



Penelitian terhadap Perawatan pada Mesin Press Cap Roller dengan Metode FMEA dan RCM

Beni Harma¹, Mutiara Yetrina², Susriyati³, Riyan Pebriyanto⁴✉

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Kota Padang, Sumatera Barat

riyanpebriyanto23@gmail.com

Abstract

Maintenance of production machinery is crucial for maintaining the quality of the production process. At PTPN VI Solok, there is a significant issue with the Close Roll Printing Machine, which plays a vital role in the tea pressing process. This study aims to understand the maintenance requirements of the Press Cap Roller Machine and provide maintenance recommendations using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Reliability Centered Maintenance (RCM) methods. FMEA is utilized to examine and track potential failures, while RCM aims to select, develop, and create effective maintenance strategies. The FMEA analysis revealed that the crankshaft is the predominant cause of failure, with a Risk Priority Number (RPN) value of 17.07%. RCM analysis indicated that the Mean Time To Failure (MTTF) for components ranges between 1433.4 and 1811 hours. Recommendations for improvements include checking the crankshaft rotation to ensure it runs smoothly and performing maintenance according to the schedule. Additionally, regular gearbox inspections are crucial, such as checking oil levels, oil circulation conditions, gearbox area leaks, and replacing the gearbox according to the component's lifespan to maintain optimal performance. Other maintenance suggestions involve direct prevention of failure sources and appropriate maintenance, regular bearing replacements and inspections as per the schedule, and routine checks of electrical current and temperature. The implementation of FMEA and RCM methods is expected to provide more structured and effective solutions for maintenance issues, thereby maintaining the quality of the tea production process. This approach also aims to extend the machine's lifespan and reduce unexpected maintenance costs, thus enhancing the company's operational productivity and efficiency.

Keywords: Press Cap Roller Machine, Failure Mode and Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance, Risk Priority Number, Machine Damage

Abstrak

Perawatan pada mesin produksi adalah kegiatan penting untuk mempertahankan mutu proses produksi. Di PTPN VI Solok, terdapat masalah pada Mesin Pencetak Gulungan Tutup yang berperan dalam proses pengepresan teh. Penelitian ini bertujuan untuk memahami perawatan Mesin Press Cap Roller dan memberikan usulan pemeliharaan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Reliability Centered Maintenance (RCM). FMEA digunakan untuk memeriksa dan melacak kemungkinan kerusakan, sedangkan RCM bertujuan untuk memilih, mengembangkan, dan menciptakan strategi perawatan yang efektif. Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa poros engkol adalah penyebab kerusakan dominan dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 17,07%. Analisis RCM menunjukkan Mean Time To Failure (MTTF) komponen berkisar antara 1433,4 hingga 1811 jam. Rekomendasi perbaikan mencakup pengecekan putaran poros engkol agar tetap berputar secara teratur dan melakukan perawatan sesuai jadwal. Selain itu, pengecekan gearbox secara rutin sangat penting, seperti memeriksa level oli, kondisi sirkulasi oli, kebocoran area gearbox, serta mengganti gearbox sesuai umur komponen untuk menjaga kinerja optimal. Usulan pemeliharaan lainnya meliputi pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan dan perawatan yang tepat, pergantian dan pengecekan bearing secara teratur sesuai jadwal, serta pengecekan arus dan temperatur secara rutin. Implementasi metode FMEA dan RCM diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih terstruktur dan efektif dalam menangani masalah pemeliharaan, sehingga kualitas proses produksi teh dapat terjaga dengan baik. Pendekatan ini juga bertujuan untuk meningkatkan umur pakai mesin dan mengurangi biaya perawatan tidak terduga, sehingga produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan dapat meningkat.

Kata Kunci: Mesin Pencetak Gulungan Tutup, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Reliability Centered Maintenance*, *Risk Priority Number*, Kerusakan Mesin

Journal of Industrial and Systems Engineering is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Industri utama ekspor komoditi mempunyai peranan yang besar di pasar dunia merupakan teh. Dalam proses pengolahan teh terdapat aktivitas pengolahan yang baik untuk memperoleh teh yang bermutu. Teh yang bermutu bisa diperoleh dari seduhan yang fresh, aroma yang harum, dan warna seduhan yang pekat. Untuk memperoleh teh yang bermutu bisa dilihat pada proses produksi wajib terdapat perawatan mesin.

PT Perkebunan Nusantara Solok merupakan Badan Usaha Milik Negara yang memproduksi dan mengelola komoditi teh di area Solok. Pada PT Perkebunan Nusantara VI dalam pengolahan teh terdapat sejumlah tahapan dengan mesin penggulangan yang berbeda seperti *Monorail*, *Withering Through WT*), *Double India Ball Breaker Net Sortir (DIBN)*, *Press Cup Roller (PCR)*, *Retorven (RV)*, *Two Stage Drier (TSD)*, *Tea Cutter*, *Vibro*, *Cutting*. Perusahaan ini sering terjadi kerusakan pada mesin *Press Cup Roller* yang mengakibatkan proses produksi tidak berjalan secara optimal.

Mesin merupakan aspek yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan sebuah aktivitas produksi [1]. Untuk kegiatan produksi tersebut diperlukan adanya pemeliharaan sebagai upaya untuk menekan angka kegagalan atau kerusakan mesin [2]. Manfaat pemeliharaan yaitu untuk menjaga serta mempertahankan kualitas aset perusahaan agar berfungsi sebagaimana mestinya [3]. Terdapat beberapa penyebab yang dapat menjadi faktor terjadinya kerusakan mesin salah satunya akibat program perawatan yang dijalankan kurang optimal dalam hal perencanaan.

2. Metodologi

Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dapat digunakan sebagai langkah untuk mengidentifikasi skala prioritas [4]. Melalui Metode FMEA kegagalan dapat di analisis dan diolah sehingga di dapatkan solusi yang maksimal [5]. Kemudian metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dapat digunakan dalam kegiatan perawatan agar terlaksana secara optimal sesuai dengan kerusakan yang ada [6]. Selanjutnya adalah memberikan rekomendasi penyebab awal untuk dilakukan secara benar dan efektif [7],[8]. Metode RCM lebih mengkaji tentang kriteria tingkat keparahan, deteksi, dan frekuensi kejadian [9-11]. Dengan adanya metode RCM perawatan yang dilaksanakan dapat terlaksana secara optimal sesuai dengan kerusakan yang ada.

Untuk mengatasi masalah tersebut akan dilakukan analisis untuk perawatan mesin serta usaha dalam melakukan perbaikan pada mesin PCR dengan menggunakan metode FMEA dan RCM [12-14]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui

Perawatan Mesin *Press Cap Roller* dan memberikan usulan pemeliharaan untuk mesin *Press Cap Roller* di bagian penggulangan dengan menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* dan *Reliability Centered Maintenance*. Kontribusi dari studi ini adalah belum adanya studi yang membandingkan hasil kedua metode ini pada area produksi. Sistematika penulisan studi ini meliputi bagian 2 menjelaskan teori, bagian 3 menjelaskan metode penelitian, bagian 4 menjelaskan pengolahan data, bagian 5 menjelaskan analisa dan pembahasan, dan bagian terakhir menjelaskan kesimpulan dari studi ini.

Jenis pemeriksaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif. Pemeriksaan kuantitatif semacam ini merupakan salah satu jenis penelitian yang rinciannya tepat, tersusun dan jelas terorganisir dari awal hingga pembuatan desain penelitian [15]. Dimana pemeriksaan memerlukan penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penerjemahan data, dan adanya hasil. Metode dan Waktu Penelitian Metode yang digunakan adalah *Failure Mode And Effect Analysis* dan *Reliability Centered Maintenance*. Lokasi penelitian dilaksanakan di PTPN VI Solok. Periode pengumpulan data dilakukan 5 - 17 Januari 2022. Data yang digunakan adalah data kerusakan mesin *Press Cap Roller*, data keadaan mesin September 2021, data penyebab terjadinya kerusakan dan data waktu produksi.

3. Hasil dan Pembahasan

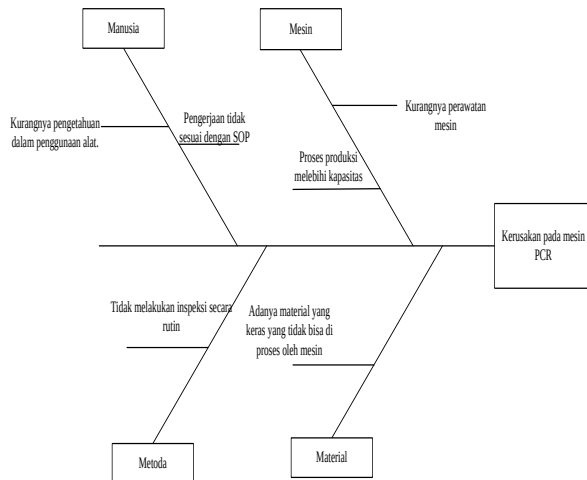
3.1. Analisis Pengolahan Data Menggunakan Metode FMEA

Dalam pengisian tabel FMEA pengisian untuk fungsi komponen, metode kegagalan, effect kerusakan, penyebab terjadinya kerusakan dan Tindakan yang dilakukan didapatkan dari hasil wawancara secara langsung kepada pihak perusahaan dan kriteria dalam pengisian nilai *severity*, *occurrence*, *detection*, dan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Dari hasil perkalian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* didapatkan nilai RPN yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. RPN Kumulatif Mesin PCR

No	Komponen	Persentase RPN Total (%)	Persentase RPN Kumulatif (%)
1	Worm Well	4,55	4,55
2	Bearing	7,97	12,52
3	Motor Listrik	8,96	21,48
4	Gearbox	15,93	37,41
5	Poros Penggerak	11,38	48,79
6	Meja Pengigling	14,94	63,73
7	Poros Engkol	17,07	80,8
8	V belt	4,27	85,06
9	Silinder Penggulang	2,99	88,05
10	Alas Giling	11,95	100

Diagram *fishbone* membantu perusahaan buat mengetahui akar penyebab berasal suatu konflik. Berikut merupakan Analisa sebab akibat dari kerusakan mesin PCR:



Gambar 1. Fishbone Diagram Kerusakan Mesin PCR

3.2 Pengolahan Data Menggunakan RCM

Adapun pengolahan data yang dilakukan adalah mengidentifikasi komponen kritis mesin PCR.

1) Analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Decision Worksheet*

Reliability Centerd Maintenance (RCM) *Decision Worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan mengatasi setiap *failure mode* dengan informasi *worksheet* pada Tabel 2:

2) *Logic Tree Analysis*

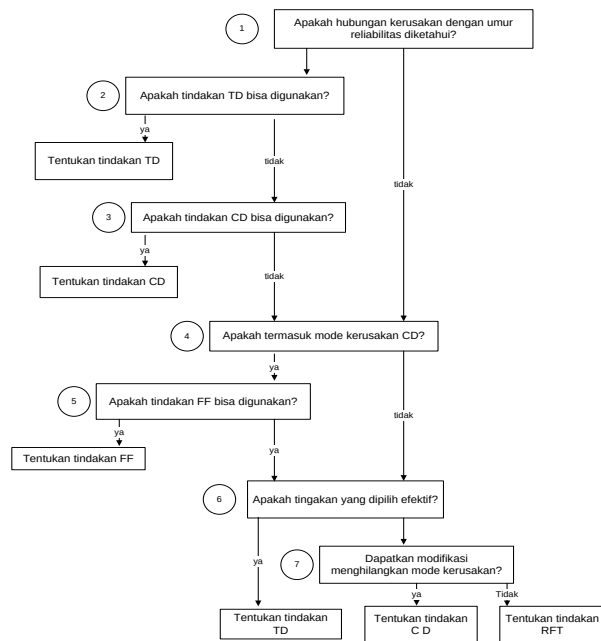
Logic Tree Analysis (LTA) merupakan suatu pengukuran kualitatif untuk mengklasifikasikan mode kegagalan. Apabila jawaban pertanyaan mengarah ke mode kegagalan kepada kategori D, maka analisa dilanjutkan kembali untuk menentukan apakah item tersebut masuk kedalam kategori D/A, D/B atau D/C

3) *Task Selection*

Task Selection Pemilihan tindakan merupakan tahap akhir dari proses RCM. dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang efektif untuk dilakukan selanjutnya. Dalam pelaksanaan pemilihan tindakan dilakukan *Time-Directed* (TD), *Condition-Directed* (CD), *Failure-Finding* (FF), *Run-to-Failure* (RTF). Task Selection dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Informasi *Worksheet*

No	Function	Function Failure	Failur Mode
1	Worm Pengepres teh	A Worm patah	1 Over Load
2	Sebagai penumpu kerja dari shaf	A terjadi vibrasin pada bearing	2 Perawatan Tidak Tepat
3	penggerak mesin PCR untuk pengepresan	A Kerusakan motor elektrik	1 Putaran tidak stabil
4	Tenaga penggerak pada mesin PCR	A Aus pada gearbox	2 Kesalahan pelumas
5	Memindahkan tenaga putar pada mesin PCR	A Bagian poros penggerak retak pada sambungn	1 temperatur tinggi
6	Alas yang berputar yang menampung daun teh	A Meja penggiling Rusak	2 kelebihan arus
7	Mengubah gerakan maju mundur pada mesin PCR	A Poros engkol	1 pembebanan secara terus menerus
8	Mengalirkan tenaga dari motor listrik ke gearbox	A V belt Putus	1 Over Load
9	Penampung daun teh yang layu	A Silinder penggulung Rusak	1 Jumlah teh yang masuk terlalu banyak
10	Alas untuk teh yang digiling	A Alas giling rusak	1 pembebanan secara terus menerus



Gambar 2. Task Selection

4) Perhitungan Waktu Kerusakan (TTF) dan Perhitungan Waktu Perbaikan Kerusakan (TTR)

Untuk menentukan kerusakan, maka dilakukan perhitungan *Time to repaire* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF) dari masing-masing komponen yang dapat dilihat pada Tabel 3 s/d Tabel 12.

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Worm Whell

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)	Mesin PCR No	Hari Kerja
1	152	1.824	3	1827	1	152
	154	1830	3	1833		154
2	130	1542	3	1545	2	130
3	130	1542	3	1545	3	130
4	152	1806	3	1809	4	152
5	129	1530	3	1533	5	129

Tabel 4. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Bearing

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	130	1560	6	1566
	154	1830	6	1836
2	129	1548	6	1554
	108	1278	6	
3	109	1308	6	1314
	107	1266	6	1272
4	109	1308	6	1314
	152	1806	6	1812
5	152	1824	6	1830
	131	1830	6	1836

Tabel 5. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Motor Listrik

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
2	152	1806	5	1811

Tabel 6. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Gearbox

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	129	1530	3	1533
2	129	1548	3	1551
	152	1806	3	1809
3	130	1560	3	1563
4	130	1542	3	1545
5	130	1542	3	1545

Tabel 7. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Poros Penggerak

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	152	1824	3	1827
2	129	1530	3	1533
3	130	1560	3	1563
4	132	1566	3	1569
4	152	1806	3	1809
5	129	1530	3	1533

Tabel 8. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Meja Penggiling

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	129	1530	7	1537
2	152	1806	7	1813
4	130	1542	7	1549

Tabel 9. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Poros Engkol

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	152	1824	5	1829
2	130	1560	5	1565
	132	1566	5	1571
3	152	1806	5	1811
4	129	1530	5	1535
5	130	1542	5	1547
	131	1554	5	1559

Tabel 10. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen V-Belt

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	129	1530	3	1533
2	130	1542	3	1545
3	131	1554	3	1557
	152	1824	3	1827
4	109	1308	3	1311
	107	1266	3	1269
5	109	1308	3	1311
	152	1542	3	1545

Tabel 11. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Silinder Pengguling

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	130	1542	10	1552
	131	1554	10	1564
2	152	1806	10	1816
3	107	1266	10	1276
	109	1308	10	1318
4	152	1806	10	1816
5	130	1560	10	1570
	132	1566	10	1576

Tabel 12. Rekapitulasi Waktu TTF Komponen Alas Giling

Mesin PCR No	Hari Kerja	Total Jam Operasi	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	130	1560	10	1570
2	154	1830	10	1840
3	152	1806	10	1816
4	154	1830	10	1840
5	152	1824	10	1834
6	154	1830	10	1840
7	129	1530	10	1540

5) Perhitungan *Downtime* Kerusakan Mesin

Berdasarkan hasil perhitungan waktu kerusakan mesin dapat diketahui total *downtime* masing-masing komponen dari periode September 2020 sampai periode september 2021 untuk setiap komponen mesin PCR pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi Waktu *Downtime*

No	Komponen	Durasi waktu Perbaikan (Jam)
1	Worm Well	3
2	Bearing	9
3	Motor Listrik	5
4	Gearbox	3
5	Poros Penggerak	3
6	Meja Penggiling	7
7	Poros Engkol	5
8	V Belt	3
9	Silinder Pengguling	10
10	Alas Giling	10

6) Identifikasi *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repaire* (MTTR)

Rekapitulasi waktu selang rata-rata waktu kerusakan dan perbaikan komponen mesin PCR dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Rekapitulasi MTTF dan MTTR

No	Komponen	MTTF	MTTR
1	Worm Well	1682	3
2	Bearing	1433,4	6
3	Motor Listrik	1811	5
4	Gearbox	1591	3
5	Poros Penggerak	1639	3
6	Meja Penggiling	1633	7
7	Poros Engkol	1631	5
8	V Belt	1487,25	3
9	Silinder Pengguling	1561	10
10	Alas Giling	1754,28	10

3.3 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi yang dilakukan untuk perbaikan kualitas dari kinerja dari mesin PCR dapat dilihat sebagai berikut. Pengecekan putaran poros engkol agar tetap berputar secara teratur dan melakukan perawatan sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan. Pengecekan gearbox secara rutin seperti *check* kondisi level oli gearbox, *check* kondisi aliran sirkulasi oli, *check* kebocoran area gearbox, melakukan inspeksi kondisi

oli gearbox, dan melakukan pergantian gearbox sesuai dengan umur komponen agar gearbox dapat tetap terjaga dan beroperasi secara optimal.

Sebaiknya pada komponen meja penggiling melakukan pengecekan beban kerja, pengecekan kerusakan yang terdapat pada meja penggiling yang menyebabkan proses penggilingan tidak sempurna dan melakukan perawatan sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan.

Sebaiknya pada komponen alas giling melakukan pergantian dan pengecekan secara rutin dan melakukan perawatan komponen sesuai jadwal yang dijadwalkan

Sebaiknya pada komponen poros penggerak melakukan pengecekan beban kerja serta pemastian bantalan yang baik untuk mencegah kerusakan yang lebih besar dan melakukan perawatan sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil perkalian Severity, Occurrence, dan Detection didapatkan Persentase RPN tertinggi yaitu poros engkol 17,07 pada metode FMEA. Berdasarkan hasil analisis RCM, maka perhitungan reliability dilakukan pada komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan *Time Directed* (TD). Komponen tersebut antara lain: *Poros engkol gearbox*, *meja penggiling*, *alas penggiling alas penggiling*, *poros penggerak* dan *Condition-Directed* (CD) adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan. Komponen *Main motor listrik* termasuk dalam pemilihan tindakan *Condition Directed* (CD). Tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

Usulan pemeliharaan mesin PCR yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya kerusakan pada mesin PCR diantaranya Pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan dan dilakukan perawatan yang tepat, Pergantian dan pengecekan bearing secara teratur sesuai dengan jadwal dan tidak melebihi umur komponen, Melakukan pengecekan arus dan temperatur secara rutin dan melakukan perawatan sesuai dengan jadwal.

Daftar Rujukan

- [1] Anthony, Muhamad Bob. "Analisis penyebab kerusakan hot rooler table dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA)." *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya* 4.1 (2018): 1-8. <https://doi.org/10.30656/intech.v4i1.851>
- [2] Liu, Q., Chen, M., & Shao, X. (2010). Application of FMEA and RCM in the maintenance of oil refining equipment. *Petroleum Science and Technology*, 28(10), 1005-1011. doi: 10.1080/10916460903098369

- [3] Cao, L., & Lin, D. (2012). A comparative study of FMEA and RCM based on a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(1), 24-34. doi: 10.1108/13552511211197612
- [4] Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 189-200. <http://orcid.org/0000-0003-4684-9678>
- [5] Suryaningrat, Ida Bagus, dkk. (2019). Identifikasi Risiko Pada Okra Menggunakan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) di PT. Mitratani Dua Tujuh di Kabupaten Jember. Jember. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i01.8265>
- [6] Liu, S., Li, D., Li, C., & Li, W. (2013). Research on equipment maintenance optimization based on RCM and FMEA. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 27(2), 46-51. doi: 10.1109/IEEM.2013.6962458
- [7] Prasetya, D., & Ardhyani, I. W. (2018). Perencanaan pemeliharaan mesin produksi dengan menggunakan metode reliability centered maintenance (RCM)(studi kasus: PT. S). *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, 1(1), 7-14. <http://dx.doi.org/10.51804/jiso.v1i1.7-14>
- [8] Ramanda, M. R., Nurjanah, S., & Widyasanti, A. (2021). AUDIT ENERGI PROSES PENGOLAHAN TEH HITAM (CTC) DENGAN SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN METODE SPACE ENERGY ANALYSIS OF BLACK TEA PROCESSING PROCESS (CTC) WITH DECISION-MAKING SYSTEMS BY SPACE METHOD. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol*, 10(2), 183-192. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i2.183-192>
- [9] Darsini, Bayu Prabowo. (2021). Perawatan Mesin Sucker Muller di PT.DLH. *Jurnal Politap*. <https://doi.org/10.58466/injection.v1i1.75>
- [10] F.N. Aulady Mohamad, dkk. (2018). *Application of Failure Mode Effects Analysis (FMEA) Method and Fault Tree Analysis (FTA) Towards Health and Occupational Safety on Jetty Project, Gresik, Indonesia*. *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*. Surabaya. <https://doi.org/10.30659/jacee.1.2.100-108>
- [11] Gupta G. & R.P.Mishra. (2018). Identification of Critical Components using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance. *Journal Procedia CIRP*. Denmark. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.122>
- [12] Hasbullah, H., Kholil, M., & Santoso, D. A. (2017). Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wires (Aw) Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Pada Pt Jlc. *Sinergi*, 21(3), 193-203. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2017.3.006>
- [13] Jafarpisheh, Rana, dkk. (2020). A hybrid reliability-centered maintenance approach for mining transportation machines: a real case in Esfahan, *international Journal of Quality & Reliability Management*. *Esfahan*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2020-0309>
- [14] Okwuobi, Samuel. (2018). A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. *Journal Machines*. Nigeria. <https://doi.org/10.3390/machines6040050>
- [15] Han, X., & Zhang, X. (2015). Research on maintenance strategy based on RCM and FMEA methods. *Applied Mechanics and Materials*, 749, 346-349. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.749.346>