

ANALISA KERUSAKAN PADA PISAU DIGESTER PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT (STUDI KASUS DI PABRIK KELAPA SAWIT PT KARYA TANAH SUBUR)

Fakruddin^{1*}, Farid Jayadi²

^{1,2}Universitas Teuku Umar, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar
Alue Peunyareng, 23615, Meulaboh

e-mail: ¹fakruddin080100@gmail.com, ²faridjayadi@utu.ac.id

Abstrak

Pabrik Kepala Sawit PT Karya Tanah Subur (KTS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang perkebunan dan pengolahan minyak kelapa sawit dengan kapasitas 20 ton/jam TBS yang beroperasi di Kabupaten Aceh Barat. Proses produksi dan penggunaan mesin pabrik secara berkala selama 24 jam dapat menimbulkan kerusakan atau *downtime* pada mesin sehingga mempengaruhi efisiensi pada proses produksi. Mesin degister menjadi salah satu mesin kerap kali digunakan secara terus menerus di pabrik. Dalam proses pengolahan, kerusakan pada mesin degister merupakan permasalahan umum yang belum terselesaikan. Diketahui bahwa pisau pada mesin degister sering terjadinya keausan dan kerusakan (patah) hingga mengakibatkan proses produksi terhenti. Berdasarkan permasalahan dan penelitian terdahulu, maka penulis berinisiatif untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisa permasalahan kerusakan pada komponen pisau digester yang berada di mesin degister dengan menggunakan metode FMEA. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat 5 kegagalan pada mesin degister khususnya pada komponen pisau degister yakni mata pisau degister patah, mata pisau degister mengalami keausan, mata pisau degister bengkok, rendahnya suhu yang dihasilkan oleh steam boiler sehingga mempengaruhi temperatur mesin degister dan kelonggaran baut pengikat antara pisau dan shaft mesin degister. Dari analisa metode FMEA diketahui bahwa kerusakan akibat mata pisau degister patah diperoleh RPN tertinggi dengan nilai 504, yang menandakan bahwa kerusakan tersebut yang paling berpengaruh terhadap pisau degister. Hasil pencarian akar permasalahan menggunakan metode fishbone diagram diketahui bahwa terdapat 4 faktor yang menyebabkan pisau degister patah yaitu faktor manusia, metode, lingkungan dan mesin.

Kata kunci— *Degister, FMEA, Mesin, Pabrik, Sawit*

Abstract

PT Karya Tanah Subur (KTS) Palm Oil Mill is a company engaged in palm oil plantations and processing with a capacity of 20 tonnes/hour of FFB operating in West Aceh Regency. The production process and regular use of factory machines for 24 hours can cause damage or downtime to the machine, thereby affecting the efficiency of the production process. The register machine is one of the machines that is frequently maintained in factories. In the processing process, damage to the degister machine is a common problem that has not been resolved. It is known that the blades on degister machines often wear out and become damaged (broken) causing the production process to stop. Based on previous problems and research, the author took the initiative to conduct research aimed at analyzing the problem of damage to the digester knife components in the degister machine using the FMEA method. Based on the research results, there were 5 failures in the degister machine, especially in the degister knife components, namely the degister blade was broken, the degister blade was worn, the degister blade was bent, the low temperature produced by the steam boiler affected the temperature of the degister machine and

looseness of the fastening bolts between the knives. and degister machine shaft. From the FMEA analysis method, it is known that damage caused by a broken degister blade obtained the highest RPN with a value of 504, which indicates that this damage has the most influence on the degister knife. The results of searching for the root of the problem using the fishbone diagram method show that there are 4 factors that cause the degister knife to break, namely human factors, methods, environment and machines.

Keywords— *Degister, FMEA, Machinery, Factory, Palm Oil*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan era globalisasi saat ini menuntut setiap perusahaan untuk dapat menghasilkan produk yang berkualitas dengan proses yang seefisien mungkin. Berbagai perusahaan saat ini bersaing untuk dapat meningkatkan kualitas tenaga kerja, pemilihan bahan baku yang bermutu dan menciptakan inovasi teknologi [1]. Perkebunan kelapa sawit dan pengolahan kelapa sawit saat ini menjadi salah satu sektor industri yang berkembang pesat di Indonesia. Tercatat dalam Badan Pusat Statistik produksi buah kelapa sawit mengalami peningkatan produksi dari tahun ke tahun hingga sebesar 1,02% dengan total produksi 45,58 juta ton di tahun 2022 [2]. Indonesia telah dinobatkan sebagai negara dengan kontribusi penghasil buah kelapa sawit terbesar dunia [3]. Kontribusi perkebunan kelapa di Indonesia diperkirakan hampir 85% dari total seluruh perkebunan. Oleh sebab itu, menjadi suatu tantangan bagi Indonesia untuk dapat mengelola proses produksi dengan baik guna meningkatkan perekonomian negara [4].

Proses produksi minyak kelapa sawit di kawasan Industri merupakan serangkaian proses pengolahan buah kepala sawit yang melibatkan berbagai faktor produksi seperti bahan baku berupa Tandan Buah Segar (TBS), sumber tenaga manusia dan peralatan mesin. Untuk menciptakan suatu proses yang efektif dan hasil yang efisien maka suatu proses produksi memerlukan mesin atau peralatan yang optimal. Salah satu peralatan yang memiliki peran penting dalam mengubah buah kelapa sawit (bahan baku) menjadi minyak kelapa sawit (bahan setengah jadi) adalah mesin digester [5].

Mesin Degister merupakan salah satu alat produksi yang berfungsi mencacah buah kepala kelapa sawit menggunakan pisau degister yang akan memisahkan biji sawit dengan fiber/serat sawit yang selanjutnya akan di pressing untuk dihasilkan minyak sawit [6]. Dalam digester, terdapat pisau tetap (dikenal juga sebagai *wall blades* atau *fixed blades*) yang berperan sebagai stator, sementara pisau yang berputar berfungsi sebagai rotor. Artinya, buah atau berondolan kelapa sawit tidak diputar, melainkan mereka bersentuhan dengan pisau tetap. Melalui kehadiran tangki pengaduk (*Stirring Arms*) dan tangki tetap (*Fixed Arms*), buah atau berondolan kelapa sawit akan diuraikan dan serat pada daging buahnya dipecahkan serta dihaluskan. Selama proses pengadukan ini, minyak kasar akan terlepas, dan pengadukan berlangsung sekitar 14-20 menit. Setelah buah atau berondolan kelapa sawit terpisah dari bijinya, tahapan selanjutnya adalah proses pengepressan dengan menggunakan Screw Press. Maka dari itu, untuk mendapatkan hasil kinerja yang baik maka suatu Industri minyak kelapa sawit memerlukan mesin yang optimal guna menghasilkan keuntungan bagi perusahaan dengan seefisien mungkin [7].

Pabrik Kepala Sawit PT Karya Tanah Subur (KTS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang perkebunan dan pengolahan minyak kelapa sawit dengan kapasitas 20 ton/jam TBS yang beroperasi di Kabupaten Aceh Barat. Proses produksi dan penggunaan mesin pabrik secara berkala selama 24 jam dapat menimbulkan kerusakan atau *downtime* pada mesin sehingga mempengaruhi efisiensi pada proses produksi. Mesin degister menjadi salah satu mesin kerap kali digunakan secara terus menerus di pabrik [8]. Hal ini dikarenakan mesin tersebut memegang peranan penting dalam proses produksi minyak kelapa sawit dikarenakan mesin degister bersifat kritical yakni apa bila mesin tersebut rusak/tidak berfungsi maka proses produksi akan terhenti [9]. Dalam proses pengolahan, kerusakan pada mesin degister merupakan permasalahan umum

yang belum terselesaikan. Diketahui bahwa pisau pada mesin degister sering terjadinya keausan dan kerusakan (patah) hingga mengakibatkan proses produksi terhenti. Maka dari itu, PT KTS harus menganalisa permasalahan yang detail untuk diketahui akar penyebab kerusakan pada pisau degister yang kemudian akan dilakukan perbaikan.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian terdahulu, maka penulis berinisiatif untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisa permasalahan kerusakan pada komponen pisau digester yang berada di mesin degister dengan menggunakan metode FMEA. Penggunaan metode FMEA pernah digunakan oleh ref [10] untuk menganalisa kerusakan mesin screw press dan diketahui bahwa terdapat beberapa permasalahan yang mengakibatkan kerusakan pada mesin yakni patahan pisau digester yang ikut masuk dalam proses pemerasan sehingga mengakibatkan proses produksi terhenti. Sedangkan untuk mencari sebab akibat penulis menggunakan metode *fishbone diagram* guna menguraikan sebab akibat kegagalan. Diagram fishbone adalah metode yang digunakan untuk menganalisa akar penyebab lebih detail dengan melihat kesenjangan dan ketidaksesuaian pada suatu permasalahan [11].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit PT. KTS yang berlokasi di Kabupaten Aceh Barat dengan fokus objek penelitian pada mesin produksi yaitu mesin degister khususnya pada komponen pisau degister. Pelaksanaan penelitian dimulai dari Bulan Januari hingga Mei tahun 2023. Dalam menganalisa penulis menggunakan metode FMEA untuk dapat mengetahui permasalahan pada pisau digester menggunakan perhitungan tools microsoft excel. Kemudian permasalahan yang paling diprioritaskan akan dicarikan akar permasalahan dengan implementasi melalui diagram fishbone dalam bentuk gambar yang kemudian akan uraikan usulan perbaikan agar perusahaan dapat merealisasikan perbaikan tersebut.

Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu metode yang dipergunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengeliminasi efek potensi kegagalan didalam mesin/peralatan atau disuatu sistem [12]. Implementasi penggunaan metode FMEA dimulai dari mengidentifikasi mode dan akibat kegagalan sehingga di hasilkan skor *priority* guna menentukan keputusan selanjutnya [13]. Perhitungan FMEA dinilai berdasarkan tingkat kemungkinan (*occurrence*), tingkat konsekuensi (*severity*) dan tingkat deteksibilitas (*detection*) pada suatu *failure*/kegagalan yang kemudian diperoleh skor RPN [14]. Perhitungan metode FMEA dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Severity (Tingkat Konsekuensi):** *Severty* bertujuan untuk mengukur pengaruh tingkat kerusakan atau kegagalan terhadap suatu mesin. Skala pemberian nilai pada rentan 1 hingga 10, dimana 1 berarti memiliki dampak rendah dan 10 berarti memberi dampak yang sangat besar. Pertimbangan dalam penilaian ini dilihat berdasarkan produktivitas, keselamatan, kualitas dan dampak terhadap lingkungan.
2. **Detection (Tingkat Deteksibilitas):** *Detection* bertujuan untuk melihat sejauh mana kegagalan pada mesin dapat dideteksi sebelum mengakibatkan kegagalan dan memberi dampak kepada suatu sistem. Sama seperti *severity*, *detection* memiliki skala nilai 1 hingga 10, dimana 1 berarti sangat mudah diketahui kerusakannya dan 10 berarti sangat sulit untuk dideteksi penyebab kerusakannya. Pertimbangan pemberian nilai didasar dari pengujian dan sistem perawatan.
3. **Occurrence (Tingkat Kemungkinan):** *Occurrence* bertujuan untuk mengukur seberapa sering suatu kegagalan terjadi disuatu sistem. Skala penilaian diberikan pada rentan 1 hingga 10, yang mana 1 berarti jarang terjadi dan 10 sangat sering terjadi. Pertimbangan penilaian ini didasari oleh data pengamatan, rekapan data masa lalu dan pengetahuan teknis.

Setelah ditentukan penilaian terhadap ketiga item diatas, maka selanjutnya dihitung *Risk Priority Number (RPN)* sebagai mana rumus berikut.

$$RPN = Severity (S) \times Detection (D) \times Occurance (O) \quad (1)$$

Hasil dari RPN kemudian diurutkan dari terbesar hingga terkecil guna ditentukan mana kegagalan yang prioritas untuk diselesaikan. Skor RPN menjadi acuan tingkat suatu kegagalan, dimana semakin tinggi suatu RPN maka dapat dipastikan kegagala tersebut memberi dampak yang besar terhadap suatu sistem atau mesin [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengumpulan data melalui studi lapangan dengan melihat langsung proses produksi pada area mesin Degister. Kemudian ditemukan beberapa kegagalan pada komponen mesin degister yakni pisau digester. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan berikut merupakan kegagalan pisau degister dalam proses produksi di PT KTS.

Tabel 1. Kegagalan/*Failure* Pisau Degister

NO	Kegagalan/ <i>Failure</i>
1	Kelonggaran Baut Pengikat antara Pisau dan Shaft Mesin Degister
2	Rendahnya suhu yang dihasilkan oleh steam boiler sehingga mempengaruhi temperatur Mesin Degister.
3	Mata Pisau Degister Mengalami Keausan
4	Mata Pisau Degister Patah
5	Mata Pisau Degister Bengkok

Sumber: Hasil Pengumpulan Data Penelitian

Dari identifikasi kegagalan pisau degister di KTS diatas, maka selanjutnya akan dianalisa kerusakan yang paling prioritas untuk dicari akar penyebab kerusakan guna diusulkan perbaikan.

3.2 Analisa Kerusakan Pisau Degister dengan Metode FMEA

Dalam penelitian ini penggunaan metode FMEA dimulai dengan menentukan nilai tingkat kemungkinan (*occurrence*), tingkat konsekuensi (*severity*) dan tingkat deteksibilitas (*detection*) pada suatu failure/kegagalan. Penentuan nilai severity, occurrence dan detection untuk menghitung RPN diperoleh berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan juga berdiskusi bersama Mandor Pabrik sehingga diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 1. Penentuan Nilai *Severity*, *Occurate* & *Detection* untuk menghitung RPN

NO	Failure Mode/Kegagalan Pisau Digester	Severity	Occurate	Detection	RPN
1	Kelonggaran Baut Pengikat antara Pisau dan Shaft Mesin Degister	5	5	3	75
2	Rendahnya suhu yang dihasilkan oleh steam boiler sehingga mempengaruhi temperatur Mesin Degister.	7	6	5	210
3	Mata Pisau Degister Mengalami Keausan	7	7	7	343
4	Mata Pisau Degister Patah	7	8	9	504
5	Mata Pisau Degister Bengkok	7	7	5	245

Sumber: Hasil Penelitian 2023

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka RPN tertinggi hingga terendah dari kegagalan pisau degister dapat ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil RPN Kegagalan Pisau Degister

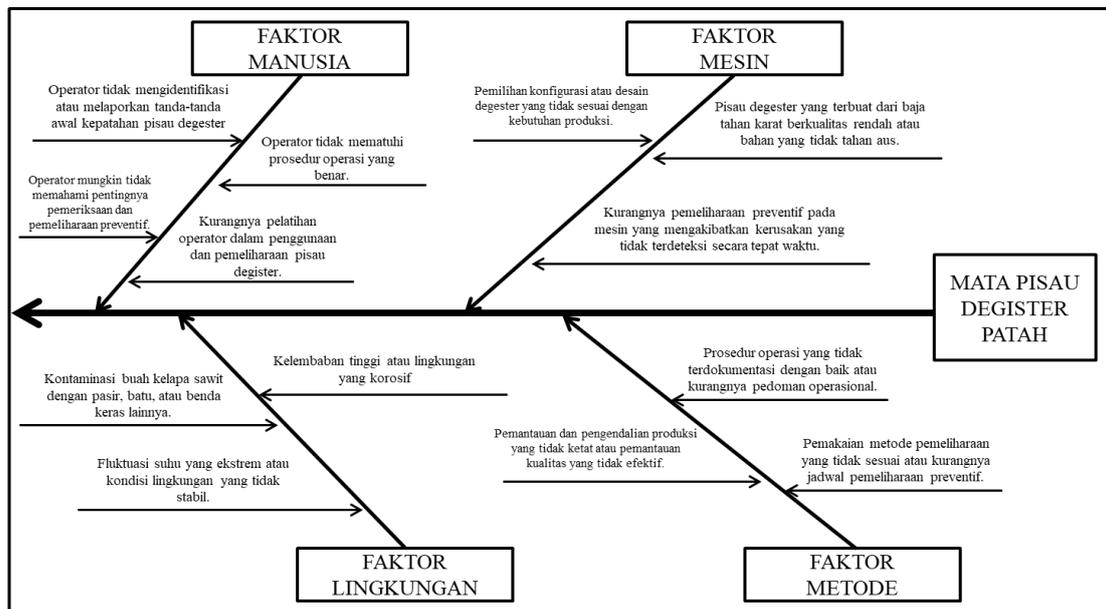
NO	Failure Mode/Kegagalan Pisau Digester	RPN
1	Mata Pisau Degister Patah	504
2	Mata Pisau Degister Mengalami Keausan	343
3	Mata Pisau Degister Bengkok	245
4	Rendahnya suhu yang dihasilkan oleh steam boiler sehingga mempengaruhi temperatur Mesin Degister.	210
5	Kelonggaran Baut Pengikat antara Pisau dan Shaft Mesin Degister	75

Sumber: Hasil Penelitian 2023

Berdasarkan hasil metode FMEA diketahui bahwa kegagalan mata pisau degister patah memberi dampak yang cukup tinggi terhadap sistem produksi mesin degister.

3.3 Analisa Sebab Akibat (Fishbone Diagram) Mata Pisau Degister Patah

Dari hasil metode FMEA diketahui bahwa kegagalan yang memiliki potensi yang paling besar untuk diselesaikan adalah mata pisau degister patah. Kegagalan ini kemudian akan dilakukan analisa sebab akibat dengan metode fishbone diagram. Hasil dari metode ini didasari dari hasil pengamatan dan berdiskusi bersama Mandor Pabrik sehingga dihasilkan Gambar sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Fishbone Kegagalan Mata Pisau Degister Patah

Berdasarkan hasil analisa diagram fishbone diatas terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kegagalan mata pisau degister patah, yakni dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Faktor Manusia:

- *Kurangnya Pelatihan Operator:* Operator yang tidak mendapatkan pelatihan yang memadai dalam penggunaan dan pemeliharaan pisau degister mungkin tidak memiliki pemahaman yang cukup untuk mengoperasikan peralatan dengan benar.

- *Ketidakpatuhan terhadap Proses:* Ketidakpatuhan operator terhadap prosedur operasi yang benar dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam pengoperasian pisau degester, yang dapat menyebabkan kerusakan.
- *Kesadaran akan Keausan:* Operator mungkin tidak selalu memperhatikan atau melaporkan tanda-tanda awal keausan pada pisau degester, yang jika tidak ditangani dengan cepat, dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut.
- *Kurangnya Pemahaman:* Operator mungkin tidak sepenuhnya memahami pentingnya pemeriksaan rutin, perawatan, atau pemeliharaan preventif, yang dapat menyebabkan pengabaian dalam hal ini.

2. Faktor Mesin:

- *Kualitas Material Pisau:* Pisau degester yang terbuat dari bahan berkualitas rendah atau tidak tahan aus akan lebih cepat mengalami kerusakan dan keausan.
- *Kurangnya Pemeliharaan Preventif:* Mesin yang tidak menjalani pemeliharaan preventif secara teratur dapat mengalami kegagalan atau kerusakan yang tidak terdeteksi tepat waktu.
- *Desain dan Konfigurasi:* Pemilihan konfigurasi atau desain degester yang tidak sesuai dengan kebutuhan produksi dapat menghasilkan tekanan atau tahanan yang berlebihan pada pisau degester.

3. Faktor Lingkungan:

- *Kontaminasi Bahan:* Kontaminasi buah kelapa sawit dengan pasir, batu, atau benda keras lainnya dapat mengakibatkan ausnya pisau degester lebih cepat dan kerusakan mesin.
- *Fluktuasi Suhu dan Kelembaban:* Fluktuasi suhu yang ekstrem atau kelembaban tinggi dapat merusak material pisau degester atau komponen mesin.
- *Korosi:* Lingkungan yang korosif dapat merusak pisau degester dan bagian mesin lainnya.

4. Faktor Metode:

- *Prosedur Operasi Tidak Sesuai:* Kurangnya pedoman operasional yang baik atau pemakaian prosedur yang tidak sesuai dapat mengakibatkan penggunaan yang tidak efisien dan dapat menyebabkan kegagalan.
- *Pemeliharaan yang Tidak Sesuai:* Metode pemeliharaan yang tidak sesuai atau kurangnya pemeliharaan preventif dapat mengakibatkan kerusakan mesin yang tidak terdeteksi dengan baik.
- *Pengendalian Produksi dan Kualitas:* Pengendalian produksi yang tidak ketat atau pengawasan kualitas yang tidak efektif dapat menyebabkan penggunaan yang tidak efisien dan kerusakan pada pisau degester.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian diatas, maka penulis dapat menarik sebuah kesimpulan bahwa, Mesin degester merupakan salah satu alat produksi yang berfungsi mencacah buah kepala kelapa sawit menggunakan pisau degester yang akan memisahkan biji sawit dengan fiber/serat sawit yang selanjutnya akan di pressing untuk dihasilkan minyak sawit. Terdapat 5 kegagalan pada mesin degester khususnya pada komponen pisau degester yakni mata pisau degester patah, mata pisau degester mengalami keausan, mata pisau degester bengkok, rendahnya suhu yang dihasilkan oleh steam boiler sehingga mempengaruhi temperatur mesin degester dan kelonggaran baut pengikat antara pisau dan shaft mesin degester. Dari analisa metode FMEA

diketahui bahwa kerusakan akibat mata pisau degister patah diperoleh RPN tertinggi dengan nilai 504, yang menandakan bahwa kerusakan tersebut yang paling berpengaruh terhadap pisau degister. Hasil pencarian akar permasalahan menggunakan metode fishbone diagram diketahui bahwa terdapat 4 faktor yang menyebabkan pisau degister patah yaitu faktor manusia, metode, lingkungan dan mesin.

5. SARAN

Saran yang dapat diberikan penulis pada perusahaan adalah perusahaan lebih memperhatikan kembali para operator untuk bekerja secara maksimal dan kecepatan mendeteksi permasalahan sehingga meminimalisir kegagalan pisau degister.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Karya Tanah Subur sebagai wadah untuk meneliti dan belajar serta ucapan terimakasih kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran pada penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. B. Marpaung, D. A. A. Ritonga, and A. Irwan, “Analisa Risk Priority Number (Rpn) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher Dengan Menggunakan Metode Fmea Di Pt.Xyz,” *JiTEKH*, vol. 9, no. 2, pp. 74–81, 2021, doi: 10.35447/jitekh.v9i2.427.
- [2] S. Sadya, “Produksi Kelapa Sawit Indonesia Capai 45,58 Juta Ton pada 2022,” *DataIndonesia.id*, 2022. <https://dataindonesia.id/Industry/detail/produksi-kelapa-sawit-indonesia-capai-4558-juta-ton-pada-2022>
- [3] I. F. Iman, Z. Husin, H. Darsan, and M. Makaminan, “Analisa Kerusakan Mesin Kempa Screw DI PT. AGRO SINERGI NUSANTARA,” *J. Mhs. Mesin UTU*, vol. 1, no. 2, pp. 57–63, 2022.
- [4] M. Amri, “Analisa Kerusakan Pada Lori Pengangkut Tbs Di Pt. Karya Tanah Subur,” *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 35–39, 2022, doi: 10.33019/jm.v8i2.3350.
- [5] F. PRATAMA, “ANALISIS PERAWATAN MESIN DIGESTER MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. KARYA TANAH SUBUR Tugas,” 2022.
- [6] M. Hudori, “Pengukuran Kinerja Pemeliharaan Mesin Produksi Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE),” *J. Citra Widya Edukasi*, vol. 11, no. 3, pp. 239–252, 2019.
- [7] H. Ninny Siregar and S. Munthe, “Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau,” *Jime (Journal Ind. Manuf. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 87–94, 2019, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime>
- [8] N. Fajrah, “Analisis Performansi Mesin Pre-Turning dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT APCB,” *J. Optimasi Sist. Ind*, vol. 17, pp. 127–133, 2018.
- [9] M. Ginting, “Analisa ‘Total Productive Maintenance’ Terhadap Efektivitas Produksi Tingkat | Austenit,” vol. 1, pp. 31–37, 2013, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/95>
- [10] J. A. Purba, T. J. Panjaitan, and A. Rahman, “ANALISIS KERUSAKAN SCREW PRESS P-15 PADA PKS PT. BOSS BANDAR MARUHUR SIMALUNGUN,” *Konf. Nas. Sos. dan Eng. Politek. Negeri Medan Tahun 2022*, pp. 1094–1101, 2022.

-
- [11] M. I. Monoarfa, Y. Hariyanto, and A. Rasyid, “Analisis Penyebab bottleneck pada Aliran Produksi briquette charcoal dengan Menggunakan Diagram fishbone di PT. Saraswati Coconut Product,” *Jambura Ind. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2021, doi: 10.37905/jirev.1.1.15-21.
- [12] B. Priambodo, E. Nursanti, and D. I. Laksana, “Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind.*, vol. 7, no. 2, pp. 7–12, 2021.
- [13] M. Rizki and A. Saputra, “Analisa Risiko Supply Chain Management dengan Metode Grey Failure Mode and Effect Analysis dan Root Cause Analysis di PT Pertamina Fuel Terminal Meulaboh,” *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2783–2790, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i1.3888.
- [14] W. Agil Rahayu Smed and T. Athaillah, “ANALISIS RISIKO PANEN TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) DI AFDELING OA (ALPA) PADA PT. KARYA TANAH SUBUR,” *J. Agrica*, vol. 16, no. 1, pp. 53–64, 2023, doi: 10.31289/agrica.v16i1.8460.
- [15] E. Krisnaningsih, P. Gautama, and M. F. K. Syams, “Usulan Perbaikan Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fta Dan Fmea,” *J. InTent*, vol. 4, no. 1, pp. 41–54, 2021.
-