

Usulan Penerapan *Preventive Maintenance* dengan Menentukan *Interval Waktu Perawatan* untuk Mereduksi *Downtime* pada Mesin *Water Jet Loom*

Astri Permata Sari*, Nita P. A. Hidayat

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*astrips29@gmail.com, nita.ph@gmail.com

Abstract. CV Jaya Lestari is a company engaged in the Grey fabric manufacturing industry. This research was conducted in the Production Division which carried out the process of winding yarn until the yarn was woven to become a finished product, namely Grey cloth. The operating machines consist of ilsin machines, todo machines and water jet loom machines. The Water Jet Loom machine is the machine that has the highest downtime, which is 161.88 hours. Downtime on the Water Jet Loom machine resulted in the company not being able to produce gray cloth. Maintenance time intervals are carried out for the three critical components of the Water Jet Loom machine, namely the cutter, leno and feeder. The calculation results show that 80% reliability results in a maintenance interval for the cutter component of 48 hours, the leno of 59 hours, and the feeder of 23 hours. With the resulting maintenance interval, the downtime of the cutter component can be reduced to 2.44 hours, the leno component to 7.15 hours and the feeder component to 17.77 hours.

Keywords: *Preventive Maintenance, Machine Reliability, Machine Breakdown.*

Abstrak. CV Jaya Lestari merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pembuatan kain Grey. Penelitian ini dilakukan di Divisi Produksi yang melakukan proses penggulungan benang hingga benang ditenun untuk menjadi produk jadi yaitu kain Grey. Mesin yang beroperasi terdiri dari mesin ilsin, mesin todo dan mesin water jet loom. Mesin *Water Jet Loom* merupakan mesin yang memiliki *downtime* tertinggi, yaitu 161,88 jam. *Downtime* pada mesin *Water Jet Loom* mengakibatkan perusahaan tidak dapat memproduksi kain grey. Interval waktu perawatan dilakukan untuk ketiga komponen kritis mesin *Water Jet Loom*, yaitu *cutter*, *leno* dan *feeder*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa keandalan 80% menghasilkan interval pemeliharaan komponen *cutter* sebesar 48 jam, *leno* sebesar 59 jam, dan *feeder* sebesar 23 jam. Dengan interval pemeliharaan yang dihasilkan, *downtime* komponen *cutter* dapat direduksi menjadi 2,44 jam, komponen *leno* menjadi 7,15 jam dan komponen *feeder* menjadi 17,77 jam.

Kata Kunci: *Preventive Maintenance, Keandalan Mesin, Kerusakan Mesin.*

A. Pendahuluan

CV. Jaya Lestari merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pembuatan kain grey/kain belacu yaitu kain untuk bahan baku pembuatan pakaian hasil dari penenunan benang lusi dan benang pakan. Strategi merespon pasar yang diterapkan CV. Jaya Lestari adalah *make to order* (MTO) yaitu proses produksi dilakukan setelah mendapatkan order dari konsumen. CV. Jaya Lestari memiliki enam tahap proses produksi dalam memproduksi kain grey, yaitu proses *warping*, *beaming*, *leasing*, *drawing*, *weaving* dan *inspecting*. Dari keenam proses tersebut terdapat tiga jenis mesin yang beroperasi yakni mesin Ilsin untuk proses *warping* dan *beaming*, mesin Todo untuk proses *leasing* dan terakhir mesin *Water Jet Loom* untuk proses *weaving* atau tenun.

Pada kondisi aktual yang terjadi di CV. Jaya Lestari ternyata masih terdapat beberapa kendala yaitu salah satunya sering kali terjadinya kerusakan mesin yang apabila tidak ditangani dengan tepat akan menimbulkan nilai *downtime* yang tinggi. Sistem perawatan yang diterapkan di perusahaan masih bersifat korektif yang artinya perawatan maupun perbaikan mesin hanya dilakukan pada saat terjadinya kerusakan mesin. Adapun data *downtime* mesin di CV. Jaya Lestari periode Agustus 2022 hingga Januari 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel. 1 Data *Downtime* Mesin Bulan Agustus 2022 – Januari 2023

No	Mesin	Proses	Frekuensi Kerusakan	<i>Downtime</i> (Jam)	Persentase (%)
1	<i>Ilsin</i>	<i>Warping</i> dan <i>Beaming</i>	2	47,73	22,50%
2	<i>Todo</i>	<i>Leasing</i>	1	2,50	1,18%
3	<i>Water Jet Loom</i>	<i>Weaving</i>	59	161,88	76,32%
TOTAL			62	212,11	100%

Sumber: CV. Jaya Lestari, 2022-2023.

Mesin *Water Jet Loom* pada Tabel 1. diketahui merupakan mesin dengan frekuensi kerusakan dan nilai *downtime* yang tinggi. Mesin ini beroperasi di proses *weaving* atau tenun yang apabila tidak dapat beroperasi atau produksinya terhenti maka perusahaan tidak dapat menghasilkan kain grey dan hal tersebut menimbulkan kerugian terhadap perusahaan serta menghambat proses bisnis yang sedang berjalan. Kain Kerudung (KZ) merupakan produk dengan permintaan tertinggi dan menjadi produk utama yang akan terus diproduksi secara kontinu oleh perusahaan yang apabila jika produksinya terhambat maka akan terjadi kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Adapun data produksi kain grey pada bulan Agustus 2022 hingga Januari 2023 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel. 2 Data Produksi Kain Grey Bulan Agustus 2022 – Januari 2023

Kain Kerudung (KZ)				
No	Bulan	Permintaan Kain (m)	Tercapai (m)	Persentase tercapai
1	Agustus	1.687.822	1.097.084	65%
2	September	1.539.396	1.046.789	68%
3	Oktober	1.303.755	873.516	67%
4	November	1.242.476	844.884	68%
5	Desember	1.728.362	1.140.719	66%
6	Januari	1.441.088	922.296	64%

Sumber: CV. Jaya Lestari, 2022-2023.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan baik dari sistem perawatan yang berlaku maupun masalah mengenai pencapaian target mengindikasikan bahwa sistem perawatan korektif belum mampu dalam menjaga kondisi dan performa mesin sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap sistem perawatan mesin. Maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana sistem perawatan yang diterapkan serta penyebab terjadinya *breakdown* pada Mesin *Water Jet Loom* di CV. Jaya Lestari?”, “Bagaimana usulan sistem perawatan Mesin *Water Jet Loom* yang dapat meningkatkan keandalan mesin dan mereduksi *downtime*?” dan “Bagaimana dampak dari penerapan *preventive maintenance* terhadap biaya perawatan?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengidentifikasi sistem perawatan yang diterapkan serta penyebab terjadinya *breakdown* pada Mesin *Water Jet Loom* di CV. Jaya Lestari.
2. Mengusulkan jadwal perawatan Mesin *Water Jet Loom* yang dapat meningkatkan keandalan mesin dan mereduksi *downtime*.
3. Mengetahui biaya perawatan setelah diterapkan *preventive maintenance*.

B. Metodologi Penelitian

Preventive Maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk menjaga keadaan mesin dan peralatan sebelum terjadinya kerusakan yang tidak terduga serta dapat memprediksi juga mengidentifikasi faktor maupun keadaan yang dapat menyebabkan suatu kerusakan pada saat mesin sedang beroperasi [1].

Tahapan awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan mengidentifikasi komponen kritis menggunakan diagram pareto. Diagram Pareto merupakan alat yang digunakan dalam membantu identifikasi sumber penyebab masalah dan prioritas permasalahan yang terjadi dalam suatu proses untuk dilakukan tindakan perbaikan [2]. Pemilihan komponen kritis dilakukan berdasarkan frekuensi kerusakan tertinggi dan prioritas pengaruh terhadap berlangsungnya suatu proses.

Hasil dari penentuan komponen kritis kemudian dilakukan perhitungan nilai *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) untuk masing-masing komponen. TTF adalah waktu

kumulatif dalam interval kerusakan pertama dengan waktu kerusakan selanjutnya, sedangkan TTR adalah lamanya waktu perbaikan hingga mesin dapat berfungsi kembali [3]. Nilai TTF dan TTR selanjutnya akan dilakukan pengujian distribusi menggunakan empat jenis uji distribusi yakni distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial dan distribusi weibull.

Data kerusakan setiap komponen perlu diidentifikasi jenis distribusinya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pola dari data serta jenis parameter yang digunakan untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan dan penjadwalan interval pemeliharaan mesin [4]. Setelah diketahui distribusi untuk masing-masing data, dilakukan uji kecocokan distribusi untuk meyakinkan dan memvalidasi bahwa data yang di uji memiliki pola data dari distribusi terpilih. Uji kecocokan distribusi normal dan lognormal dilakukan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov Test*, distribusi eksponensial menggunakan *Bartlett's Test*, serta distribusi Weibull menggunakan *Mann's Test*.

Uji kecocokan distribusi yang dilakukan sebelumnya menghasilkan parameter yang akan digunakan dalam menghitung *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). MTTF merupakan nilai rata-rata selang waktu hingga terjadi kerusakan, sedangkan MTTR merupakan nilai rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan mesin agar dapat digunakan kembali.

Keandalan merupakan ukuran besar kemungkinan (probabilitas) suatu sistem bekerja seperti yang diharapkan dalam jangka waktu tertentu dengan kondisi tertentu, dimana sistem ini terdiri dari mesin, komponen, perangkat maupun peralatan [5]. Nilai keandalan berpengaruh terhadap ketahanan dari suatu mesin maupun komponen. Semakin tinggi nilai keandalan maka semakin kecil kemungkinan untuk terjadinya kerusakan dan begitupun sebaliknya. Pada tahap ini interval waktu perawatan ditentukan berdasarkan keandalan yang diinginkan.

Kegiatan perawatan tentunya memerlukan biaya seperti biaya teknisi, biaya yang diakibatkan karena kerugian produksi serta biaya komponen. Perhitungan biaya perawatan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan dua kondisi, yakni *failure cost* dan *preventive cost*. *Failure cost* merupakan biaya yang dikeluarkan karena mesin rusak diluar dugaan (*breakdown*). Sedangkan *preventive cost* merupakan biaya untuk melakukan pemeliharaan mesin yang telah terjadwal [6].

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penentuan Komponen Kritis Mesin *Water Jet Loom*

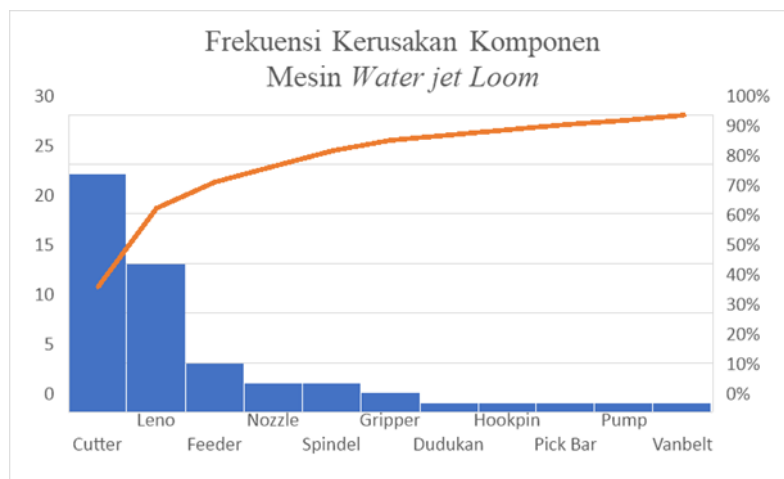
Pada tahap ini penentuan komponen kritis mesin *Water Jet Loom* dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari kerusakan mesin yang ditimbulkan oleh komponen mesin. Pemilihan komponen kritis dilakukan berdasarkan tingginya frekuensi kerusakan serta pengaruhnya terhadap keberlangsungan proses produksi. Tabel 3 merupakan data mengenai frekuensi kerusakan mesin pada komponen mesin *Water Jet Loom* dan Gambar 1 merupakan penyajian data menggunakan diagram pareto dalam mengidentifikasi komponen kritis mesin *Water Jet Loom*.

Tabel 3. Frekuensi kerusakan Komponen Mesin *Water Jet loom*

No	Komponen	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)	Perbaikan (Jam)
1	Cutter	24	7,7	4,58
2	Leno	15	22,8	11,35
3	Feeder	5	44,4	18,15

4	Nozzle	3	2,4	1,57
5	Spindel	3	4,1	3,28
6	Gripper	2	0,7	0,60
7	Dudukan	1	5,8	3,12
8	Hookpin	1	22,2	12,33
9	Pick Bar	1	0,8	0,42
10	Pump	1	50,6	14,50
11	Vanbelt	1	0,3	0,12

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2023.



Gambar 1. Diagram Pareto Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin *Water Jet Loom*

Identifikasi Distribusi TTF dan TTR

Tahap identifikasi distribusi pada data TTF dan TTR dilakukan menggunakan empat jenis uji distribusi yakni uji distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial dan distribusi weibull. Setelah dilakukan perhitungan pengujian maka selanjutnya melakukan perhitungan *index of fit* untuk menentukan distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fitter* besar mendekati nilai satu. Adapun rekapitulasi uji distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi *Index of Fit* TTR dan TTF

Komponen		Normal	Lognormal	Eksponensial	Weibull
<i>Cutter</i>	TTF	0,857	0,971	0,976	0,929
	TTR	0,716	0,922	0,845	0,874
Leno	TTF	0,871	0,969	0,957	0,928
	TTR	0,899	0,963	0,983	0,917
<i>Feeder</i>	TTF	0,829	0,990	0,941	0,967
	TTR	0,836	0,936	0,945	0,887

Uji Kecocokan Distribusi (*Goodness of Fit Test*) TTF dan TTR

Perhitungan uji kecocokan dilakukan untuk mengetahui dan memvalidasi bahwa data memiliki pola dengan distribusi terpilih. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa data memiliki parameter yang valid sesuai distribusi terpilih dan parameter yang digunakan berpengaruh terhadap perhitungan MTTF dan MTTR. Rekapitulasi uji kecocokan distribusi data TTF dan TTR dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Uji Kecocokan Distribusi

Komponen	TTF		TTR	
	Distribusi	r	Distribusi	r
<i>Cutter</i>	Eksponensial	0,976	Weibull	0,874
Leno	Lognormal	0,969	Lognormal	0,963
<i>Feeder</i>	Lognormal	0,990	Eksponensial	0,945

Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR merupakan tahap lanjutan dari perhitungan uji kecocokan distribusi. Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa setiap data memiliki pola distribusi berbeda dan selanjutnya dilakukan perhitungan MTTF dan MTTR sesuai parameter dari masing-masing distribusi data. Rekapitulasi perhitungan MTTR dan MTTF dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan MTTF dan MTTR

Komponen	Parameter MTTF	MTTF (Jam)	Parameter MTTR	MTTR (Jam)	Keandalan
Cutter	$\lambda = 0,0046$	217,726	b = 2,131	7,911	36,79%
			$\theta = 4,731$		
Leno	$\sigma = 1,127$	228,172	$\sigma = 0,865$	3,530	36,34%
	$t_{med} = 153,910$		$t_{med} = 1,810$		
Feeder	$\sigma = 2,261$	169,145	$\lambda = 0,250$	4,000	48,27%

Prediksi Downtime Setelah Penerapan Preventive Maintenance

Berdasarkan hasil perhitungan MTTF dan MTTR pada Tabel 5, dapat dilakukan perhitungan interval perawatan serta keandalan untuk kondisi saat ini. Nilai dari keandalan dan ketidakandalan dapat digunakan untuk mengetahui prediksi *downtime* yang akan didapat. Rekapitulasi perhitungan prediksi penurunan *downtime* Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Prediksi Penurunan Downtime

Komponen	Downtime (Jam)		
	Saat ini	Perbaikan	Selisih
Cutter	7,72	2,44	5,28
Leno	22,77	7,15	15,62
Feeder	44,4	17,17	27,23

Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya perawatan dilakukan berdasarkan kondisi saat ini dan kondisi setelah perbaikan atau peneparan *preventive maintenance*. Kegiatan pemeliharaan dapat menimbulkan biaya kerugian produksi (*production loss*) karena mesin berhenti akibat dilakukannya kegiatan perawatan pada saat jam operasional. Biaya perawatan dipengaruhi oleh biaya teknisi, biaya *production loss*, harga komponen, frekuensi perawatan serta waktu perbaikan mesin. Total biaya perawatan untuk kondisi saat ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Perawatan Kondisi Saat Ini

Bulan	Komponen			Total Biaya Pemeliharaan
	<i>Cutter</i>	Leno	<i>Feeder</i>	
Agustus	Rp2.966.625,00	Rp5.189.100,00	Rp41.760.000,00	Rp 49.915.725,00
September	Rp2.966.625,00	Rp5.189.100,00	Rp41.760.000,00	Rp 49.915.725,00
Oktober	Rp3.955.500,00	Rp5.189.100,00	Rp41.760.000,00	Rp 50.904.600,00
November	Rp2.966.625,00	Rp5.189.100,00	Rp41.760.000,00	Rp 49.915.725,00
Desember	Rp3.955.500,00	Rp5.189.100,00	Rp41.760.000,00	Rp 50.904.600,00
Januari	Rp2.966.625,00	Rp5.189.100,00	Rp52.200.000,00	Rp 60.355.725,00
Total Biaya <i>Production Loss</i>				Rp 5.242.300,00
Total Biaya Perawatan				Rp 317.154.400,00

Perhitungan biaya perawatan kondisi setelah penerapan *preventive maintenance* dilakukan dengan membuat empat skema. Skema 1 dibuat berdasarkan interval masing masing komponen mesin (pemeliharaan terpisah). Skema 2 berdasarkan interval waktu 59 jam atau sesuai interval perawatan komponen leno. Skema 3 berdasarkan interval waktu perawatan *cutter* 48 jam untuk komponen leno dan *cutter* serta perawatan terpisah interval waktu 65 jam untuk komponen *feeder*. Skema 4 dilakukan berdasarkan interval waktu leno yaitu 59 jam untuk komponen *cutter* dan leno serta perawatan terpisah interval waktu 65 jam untuk komponen *feeder*. Total biaya perawatan dan usulan empat skema dapat dilihat pada Tabel 9 dan rinsian dari total biaya perawatan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Total Biaya Perawatan

Total Biaya Perawatan				
Saat ini	Skema 1	Skema 2	Skema 3	Skema 4
Rp317.154.400,00	Rp758.627.500,00	Rp323.006.250,00	Rp 272.963.327,00	Rp257.875.250,00

Tabel 10. Total Biaya Setiap Skema Perawatan

Kondisi Setelah Penerapan <i>Preventive Maintenance</i>							
Skema Perawatan 1				Skema Perawatan 3			
Komponen	Interval Waktu (Jam)	Keandalan	Biaya	Komponen	Interval Waktu (Jam)	Keandalan	Biaya
Cutter	48	80,03%	Rp 758.627.500	Cutter	48	80,20%	Rp272.963.327
Leno	59	80,20%		Leno	48	84,90%	
Feeder	23	80,05%		Feeder	65	64,80%	
Skema Perawatan 2				Skema Perawatan 4			
Komponen	Interval Waktu (Jam)	Keandalan	Biaya	Komponen	Interval Waktu (Jam)	Keandalan	Biaya
Cutter	59	76,30%	Rp 323.006.250	Cutter	59	76,30%	Rp257.875.250
Leno	59	80,20%		Leno	59	80,20%	
Feeder	59	66,40%		Feeder	65	64,80%	

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Sistem perawatan yang berlaku di perusahaan masih bersifat korektif dan hal tersebut belum mampu menjaga keandalan serta performa mesin. Mesin *Water Jet Loom* merupakan mesin dengan tingkat frekuensi kerusakan dan nilai *downtime* yang tinggi. Kemudian komponen *cutter*, leno dan *feeder* merupakan komponen kritis penyebab sering kalinya terjadi kerusakan pada mesin. Keandalan saat ini untuk komponen *cutter* sebesar 36,79% komponen leno sebesar 36,34% dan komponen *feeder* sebesar 48,27% dengan total biaya perawatan kondisi saat ini yaitu sebesar Rp317.154.000.
2. Dilakukan pembuatan jadwal interval perawatan dengan menetapkan keandalan sebesar 80% dan didapatkan hasil interval waktu perawatan untuk komponen *cutter* selama 48 jam komponen leno selama 59 jam dan komponen *feeder* selama 23 jam. Penerapan *preventive maintenance* ini menghasilkan prediksi penurunan *downtime* untuk komponen *cutter* dari 7,72 jam menjadi 2,44 jam, komponen leno dari 22,77 jam menjadi 7,15 jam dan komponen *feeder* dari 44,40 jam menjadi 17,17 jam.
3. Dibuat empat skema untuk menghitung biaya perawatan. Skema 1 dibuat berdasarkan interval masing masing komponen mesin (pemeliharaan terpisah) dan biaya yang didapat adalah sebesar Rp745.827.500. Skema 2 berdasarkan interval waktu 59 jam atau sesuai interval perawatan komponen leno dan biaya yang didapat adalah sebesar Rp392.173.327. Skema 3 berdasarkan interval waktu 48 jam atau sesuai interval perawatan komponen *cutter* untuk komponen leno dan *cutter* serta interval waktu 65 jam untuk komponen *feeder* dan biaya yang didapat adalah sebesar Rp272.963.327. Skema 4 dilakukan berdasarkan interval waktu leno yaitu 59 jam untuk komponen *cutter* dan leno serta interval 65 jam untuk komponen *feeder* dan biaya yang didapat adalah sebesar Rp257.875.250. Berdasarkan empat skema perawatan tersebut terpilih skema empat dengan biaya perawatan terendah dan dapat memangkas biaya perawatan sebesar Rp59.278.750 dari biaya kondisi saat ini. Adapun hasil dari skema empat dapat meningkatkan keandalan komponen *cutter* dari 36,79% menjadi 76,30%, komponen leno dari 36,34% menjadi 80,20% dan komponen *feeder* dari 48,27% menjadi 64,80%.

Acknowledge

Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendukung serta mendoakan, dosen pembimbing dan dosen penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberi masukan terhadap penyelesaian penelitian ini dan seluruh pihak yang telah memberikan ilmu, membantu dan memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan diselesaikan dengan baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun para pembaca.

Daftar Pustaka

- [1] Haryono, L. dan Susanty, A. 2018. Penerapan Total Productive Maintenance dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Penentuan Kebijakan Maintenance pada Mesin Ring Frame Divisi Spinning I di PT Pisma Putra Textile.
- [2] *Industrial Engineering Online Journal*, 6(4). <https://ejournal3.undip.ac.id/>
- [3] Breyfogle, F. W. 1946. *Statistical Methods for Testing Development and Manufacturing*. [e-book] New York: John Wiley & Sons, Inc. archive.org/details/statisticalmetho0000brey
- [4] Taufik, T. dan Septiyani, S. 2015. Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(2), 238-258. doi.org/10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015
- [5] Ebeling, C. E. 2003. *An introduction ro realibility and maintainability engineering*. [e-book] New York: McGraw-Hill. [scribd.com/document/425316144/Charles-Ebeling-](https://scribd.com/document/425316144/Charles-Ebeling-Reliability-and-Maintainability-Engineering)
- [6] *Reliability-and-Maintainability-Engineering*
- [7] Lewis, E. E. 1987. *Introduction to Realiability Engineering*. [e-book] New York: John Wiley & Sons, Inc. archive.org/details/introductiontore0000lew
- [8] Soesetyo, I. dan Bendatu, L. Y. 2014. Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia - Sepanjang. *Jurnal Titra*, 2(2), 147-154. publication.petra.ac.id/index.php/teknik-industri/article/view/2352/0
- [9] Anshori, H. (2020). Perancangan Mesin Potong Akrilik yang Ergonomis dan Ekonomis menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (EFD). *Jurnal Surya Teknika*, 7(1), 96–103. <https://doi.org/10.37859/jst.v7i1.2356>
- [10] Avriilio, N. F., Endang Prasetyaningsih, & Nita P. A. Hidayat. (2021). Penerapan Planned Maintenance untuk Mereduksi Downtime Mesin MOJ-3 di Departemen Finishing PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 1(1), 68–76. <https://doi.org/10.29313/jrti.v1i1.232>
- [11] Elshadi, F., & Muhammad, C. R. (2022). Penerapan Metode Lean Six Sigma untuk Mereduksi Waste pada Produksi Sepatu Sandal. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 17–26. <https://doi.org/10.29313/jrti.v2i1.664>