

MANAJEMEN PEMELIHARAAN MESIN CARDING DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* DAN *OVERALL EFFECTIVENESSE QUIPMENT* PADA PT. IS

Rohmat Ilahi¹⁾, Fourry Handoko²⁾, JR. Heksa Galuh W³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

²⁾ Program Studi Teknik Industri S-2, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : rohmatalahi855@gmail.com

Abstrak, PT IS, yang berlokasi di Singosari, Malang, mengalami ketidakteraturan dalam proses produksi, terutama terkait dengan efektivitas mesin Carding. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas mesin menggunakan metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) dan memberikan rekomendasi perbaikan dengan metode RCM (Reliability-Centered Maintenance). Data dikumpulkan melalui wawancara dengan karyawan serta observasi langsung di lapangan. Hasil menunjukkan bahwa mesin Carding memiliki rata-rata Availability sebesar 87,82%, Performance Rate sebesar 76,52%, dan Quality Rate sebesar 64,99%, dengan nilai OEE rata-rata hanya mencapai 46,68%, jauh di bawah standar global 85%. Komponen Calendar Roll ditemukan sebagai penyebab utama downtime dan memiliki tingkat cacat tertinggi. Selain itu, nilai downtime dari komponen ini juga relatif tinggi dibandingkan komponen lainnya. Beberapa usulan perbaikan mencakup penjadwalan pemeliharaan rutin harian dan mingguan untuk meningkatkan kinerja mesin, memastikan kelancaran produksi, serta menjaga mesin agar tetap berjalan dengan optimal.

Kata kunci : Mesin Carding, *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, *Overall Effectiveness Quipment (OEE)*, *FMEA*, Perbaikan Penjadwalan

PENDAHULUAN

Perusahaan di sektor manufaktur, seperti PT IS, menggunakan tenaga kerja dan mesin untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Efisiensi proses produksi adalah kunci keberhasilan, di mana performa mesin berpengaruh langsung pada jumlah dan kualitas hasil produksi. Oleh karena itu, mengevaluasi kinerja mesin sangat penting untuk memastikan efisiensi dan fungsionalitasnya (Kementerian Perindustrian, 2016). Penelitian ini dilakukan di PT IS, sebuah bisnis pembuatan benang yang menggunakan kapas 100% dari Amerika, Brasil, India, dan Australia sebagai bahan baku.

Perusahaan ini beroperasi 8 jam sehari dengan kapasitas produksi harian 560 cone. Namun, data Februari 2024 menunjukkan adanya 7.721 cone barang rusak setiap bulan, yang menurunkan output. Observasi menunjukkan bahwa mesin carding, yang sering mengalami kerusakan dan membutuhkan pemeliharaan tidak terencana, menjadi penyebab utama masalah ini, mengakibatkan pemborosan waktu dan penurunan produksi.

Tabel 1 menunjukkan data kinerja mesin carding pada bulan Februari. Alokasi waktu yang cukup besar, yakni 480 menit, diambil dari beban kerja harian selama 8 jam. Proses setup dan penyesuaian melibatkan operator

dalam mengatur mesin, sementara kegagalan terjadi saat mesin berhenti, terutama akibat kerusakan pada silinder mesin carding yang sering kali dipenuhi kotoran, memerlukan pembersihan, dan mengakibatkan downtime. Total kerusakan tercatat sebanyak 7 kali, dengan durasi terlama 60 menit. Meskipun mesin beroperasi selama 8 jam sehari, waktu yang terbuang akibat kerusakan dan penyesuaian mengurangi produktivitas.

Kekurangan dalam penilaian performa mesin secara konsisten, di mana permasalahan hanya diatasi saat kerusakan terjadi, berdampak signifikan terhadap keberhasilan proses produksi. Penelitian ini difokuskan pada mesin carding untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi kecacatan produk dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, yang mengukur efektivitas mesin melalui tiga rasio utama: *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality* (Saiful dkk, 2014 dalam Suliantoro dkk, 2017).

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metrik untuk menilai efisiensi peralatan produksi dalam industri manufaktur. OEE membantu perusahaan merencanakan pemeliharaan dan meningkatkan efisiensi operasional (Bettinis dan Suhendra, 2006,

dalam Agustinus Eko Susetyo, 2017). OEE mengukur tiga rasio utama: *Availability Rate* (seberapa efektif waktu operasional digunakan), *Performance Rate* (efisiensi mesin dalam menghasilkan produk), dan *Quality Rate* (kualitas produk yang dihasilkan).

Standar dunia OEE adalah Availability 90%, Performance 95%, dan Quality 99%, dengan OEE keseluruhan 85%. Perhitungan OEE membantu mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi kinerja mesin dan menganalisis faktor masalah. Jika diperlukan, langkah perbaikan dapat dilakukan dengan identifikasi komponen kritis menggunakan Analisis FMEA untuk mengurangi risiko kegagalan.

Tabel 1 Waktu kinerja mesin carding pada bulan Februari 2024

Tanggal	<i>Available time (minute)</i>	<i>Set up and adjustment (minute)</i>	<i>Failure (minute)</i>	<i>Breakdown time (minute)</i>
01 Februari 24	480	38	60	60
02 Februari 24	480	35	39	0
03 Februari 24	480	20	35	0
04 Februari 24	480	29	21	0
05 Februari 24	480	20	30	0
06 Februari 24	480	20	34	0
07 Februari 24	480	30	25	0
08 Februari 24	480	28	60	0
09 Februari 24	480	32	37	0
10 Februari 24	480	25	34	0
11 Februari 24	480	20	24	37
12 Februari 24	480	25	29	20
13 Februari 24	480	31	12	0
14 Februari 24	480	33	18	0
15 Februari 24	480	21	36	0
16 Februari 24	480	34	29	0
17 Februari 24	480	22	11	0
18 Februari 24	480	20	28	0
19 Februari 24	480	30	45	0
20 Februari 24	480	33	20	0
21 Februari 24	480	34	60	60
22 Februari 24	480	35	23	0
23 Februari 24	480	29	34	0
24 Februari 24	480	21	26	24
25 Februari 24	480	20	18	48
26 Februari 24	480	35	38	0
27 Februari 24	480	38	29	0
28 Februari 24	480	21	33	0
29 Februari 24	480	20	31	35

Sumber: PT IS

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan komponen berdasarkan potensi risiko yang mereka bawa. Dalam FMEA, *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan prioritas komponen dari yang paling kritis hingga yang kurang kritis. RPN dihitung dengan mengalikan nilai keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian

(*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*) dari setiap komponen.

Skala atau kriteria untuk tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi ditetapkan sesuai dengan metode FMEA untuk memastikan penilaian yang akurat. Dalam konteks mesin carding, nilai RPN dihitung menggunakan rumus:

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

Metode ini membantu menentukan komponen mana yang memerlukan perhatian prioritas untuk perbaikan, berdasarkan nilai RPN tertinggi.

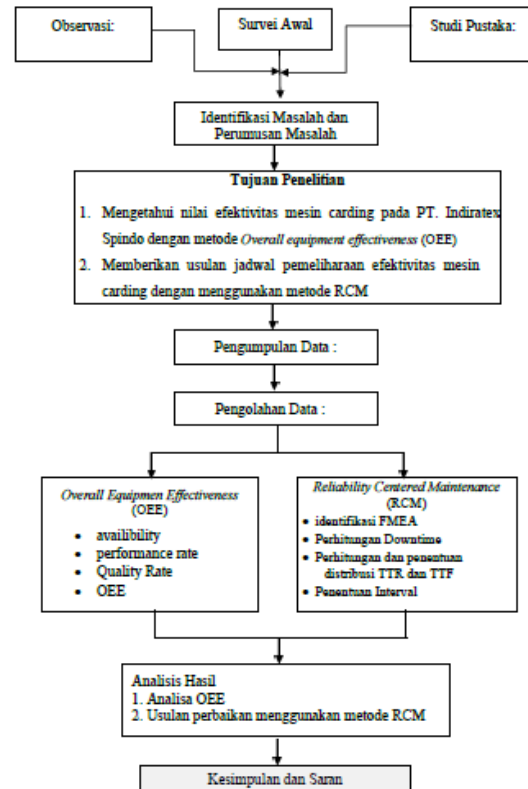
Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang paling efektif dan efisien dengan menganalisis keandalan dan pentingnya suatu komponen dalam sistem. Penerapan RCM bertujuan untuk menetapkan desain yang mendukung pemeliharaan preventif (PM), memperoleh informasi untuk meningkatkan desain produk atau mesin yang kurang memuaskan dalam hal keandalan, serta menetapkan PM dan tugas-tugas terkait yang dapat mengembalikan keandalan dan keselamatan peralatan ketika kondisinya memburuk.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas mesin carding di PT IS dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan untuk mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan melalui pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja mesin carding, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas dan produktivitas mesin, serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk mendeskripsikan fenomena secara akurat, sistematis, dan faktual serta melakukan perbaikan terhadap permasalahan yang ada (Kadek dkk., 2022). Objek penelitian adalah mesin carding yang berfungsi untuk menghilangkan serat pendek dan membersihkan serat dari kotoran. Penelitian ini mengidentifikasi dua kategori variabel: variabel bebas, seperti pengaturan, penyesuaian, waktu kegagalan, penundaan, dan produk cacat, yang mempengaruhi variabel terikat, yaitu kemanjuran mesin carding. Variabel bebas mempengaruhi variabel terikat, yang menjadi fokus utama penyelidikan.

Adapun Diagram Alir Penelitian direpresentasikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Perhitungan *Availability rate*

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{Operating time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{Loading Time} = \text{Availabel Time} - \text{Planned Downtime}$$

$$\text{Operating Time} = \text{Loading Time} - \text{Unplanned Downtime}$$

$$\text{Performance Rate} = \frac{(\text{Total Output} \times \text{Ideal Cycle Time})}{\text{Operation Time}} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{Total Output} = \text{Jumlah produksi}$$

$$\text{Ideal Cycle time} = \text{Waku siklus ideal}$$

$$\text{Operation time} = \text{Loading Time} - \text{Unplanned Downtime}$$

$$\text{Quality Rate} = \frac{(\text{Total Output} \times \text{Defect})}{\text{Total Output}} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{Total Output} = \text{jumlah produksi}$$

$$\text{Defect} = \text{produk cacat}$$

Ketiga nilai perhitungan sebelumnya dikalikan untuk mendapatkan angka *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

$$\text{OEE} = \text{Avaibility} (\%) \times \text{Performance} (\%) \times \text{Quality} (\%)$$

Hasil Perhitungan OEE dapat dilihat pada tabel 2.

2. Perhitungan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Menentukan RPN

Dari hasil *Risk Priority Analysis* (RPN) menggunakan *Full Mean Estimate Analysis* (FMEA), komponen-komponen mesin carding diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil. Untuk menentukan nilai RPN, perlu diketahui tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi.

$$RPN = Severity \times Detection \times Occurent$$

Skala atau kriteria kejadian harus dikembangkan sesuai teknik FMEA untuk mendapatkan nilai yang akurat. Penelitian ini melibatkan empat komponen: silinder utama, chute feed, take in/licker in, dan kalender roll, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Komponen kalender roll menunjukkan nilai RPN yang relatif tinggi. Oleh karena itu, perusahaan harus mengambil tindakan khusus untuk mencegah kegagalan mesin yang dapat menyebabkan penundaan tidak terencana, sehingga meningkatkan produktivitas. Tindakan yang mungkin dilakukan termasuk penetapan tugas pemeliharaan yang jelas dan interval waktu untuk penggantian dan pemeliharaan komponen-komponen tersebut.

Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen

Pada Tabel 4, terlihat bahwa komponen saklar adalah komponen kritis pada mesin carding, karena memiliki waktu downtime terbesar dengan nilai 33%.

Durasi antar kegagalan adalah jangka waktu antara terjadinya kerusakan dan terulangnya kerusakan. Berdasarkan perhitungan untuk komponen roll kalender dari tanggal 24 Februari 2024 sampai dengan 29 Februari 2024, durasi antar kegagalan adalah:

$$9 \text{ hari kerja} \times 8 \text{ jam} = 72 \text{ jam (4320 menit)}$$

Waktu pemulihan kerusakan adalah durasi antara saat kerusakan terjadi dan dimulainya kembali pengoperasian mesin. Waktu yang diperlukan untuk perbaikan kerusakan (*Time to Remediate*) komponen gulungan kalender.

$$\text{Jam akhir kerusakan} - \text{Jam awal kerusakan} = 12:29 - 14:56 = 147 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Penentuan distribusi TTF dan TTR dipelihatkan pada Tabel 6 dan Tabel 7. Setelah memahami pola distribusi dan parameter data, langkah selanjutnya adalah menghitung Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR). Hasil perhitungan dari pengolahan data ini ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 2 *HAZOP Worksheet*

Tanggal	<i>Avaibility Rate (%)</i>	<i>Performance Rate (%)</i>	<i>Quality Rate (%)</i>	0EE (%)
01 Februari 24	93,94%	71,10%	45,34%	30,29%
02 Februari 24	93,94%	70,20%	74,20%	48,93%
03 Februari 24	93,94%	71,56%	80,43%	54,07%
04 Februari 24	93,94%	81,33%	65,23%	49,84%
05 Februari 24	93,94%	69,97%	70,52%	46,36%
06 Februari 24	93,94%	72,74%	78,50%	53,64%
07 Februari 24	93,94%	74,97%	49,45%	34,83%
08 Februari 24	93,94%	75,74%	45,79%	32,58%
09 Februari 24	93,94%	82,55%	71,17%	55,19%
10 Februari 24	93,94%	84,45%	59,61%	47,29%
11 Februari 24	93,94%	88,17%	52,49%	43,47%
12 Februari 24	93,94%	72,03%	77,40%	52,37%
13 Februari 24	93,94%	72,74%	57,60%	39,36%
14 Februari 24	93,94%	78,16%	79,52%	58,38%
15 Februari 24	93,94%	71,10%	61,03%	40,77%
16 Februari 24	93,94%	72,03%	70,93%	48,00%
17 Februari 24	93,94%	75,48%	56,58%	40,12%
18 Februari 24	93,94%	74,97%	73,72%	51,92%

Tanggal	<i>Avaibility Rate (%)</i>	<i>Performance Rate (%)</i>	<i>Quality Rate (%)</i>	OEE (%)
19 Februari 24	93,94%	77,34%	65,91%	47,88%
20 Februari 24	93,94%	73,72%	74,04%	51,27%
21 Februari 24	93,94%	72,74%	40,95%	27,99%
22 Februari 24	93,94%	91,46%	57,75%	49,61%
23 Februari 24	93,94%	91,84%	71,47%	61,66%
24 Februari 24	93,94%	72,51%	65,10%	44,34%
25 Februari 24	93,94%	81,04%	65,94%	50,19%
26 Februari 24	93,94%	73,72%	70,48%	48,80%
27 Februari 24	93,94%	72,27%	51,38%	34,88%
28 Februari 24	93,94%	81,94%	78,79%	60,65%
29 Februari 24	93,94%	71,10%	73,41%	49,03%
Rata-rata				46,68%

Sumber: Pengolahan Data *Microsoft Excel 2016*

Tabel 3 Hasil Penentuan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Komponen	Fungsi	Efek Fungsi	S	O	D	RPN S.O.D
<i>Calendar roll</i>	Digunakan untuk menggilas untaian serat yang kemudian ditujukan pada can agar silver yang dihasilkan dapat ditampung	Silver tersangkut sehingga mengganggu penggilasan	5	7	6	210
<i>Take In / Licker In</i>	Sangat penting untuk menangani bahan yang dibawa dengan benar untuk memfasilitasi pembukaan dan penguraian massa serat kapas dengan benar.	Gumpalan menjadi kusut sehingga sulit untuk dibuka	6	6	5	180
Silinder utama	Untuk mengambil serat kapas dari take in sambil mengurangnya menjadi serat yang lebih individu	Limbah penyaringan tercampur kembali dengan serat kapas sehingga perlu dilakukan ulang	7	4	5	140
<i>Chute Feed</i>	Serat kapas dimasukkan dalam jumlah yang konsisten sesuai dengan rancangan yang ditentukan dan nomor perak yang diinginkan.	Volume kapas pada drafting tersumbat sehingga membuat proses harus berhenti sejenak	6	5	4	120

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4 Perhitungan Downtime Kerusakan Komponen Mesin Carding

Komponen	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Downtime (menit)	Downtime (%)	Downtime Kumulatif (%)
<i>Chute Feed</i>	11-Feb-24	15.24	16.35	71	9%	9%
<i>Take In / Licker In</i>	12-Feb-24	10.25	12.46	141	308	47%
	21-Feb-24	13.09	15.56	167		
Silinder utama	25-Feb-24	09.30	10.54	84	10%	57%
<i>Calendar roll</i>	24-Feb-24	12.29	14.56	147	351	100%
	29-Feb-24	08.06	11.30	204		
Jumlah	814		100%			

Sumber: Pengolahan data *Microsoft Excel 2016*

Tabel 5 Perhitungan TTF dan TTR Mesin Carding

Komponen	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR (Jam)	Waktu akhir rusak – jam selesai kerja (Jam)	Awal jam kerja – waktu kerusakan (Jam)	Hari kerja (menit)	TTF (Jam)
<i>Chute Feed</i>	11-Feb-24	15.24	16.35	01.11	00.25	07.24	480	07.49
<i>Take In / Licker In</i>	12-Feb-24	10.25	12.46	02.21	04.14	02.25	480	06.39
	21-Feb-24	13.09	15.56	02.47	01.04	05.09	480	06.13
Silinder utama	25-Feb-24	09.30	10.54	01.24	06.06	01.30	480	07.36
<i>Calendar roll</i>	24-Feb-24	12.29	14.56	02.27	03.04	03.29	480	06.33
	29-Feb-24	08.06	11.30	03.24	05.30	00.06	480	05.36
Jumlah	814		100%					

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 6 Perhitungan TTR Mesin Carding

Mesin	Pola Distribusi	Parameter
Carding	Normal	$\alpha = 0,79957$
		$\mu = 2,09$

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 7 Perhitungan TTF Mesin Carding

Mesin	Pola Distribusi	Parameter
Carding	Lognormal	$\alpha = 0,11329$
		$\mu = 1,867$

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 8 Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR

Mesin	MTTR	MTTF
Carding	2,09	1,867

Sumber: Pengolahan Data

Interval waktu pemeliharaan mesin carding berdasarkan downtime periode Februari 2024 (1 bulan). Total kerja produktifnya yaitu 13920 menit / 232 jam dan jam kerja produktif perharinya yaitu 480 menit / 8 jam. Rata-rata jumlah kerusakan (k) perhari perhari

1. Jumlah kerusakan selama 1 bulan 6 kali
2. $k = \frac{6}{29} = 0,2069$ kali

Rasio jam kerja perhari terhadap rata-rata waktu pemeliharaan (μ) adalah:

1. MTTR = 2,09
2. Rata-rata jam kerja perhari = 8 jam
3. $\mu = \frac{8}{2,09} = 33$ Jam

Rasio jam kerja per hari terhadap waktu pemeliharaan :

1. Waktu rata-rata aktivitas pemeliharaan berdasarkan hasil observasi dan wawancara = 0,50 jam
2. Rata-rata waktu pemeliharaan = $\frac{39}{480} = 0,0625$ menit

$$3. \frac{1}{i} = \frac{1}{0,001042} = 16 \text{ menit}$$

Frekuensi pemeliharaan optimal tiap harinya

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,2069 \times 16}{3,83}} = 1,274 \text{ jam} \approx 60 \text{ menit perhari}$$

Interval waktu antar pemeliharaan

$$= \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif perhari}$$

$$= \frac{1}{1} \times 480 = 480 \text{ menit} \approx 1 \text{ hari}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan minimal dilakukan 1 hari sekali secara berkala agar mesin tetap berjalan sempurna dan maksimal 1 minggu sekali untuk dilakukan pemeliharaan mesin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Temuan penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan mesin carding pada Februari menunjukkan kinerja rata-rata 76,52%, kualitas rata-rata 64,99%, dan ketersediaan rata-rata 87,82%, dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) 46,68%, masih di bawah standar global 85%.
2. Hasil FMEA menunjukkan bahwa komponen Calendar Roll memiliki cacat tertinggi dan downtime yang relatif tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan:
TTR: Pola distribusi normal,
 $\alpha = 0,79957$, $\mu = 2,09$
TTF: Pola distribusi lognormal,
 $\alpha = 0,11329$, $\mu = 1,867$

3. Dengan nilai MTTR 2,09 dan MTTF 1,867, disarankan agar pemeliharaan mesin carding, terutama pada Calendar Roll, dilakukan minimal sekali sehari dan maksimal sekali seminggu untuk mengurangi produk cacat.

Saran

1. Agar produksi tetap lancar, perhatikan perawatan tidak hanya pada mesin carding tetapi juga pada mesin lainnya.
2. Gunakan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk menilai efektivitas mesin carding berdasarkan kondisinya.
3. Terapkan penjadwalan terorganisir untuk pemeliharaan mesin guna mengidentifikasi masalah sejak dini dan mengurangi kemungkinan kegagalan mesin.
4. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih luas dengan melibatkan lebih banyak mesin dan pengambilan data yang lebih akurat untuk memahami permasalahan di PT IS secara lebih mendalam dan menemukan solusi yang lebih tepat sasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, E. S. (2017). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Untuk Menentukan Efektivitas Mesin Sonna Web. *Jurnal Science Tech*, 3(2).
- Hafiz, K., & Martianis, E. (2019). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Caterpillar Type 3512B. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(2), 87-96.
- Ismail, A. P. (2023). Manajemen Perawatan Panel Distribution Control Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Tung Cia Tekhnology. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12).
- Kameiswara, R. A., Sulisty, A. B. & Gunawan, W. (2018). Analisa Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Mengurangi Six Big Losses Pada Cooling Pumpblower Plant PT. Pabrik Baja Terpadu. *Jurnal Intent*, 1(1).
- Kemenprin. (2016). *Peran Penting Industri Manufaktur*. Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- Mellyana, F. P., Handoko, F., & Priyasmanu, T. (2022). Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guna Mengurangi Six Big Losses Pada Mesin Produksi dan Usulan Perbaikan Efektivitas Mesin Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada PT. MJ. *Jurnal Valtech*, 5(2), 81-88.
- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 86-93.
- Sihombing, E. (2023). Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Stacker Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin dan Menurunkan Waste Dengan Metode dan MVSM. *Doctoral dissertation*. ITN Malang.
- Suliantoro, H., Susanto, N., dkk. (2017). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengukur Efektivitas Mesin Reng. *J@Ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(2).
- Waluyo, A. A., & Widyaningrum, D. (2023). Perbaikan Sistem Perawatan Mesin Forming Dengan Metode FMECA dan RCM Berdasarkan Analisis OEE Pada PT XYZ. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(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.