025). Quality analysis of crude palm oil using free fatty acid content parameters with failure mode and effect analysis. *Engineering Proceedings*, 84(1), 98. <https://doi.org/10.3390/engproc2025084098>
- Pasaribu, M. I., Ritonga, D. A., & Irwan, A. (2023). Analisis perawatan mesin screw press di pabrik kelapa sawit dengan metode FMEA di PT. XYZ. *JITEKH*.
- Raven, Z. S., et al. (2024). Ripple mill machine damage analysis using the FMEA method at PT Agro Sinergi Nusantara (ASN) palm oil mill. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Rekayasa*, 9(1), 9–14. <https://doi.org/10.31572/inotera.Vol9.Iss1.2024.ID280>
- Ritaldi Siregar, A., Sangkek, C., & Rimawan, E. (2018). Analysis of productivity of palm oil mill using FMEA. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3(8).
- Siregar, N., & Munthe, S. (2019). Analisa perawatan mesin digester dengan metode reliability centered maintenance pada PTPN II Pagar Merbau. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 3(2).
- UUM Author. (n.d.). *Maintenance management performance of Malaysian palm oil mills* (Tesis). Universiti Utara Malaysia.
- Warahmah, M., Malik, R., & Ahmad, A. (2024). Analisis pengendalian kualitas proses produksi crude palm oil menggunakan FMEA. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri & Manajemen*.