

USULAN KEBIJAKAN PERAWATAN DAN ESTIMASI RISIKO KEGAGALAN MESIN SPLITTING DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* DI PT. GARUT MAKMUR PERKASA

PROPOSED OF MAINTENANCE POLICY AND FAILURE RISK ESTIMATION SPLITTING MACHINE USING RISK BASED MAINTENANCE METHOD IN PT. GARUT MAKMUR PERKASA

Rala Nisrina Shiami ¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji ², Aji Pamoso ³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹ralanisrina@telkomuniversity.ac.id, ²franstatas@telkomuniversity.ac.id, ³aji_p9juli@yahoo.com

Abstrak

PT. Garut Makmur Perkasa merupakan salah satu Industri kulit mentah dan kulit samak di Kabupaten Garut yaitu Sukaregang yang dikelola sejak tahun 1990. Berdasarkan data waktu kerusakan bulan Januari 2017 – Desember 2019, didapatkan bahwa mesin Splitting merupakan mesin yang memiliki frekuensi kerusakan yang tinggi. Mesin Splitting pada PT.GMP merupakan salah satu mesin yang digunakan untuk melakukan pembelahan kulit sesuai dengan standar ketebalan yang ditetapkan oleh perusahaan. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan failure mode effect analysis (fmea) didapatkan subsistem kritis yaitu meja, dan bearing roll. Sehingga subsistem tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan metode Risk Based Maintenance (RBM) untuk mengetahui nilai risiko yang ditanggung perusahaan apabila subsistem kritis tersebut mengalami kegagalan dalam beroperasi. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan metode RBM didapatkan nilai risiko untuk mesin splitting adalah Rp 4,890,817.09 atau dengan presentasi risiko sebesar 0.059%. Presentase risiko tersebut melebihi batas toleransi yang telah ditentukan PT. GMP, maka perlu dilakukan usulan interval waktu pemeliharaan mesin yang dilakukan untuk subsistem meja 702.1 jam, dan bearing roll 1381.95 jam.

Kata kunci : Maintenance, Risk Based Maintenance (RBM), Interval Waktu Perawatan.

Abstract

PT. Garut Makmur Perkasa is one of the raw leather industry in Garut Regency, namely Sukaregang, which has been managed since 1990. Based on data on the time of damage from January 2017 to December 2019, it was found that a Splitting machine is a machine that has a high frequency of damage. The splitting machine at PT.GMP is one of the machines used to perform skin splitting according to the company's thickness standards. Based on calculations using failure mode effect analysis (FMEA), it is found that the critical subsystems are the knife, table, and bearing roll. So that subsystem needs further research. Researchers conducted research using the Risk-Based Maintenance (RBM) method to determine the value of the risk borne by the company if the critical subsystem fails to operate. Based on data processing results using the RBM method, the risk value for the splitting machine was IDR 4,890,817.09 or with a risk presentation of 0.059% The risk percentage exceeds the tolerance limit that has been determined by PT. GMP, it is necessary to suggest maintenance time intervals for the knife subsystem 192.2 hours, table 702.1 hours, and bearing roll 1381.95 hours..

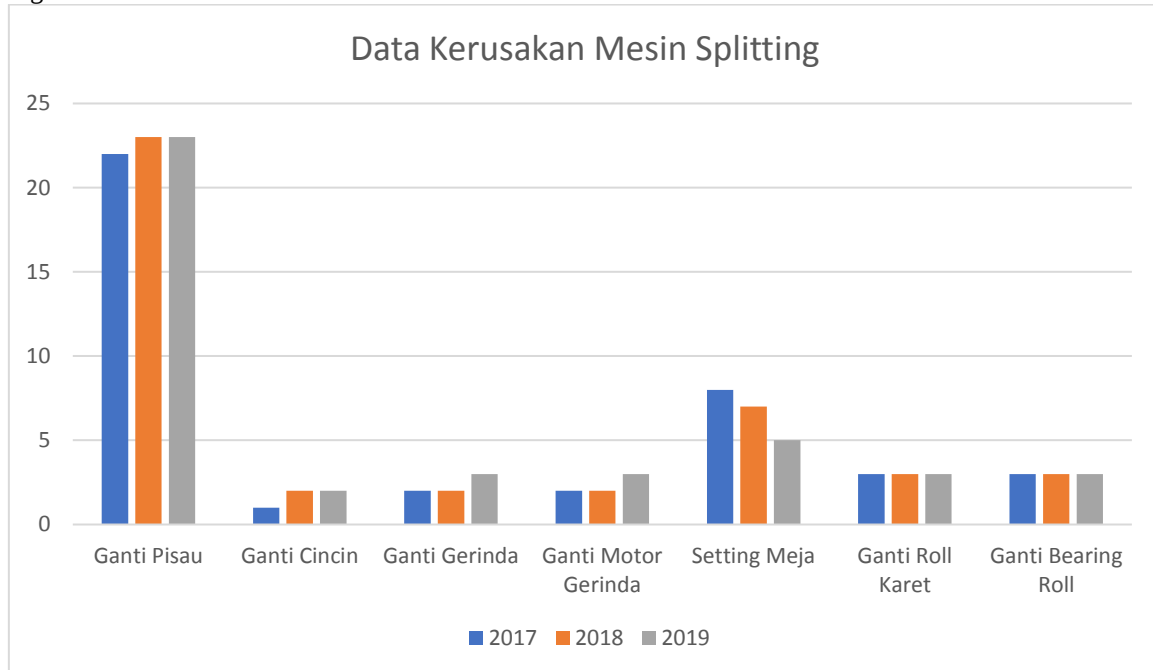
Keywords: Maintenance, Risk Based Maintenance (RBM), Maintenance Time Interval

1. Pendahuluan [10 pts/Bold]

Produksi kulit mentah dan kulit samak di Indonesia sudah cukup berkembang seperti di daerah Sidoarjo, Magetan, Yogyakarta, Cibaduyut dan terutama di Kabupaten Garut tepatnya di Sukaregang. Industri kulit di Sukaregang ini selain sudah terkenal di Indonesia, terkenal juga di luar negeri sehingga sudah banyak kulit hasil samakan Industri Sukaregang ini di ekspor untuk memenuhi kebutuhan bahan baku produk yang terbuat dari bahan kulit. Menurut Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi dan UKM Kabupaten Garut, kulit hasil samakan telah di ekspor ke Malaysia, Taiwan, China dan Singapura dengan volume sebanyak 1.850.000 Sqf senilai 1.887.408 US\$. (garutkab.go.id)

PT. Garut Makmur Perkasa merupakan salah satu Industri kulit mentah dan kulit samak di Kabupaten Garut yaitu Sukaregang yang dikelola sejak tahun 1990 oleh H. Jajang Hermawan, yang bertujuan untuk menunjang program pembangunan pemerintah, yang khususnya membantu melestarikan dan memajukan kembali bidang industri penyamakan kulit di Indonesia. PT. Garut Makmur Perkasa ini memiliki beberapa mesin untuk menunjang proses produksi penyamakan kulit antara lain adalah mesin Rendam, Soaking Liming, Splitting, Deliming-Tanning, Measuring Wet blue, Sammying, Shaving, Setting Out, Vakum, Stacking, Toogling, Buffing, Spray, dan Emboshing.

Seluruh mesin yang terdapat di PT. Garut Makmur Perkasa sangat penting dalam menunjang proses produksi, sehingga cukup sering mengalami kerusakan, pada PT. Garut Makmur Perkasa 3 mesin yang sering mengalami kerusakan antara lain adalah mesin *Splitting*, *Embothing*, dan *Soaking Liming* namun kerusakan yang paling sering terjadi adalah kerusakan pada mesin *Splitting*. Mesin *Splitting* merupakan mesin untuk memisahkan atau membelah bagian kulit menjadi kulit bagian atas atau luar (nerf) dan kulit bagian bawah atau dalam (flesh). Kulit bagian atas merupakan kulit yang akan dilanjutkan ke proses selanjutnya, sedangkan kulit bagian flesh dijadikan sebagai limbah krecek. Mesin *Splitting* ini memiliki kapasitas mesin sebesar 250/jam. Kerusakan yang sering terjadi pada mesin *Splitting* adalah kerusakan pada pisau, cincin, gerinda, roll karet hingga bearing roll. Akibat kerusakan yang sering terjadi maka diperlukan perbaikan pada komponen mesin tersebut. Berikut ini merupakan data kerusakan pada komponen mesin *Splitting*.



Oleh karena itu, diperlukannya suatu kebijakan perawatan mesin yang efektif dan penentuan interval waktu perbaikan mesin untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi. Untuk itu pada penelitian ini digunakan metode untuk mengetahui perkiraan risiko dan biaya perawatan yang ditanggung PT. Garut Makmur Perkasa saat mesin mengalami kegagalan agar perusahaan dapat membuat rencana perawatan yang lebih baik. Untuk itu digunakanlah metode Risk Based Maintenance untuk mengetahui risiko kegagalan pada setiap komponen mesin dan nilai risiko biaya sehingga PT. Garut Makmur Perkasa dapat merencanakan usulan perawatan yang lebih efektif.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Maintenance

Maintenance adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada (Patrick, 2001) [1].

2.1.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya (Yumaida, 2011). Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. pemberian nilai atau skor masing – masing mode kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (occurrence), tingkat keparahan (severity), dan tingkat deteksi (detection) (Stamatis, 1995).

Untuk menentukan nilai prioritas mode kegagalan, ketiga indikator tersebut dikalikan dan menghasilkan RPN (Risk Priority Number). RPN ini menunjukkan tingkat prioritas sebuah mode kegagalan yang diperoleh dari hasil analisis pada proses yang dianalisis. Semakin tinggi nilai RPN maka urutan prioritas perbaikannya semakin tinggi. RPN bukanlah ukuran risiko, tetapi prioritas risiko [2]. Dengan menghitung nilai RPN, akan memudahkan untuk mengalokasikan sumber daya pemeliharaan yang terbatas ke kegagalan yang paling penting. Nilai RPN dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$RPN = (\text{Severity of failure}) \times (\text{Frequency of failure}) \times (\text{Likelihood of detection of failure})$$

Nilai S atau severity merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada proses yang dianalisis. Skala 1 sampai 10 digunakan untuk menentukan nilai severity. Nilai O pada analisis mencerminkan probabilitas atau peluang terjadinya kegagalan yang terjadi sedangkan nilai D adalah peluang terjadinya kegagalan yang dapat terdeteksi sebelum terjadi.

2.1.3 Risk Based Maintenance (RBM)

RBM merupakan suatu metode kuantitatif yang didasarkan dari integrasi pendekatan antara reliabilitas dan sebuah strategi risiko yang bertujuan untuk mengoptimalkan jadwal maintenance [3]. Ada Dalam metode RBM terdapat beberapa tahapan yang harus dilewati yang dibagi menjadi tiga yaitu Perkiraan resiko (Risk Estimation), Evaluasi resiko (Risk Evaluation), Perencanaan maintenance (Maintenance Planning).

2.1.4 RCM II Decision Worksheet

Menurut Moubray, 2007 [5] RCM II decision worksheet merupakan dokumen lembar kerja kedua dalam pengerjaan RCM. Worksheet ini digunakan untuk merecord jawaban dari pertanyaan yang muncul dari decision diagram. Decision Worksheet merupakan lembar kerja kedua dalam menjalankan implementasi RCM II. Dalam worksheet ini peneliti akan menentukan dampak atau konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan serta tindakan proactive maintenance untuk menghadapi kegagalan yang terjadi. Dalam menentukan consequence serta proactive task ini akan dibantu dengan menggunakan decision diagram. Sehingga dalam mencapai hal tersebut terdapat beberapa persyaratan kondisi yang telah diprasyaratkan oleh RCM II. Preventive activities dalam metode RCM dibagi menjadi empat kategori yaitu Scheduled On-Condition Tasks, Scheduled Restoration Tasks, Scheduled Replacement Tasks, Run-to-Failure.

2.1.5 Availability

Availability adalah probabilitas bahwa suatu mesin / sistem berfungsi secara memuaskan pada waktu dan kondisi tertentu dan dalam lingkungan yang ideal [4]. Penelitian Methods, Pt, & Makmur, 2020 [6] menyatakan bahwa availability terdiri dari:

2.1.5.1 Inherent Availability (Ai)

Inherent availability merupakan ukuran kesiapan suatu sistem pada saat dievaluasi dalam kondisi lingkungan yang ideal [4]. Ai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_i = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

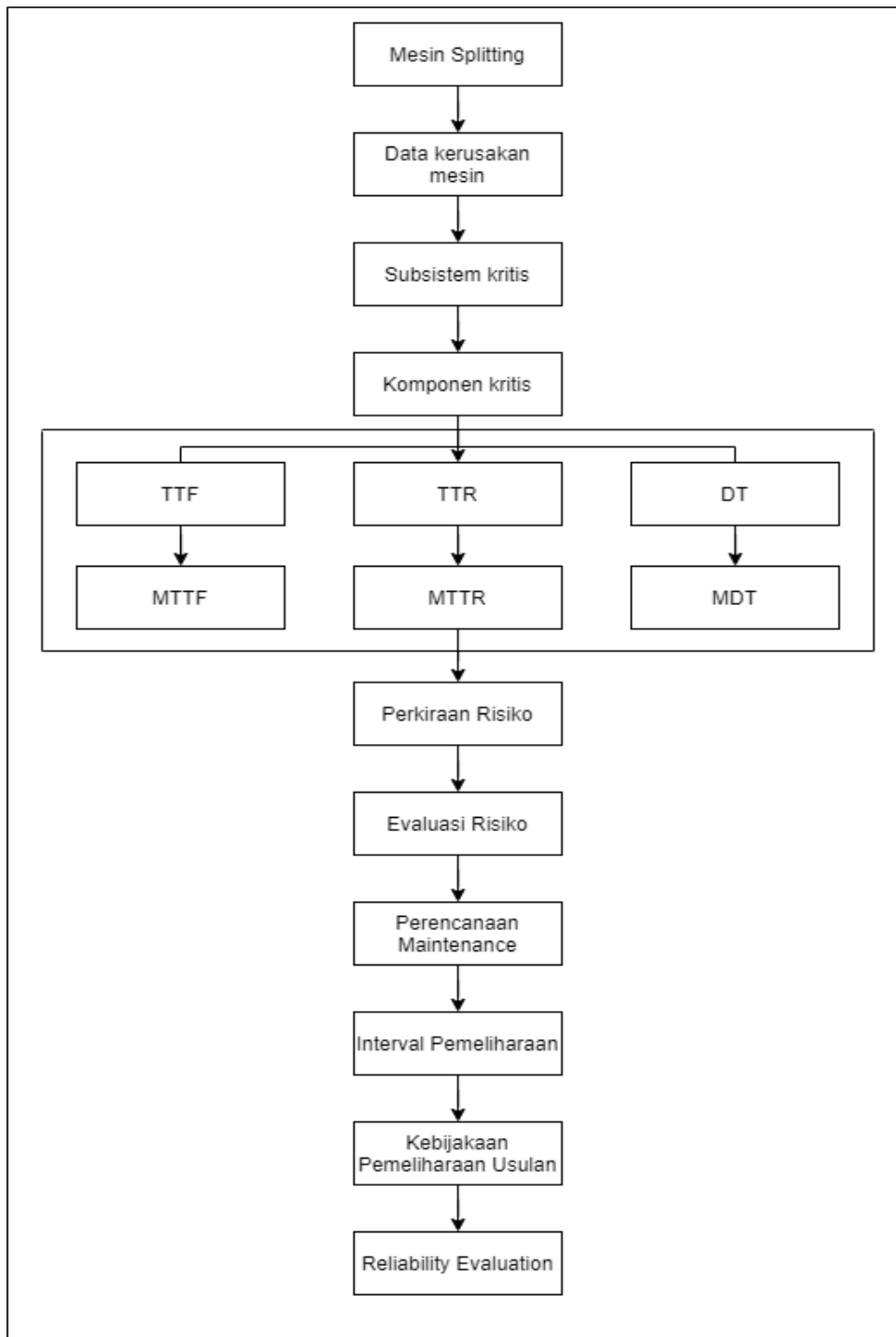
2.1.5.2 Operational Availability (Ao)

Operational availability merupakan ukuran availability sistem yang mempertimbangkan seluruh jenis *downtime* yang diakibatkan oleh logistic, administrasi, *delay*, *corrective*, dan *preventive maintenance* [7]. *Operational availability* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$A_o = \frac{Uptime}{Total Time} = \frac{Operational Time - DT}{Operational Time}$$

2.2 Model Konseptual

Model konseptual merupakan aliran yang menggambarkan rangkaian konsep pemikiran yang dijadikan sebagai acuan penelitian agar dapat membantu pencapaian tujuan penelitian yang diinginkan. Adapun model konseptual pada penelitian kali ini adalah



3. Pembahasan

3.1 Penentuan subsistem kritis

Penentuan subsistem kritis dengan menggunakan *risk priority number*. Sebelum membuat risk priority number peneliti membuat kategori dan frekuensi dan konsekuensi untuk mengevaluasi setiap komponen mesin Splitting. . Konsekuensi yang dikategorikan dimulai dari konsekuensi yang paling ringan hingga berat yang berpotensi dialami perusahaan tersebut. Kemudian konsekuensi tersebut dilihat dari 3 parameter yaitu severity, occurrence and detection. Parameter tersebut dinilai dalam skala 1 hingga 10. Dari tiga parameter tersebut skala yang dipilih didapatkan berdasarkan pertimbangan dan referensi yang tersedia. *Risk Priority Number* didapatkan melalui wawancara dengan divisi bagian perbaikan dan perawatan dan operator. Berikut ini merupakan tabel hasil pengolahan data dengan menggunakan *risk priority number* pada mesin splitting.

No.	Komponen	RPN	Ranking
1.	Cincin	54	6
2.	Gerinda	144	3
3.	Bearing Roll	168	2
4.	Roll Karet	120	4
5.	Motor Gerinda	72	5
6.	Meja	240	1

3.2 Penentuan Distribusi

Penentuan distribusi TTF, TTR dan DT ini dilakukan terhadap distribusi Normal, Exponensial, dan Weibull. Pengujian kali ini menggunakan uji Anderson Darling dengan dua parameter yang akan menentukan distribusi apa yang mewakili data tersebut. Data yang digunakan adalah data kerusakan dalam rentang waktu Januari 2017 sampai Desember 2019. Dua parameter tersebut adalah Anderson Darling (AD) dan P-Value. Nilai AD tersebut menentukan persebaran data dari distribusi terpilih. Nilai P-Value digunakan untuk mengetahui penerimaan hipotesis harapan H_0 . Pada uji distribusi kali ini menggunakan tingkat kepercayaan 99% dengan menggunakan software Minitab 17.

	Komponen	Distribusi	Nilai AD	P-Value
TTF	Meja	Normal	0.377	0.369
	Bearing Roll	Normal	0.808	0.02
TTR	Meja	Normal	1.115	<0.005
	Bearing Roll	Weibull	0.313	>0.250
DT	Meja	Weibull	1.323	<0.010
	Bearing Roll	Normal	0.342	0.404

3.3 Parameter Distribusi dan Perhitungan MTTF, MTTR, dan MDT

Setelah menentukan distribusi TTF, TTR dan DT maka tahap selanjutnya adalah menentukan MTTF, MTTR, dan MDT. Penentuan distribusi MTTF, MTTR, dan MDT dilakukan berdasarkan distribusi yang terpilih dengan menggunakan bantuan software AvSim+ 9.0. Untuk menentukan MTTF, MTTR, dan MDT dihitung berdasarkan distribusi yang mewakili setiap komponen.

	Komponen	Distribusi	Parameter		Hasil
MTTF	Meja	Normal	μ	1404.16	1404.2
			σ	654.48	
	Bearing Roll	Normal	μ	2763.9	2763.9
			σ	1607.45	
MTTR	Meja	Normal	μ	0.831	0.83
			σ	0.30	
	Bearing Roll	Weibull	η	2.466	2.32
			β	7.779	
MDT	Meja	Weibull	η	1.223	1.10
			β	3.675	
	Bearing Roll	Normal	μ	2.531	2.53
			σ	0.498	

3.4 Analisis RBM

3.4.1 Perkiraan Risiko

Perkiraan risiko terdiri dari penyusunan skenario kegagalan, kuantifikasi konsekuensi, dan kegagalan probabilistic. Perkiraan risiko ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan pihak operator perawatan, wawancara tersebut dilakukan dengan menanyakan kemungkinan-kemungkinan kegagalan yang terjadi pada sebuah komponen mesin kritis.

3.4.2 Estimasi Risiko

Estimasi risiko merupakan perhitungan untuk mengetahui peluang kegagalan yang terjadi pada setiap komponen mesin splitting selama satu tahun. Perhitungan ini disesuaikan dengan hasil distribusi dan parameter yang telah dipilih.

No.	Komponen	Parameter Distribusi				Periode	R(t)	Q(t)
		η	β	μ	σ			
1.	Meja	-	-	1404.16	654.481	2112	0.778	0.22
2.	Bearing Roll	-	-	2763.9	1607.45		0.633	0.367

3.4.3 Rekapitulasi Perkiraan Konsekuensi dan Risiko

Rekapitulasi perkiraan konsekuensi dan risiko merupakan tahap selanjutnya yang akan dilakukan. Setelah mengetahui nilai kegagalan probabilistic dari masing-masing komponen kritis, langkah selanjutnya adalah melakukan rekapitulasi perkiraan konsekuensi yang diterima oleh perusahaan. Apabila komponen kritis tersebut mengalami kegagalan, dalam hal ini konsekuensi yang diterima oleh perusahaan adalah *System Performance Loss*. Sedangkan nilai untuk perkiraan risiko yang diterima oleh perusahaan diperoleh dari *Probability of Failure* dikalikan dengan *System Performance Loss*.

No.	Komponen	System Performance Loss		Q(t)	Risk
1	Meja	Rp	8,112,077.71	0.22	Rp 1,803,200.79
2.	Bearing Roll	Rp	18,178,877.96	0.37	Rp 6,679,791.50
Total					Rp 4.890.817.09

3.4.4 Penyusunan Kriteria Penerimaan Risiko

Pada tahap ini, risiko yang telah didapatkan akan dibandingkan dengan kriteria penerimaan risiko yang telah ditentukan. Jika risiko yang didapatkan melebihi dari kriteria penerimaan maka akan dilakukan perencanaan perawatan usulan.

Periode 1 tahun	Hourly Rate	Kapasitas Produksi Mesin 1 tahun	Total Risiko	%	Kriteria Penerimaan %
2112	Rp 3.943.497	Rp 8.328.665.887,80	Rp 4.890.817.09	0.059%	0.015%

Persentase risiko yang diperoleh adalah 0.059% , nilai risiko tersebut melebihi kriteria penerimaan yaitu 0.015%. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan perawatan lebih lanjut untuk meminimasi risiko kegagalan yang diterima oleh PT. Garut Makmur Perkasa.

3.4.5 Usulan Interval Perawatan

Penelitian Tbk, 2008 RCM II [2] worksheet digunakan untuk menentukan usulan perawatan yang lebih optimal dengan melihat nilai risiko yang didapatkan dan total biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Sehingga usulan interval perawatan nya adalah

Komponen	Interval Perawatan Eksisting	Interval Perawatan Usulan
		<i>scheduled on condition</i>
Meja	1404.2	702.1
Bearing Roll	2763.9	1381.95

3.5 Reliability Evaluation

Penelitian Kiran, Prajeeth Kumar, Sreejith, & Muralidharan, 2016 [1] Proses pabrik yang efektif bergantung kepada pemeliharaan dan ketersediaan mesin. Oleh karena itu, menghitung nilai availability mesin akan memberikan keandalan yang baik pada komponen mesin Splitting.

Subsistem Kritis	Inherent Availability	Operational Availability	Standar Ivvara	Performance Indikator
Meja	99.94%	99.95%	95%	Achieved
Bearing Roll	99.92%	99.88%	95%	Achieved

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian dengan menggunakan metode Risk Based Maintenance, maka dapat disimpulkan.

1. Berdasarkan perhitungan pengolahan data untuk memilih komponen kritis menggunakan Failure Mode Effect Analysis dengan mempertimbangkan tingkat kejadian (occurrence), tingkat keparahan (severity), dan tingkat deteksi (detection) didapatkan komponen kritisnya yaitu komponen pisau, komponen meja, dan komponen bearing roll. Tiga komponen yang telah terpilih akan menjadi acuan perhitungan Risk Based Maintenance untuk mengetahui nilai risiko yang akan diterima PT. Garut Makmur Perkasa.
2. Berdasarkan perhitungan risiko mesin Splitting dengan menggunakan metode Risk Based Maintenance (RBM). Nilai risiko yang diperoleh perusahaan untuk komponen meja sebesar Rp 1,803,200.79 , komponen bearing roll sebesar Rp Rp. 3.837.210,89. Sehingga didapatkan total nilai risiko dari komponen kritis Rp 4.890.817,09 dan persentase risiko 0.059%.
3. Berdasarkan perhitungan interval waktu pemeliharaan mesin pada setiap komponen kritis , diperoleh interval waktu pemeliharaan mesin untuk interval waktu pemeliharaan mesin untuk komponen meja 702.1 jam, dan interval waktu pemeliharaan mesin untuk komponen bearing roll 1381.95 jam.
4. Berdasarkan perhitungan biaya pemeliharaan mesin pada setiap komponen kritis, diperoleh biaya pemeliharaan mesin eksisting dengan frekuensi maintenance yang berbeda setiap komponennya yaitu Rp 136.459.554 Sedangkan untuk biaya pemeliharaan mesin usulan dengan frekuensi maintenance yang sudah dihitung menggunakan metode Risk Based Maintenance yaitu Rp 43.836.858
5. Berdasarkan perhitungan nilai ketersediaan mesin pada setiap komponen kritis didapatkan bahwa nilai inherent availability sebesar 99.51% dan operational availability sebesar 99.73%. Pada evaluasi indicator leading dan indicator lagging sudah mencapai target diatas 95% sesuai dengan standar IVARA World Class Maintenance Performance Indicator.

4.2 Saran

4.2.1 Saran bagi Perusahaan

1. Data perusahaan untuk biaya komponen dan biaya maintenance sebaiknya dapat direkap dan disimpan dengan lebih baik.

2. PT. Garut Makmur Perkasa dapat melakukan evaluasi perihal perawatan mesin sehingga dapat merencanakan kegiatan preventive maintenance termasuk dengan menentukan interval waktu perawatan yang optimal untuk dapat meminimasi jumlah kerusakan dan jumlah biaya perbaikan.

4.2.2 Saran Bagi Peneliti Selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya dapat meneliti lebih detail untuk komponen-komponen yang terdapat pada mesin agar penelitian dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal.

Daftar Pustaka

- [1] Kiran, S., Prajeeth Kumar, K. P., Sreejith, B., & Muralidharan, M. (2016). Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in a Process Plant. *Procedia Technology*, 24, 576–583. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.117> (Kiran et al., 2016)
- [2] Tbk, S. (2008). Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base On JSA (Job Safety Analysis) (Case study at PT. SMART Tbk. Surabaya). *PERFORMA : Media Ilmiah Teknik Industri*, 7(2), 46–59.
- [3] Agarwal, M., & Yarde, P. V. (2010). Development of risk-based operation and maintenance management system for nuclear plants. 2010 2nd International Conference on Reliability, Safety and Hazard, ICRESH-2010: Risk-Based Technology and Physics-of-Failure Methods, 485–488. <https://doi.org/10.1109/ICRESH.2010.5779598>
- [4] Ahmadi, S., Moosazadeh, S., Hajihassani, M., Moomivand, H., & Rajaei, M. M. (2019). Reliability, availability and maintainability analysis of the conveyor system in mechanized tunneling. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 145, 756–764. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.06.009>
- [5] Moubray, J. (2007). *reliability-centred-maintenance-2 ebook.pdf* (p. 418). p. 418.
- [6] Methods, R., Pt, I. N., & Makmur, G. (2020). *RELIABILITY , AVAILABILITY , MAINTAINABILITY , DAN SAFETY ANALYSIS Frekuensi Downtime*. 7(2), 5211–5218.
- [7] Rasyadan, A. N., Tatas, F., Atmaji, D., & Budiasih, E. (2020). *ANALISIS PENILAIAN PERFORMANSI PADA MESIN BUBUT-2 DI CV HARTONO JAYA MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY AND SAFETY (RAMS) ANALYSIS OF PERFORMANCE ASSESSMENT ON LATHE-2 IN CV HARTONO JAYA USING THE METHOD OF RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY AND SAFETY (RAMS)*. 7(2), 5268–5275.