

**USULAN PENERAPAN METODE *RELIABILITY AND RISK CENTERED MAINTENANCE (RRCM)* BERDASARKAN *EUROPEAN STANDARDS APPLICATION GUIDE RCM (CSN EN 60300-3-11)* PADA MESIN BUBUT KONVENSIONAL DI PT. DWITAMA MULYA PERSADA**

**PROPOSED IMPLEMENTATION OF THE *RELIABILITY AND RISK CENTERED MAINTENANCE (RRCM)* METHOD BASED ON THE *EUROPEAN STANDARDS APPLICATION GUIDE RCM (CSN EN 60300-3-11)* ON CONVENTIONAL LATHES AT PT. DWITAMA MULYA PERSADA**

**Syavira Ramadianti<sup>1</sup>, Fransiskus Tatas Dwiatmaji<sup>2</sup>, Endang Budiasih<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom  
**syavirar@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, franstatas@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>**

**ABSTRACT**

*PT. Dwitama Mulya Persada is a national private company that focuses its business activities by offering various solutions and solving problems faced by many industries. Conventional lathes are one of the machines used by the company and are the most frequently experienced engine downtime. Downtime is due to the old engine life so often cause much damage to the component, other than that the production capacity of the machine does not reach the target in the years 2017, 2018, 2019. Unfulfilled targets can be caused by treatment habits and less precise or inappropriate treatment intervals. The purpose of this study is to determine the optimal maintenance time intervals for selected critical components and their total maintenance costs. In determining the critical components of the conventional lathes, it uses a risk matrix and three critical components are selected namely transmission activation lever, gearbox, and bar for lathe activation. Using the RRCM method based on the European standards application guide RCM (CSN EN 60300-3-11), the maintenance policy and total maintenance costs were obtained. Based on the results of data collection and data processing, it was found that there were five proposed maintenance tasks with one scheduled on-conditional, four scheduled restoration tasks with an average interval of maintenance time of 1.5 months. The total proposed maintenance costs obtained amounted to Rp 40,182,296 per year's where the costs were Rp 5,357,639 lower than the existing's company maintenance costs.*

*Keyword : Maintenance, Risk Matrix, Reliability and Risk Centered Maintenance, RCM CSN EN 60300-3-11, RCM Information Worksheet, Uncertainty Assessment*

## ABSTRAK

PT. Dwitama Mulya Persada merupakan perusahaan swasta nasional yang memfokuskan kegiatan bisnisnya dengan menawarkan berbagai solusi dan penyelesaian masalah yang dihadapi oleh banyak bidang industri. Mesin bubut konvensional merupakan salah satu mesin yang digunakan oleh perusahaan dan merupakan mesin yang paling sering mengalami *downtime*. *Downtime* yang terjadi disebabkan karena umur mesin yang sudah tua sehingga sering menyebabkan banyak terjadinya kerusakan pada komponen tersebut, selain itu kapasitas produksi mesin tidak mencapai target pada tahun 2017, 2018, 2019. Tidak terpenuhinya target bisa disebabkan oleh kebijakan perawatan dan interval perawatan yang kurang tepat atau tidak sesuai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui interval waktu perawatan yang optimal untuk komponen kritis yang terpilih serta total biaya perawatannya. Dalam penentuan komponen kritis dari mesin bubut konvensional ini menggunakan risk matrix dan terpilih tiga komponen kritis yaitu *transmission activation lever*, *gearbox*, dan *bar for lathe activatin*. Menggunakan metode RRCM berdasarkan *European standards application guide RCM (CSN EN 60300-3-11)* didapatkan kebijakan perawatan dan total biaya perawatannya. Berdasarkan hasil dari pengumpulan data dan pengolahan data, maka didapatkan hasil bahwa terdapat lima proposed maintenance task dengan satu scheduled on-conditional, empat scheduled restoration task dengan rata-rata interval waktu perawatannya selama 1,5 bulan. Total biaya perawatan usulan yang diperoleh sebesar Rp 40.182.296 per tahun dimana biaya tersebut lebih rendah Rp 5.357.639 dibandingkan dengan biaya perawatan eksisting perusahaan.

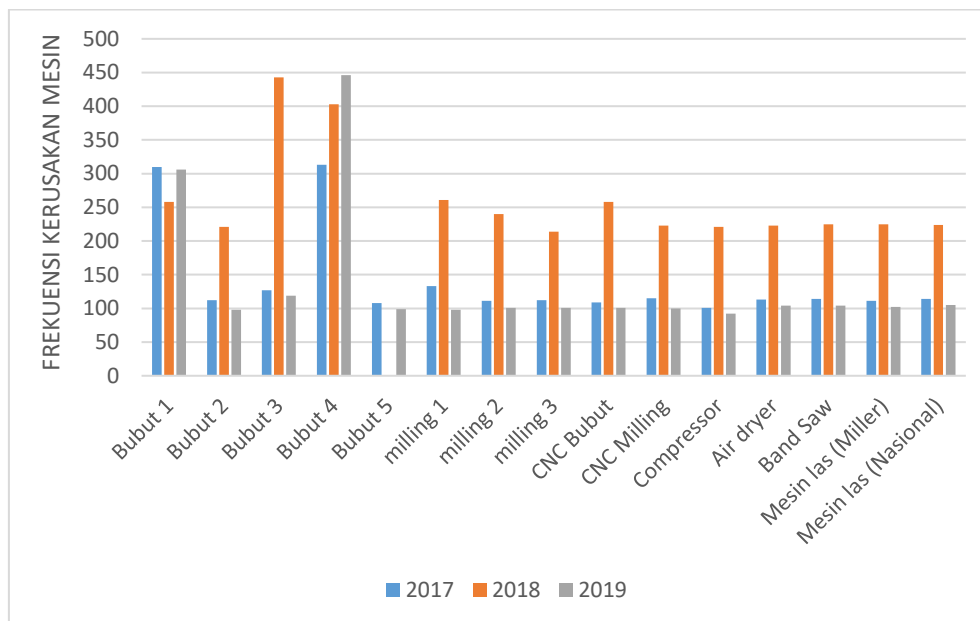
Kata kunci: Perawatan, *Risk Matrix*, *Reliability and Risk Centered Maintenance*, *RCM CSN EN 60300-3-11*, *RCM Information Worksheet*, *Uncertainty Assessment*

---

## 1.PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memacu industri untuk terus berusaha dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Setiap industri yang berada di Indonesia menggunakan strategi dan kebijakan yang berbeda untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya. Dalam industri manufaktur, selama proses produksi berlangsung mesin harus dipantau dengan baik untuk memastikan mesin berjalan sesuai jadwal dan tidak adanya kerusakan yang mendadak sehingga mengganggu jalannya proses produksi [1]. Semua kejadian yang menyebabkan kegiatan produksi tidak berjalan optimal atau hingga terhenti akan membawa kerugian yang cukup signifikan bagi industri terkait, *Maintenance* merupakan kombinasi tindakan teknis, administrative dan manajerial selama siklus hidup suatu objek yang bertujuan untuk mempertahankannya dalam keadaan saat ini atau mengembalikannya ke keadaan di mana objek dapat melakukan fungsi yang diperlukan [2].

Menurut [6], pemeliharaan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu Perawatan Preventif dan Perawatan Korektif. Perawatan Preventif adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen rusak. Pemeliharaan korektif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan tidak lama setelah kerusakan terjadi pada sistem yang berguna untuk mengembalikan sistem ke fungsi semula. Kegiatan usaha PT. Dwitama Mulya Persada mencakup pembuatan dan perbaikan *rotating parts*, pembuatan komponen presisi, pembuatan dan perbaikan *babbitt bearing*, perbaikan unit pompa, dan perbaikan turbin. Akan tetapi, proses produksi mengalami fluktuasi jumlah produksi yang disebabkan oleh berkurangnya keandalan dari setiap mesin.



Gambar 1 Grafik Kerusakan Mesin

Berdasarkan gambar 1, maka diketahui dengan jumlah *downtime* yang relatif besar dapat menyebabkan mesin tidak dapat mencapai target produksi yang diinginkan terutama pada mesin bubut konvensional. Selain itu, tingginya frekuensi *downtime* pada mesin bubut konvensional merupakan mesin yang paling sering bekerja untuk memenuhi permintaan produksi karena sesuai dengan spesifikasi produk yang diminta.

Salah satu usaha untuk memaksimalkan kinerja mesin sebagai fasilitas produksi agar dapat digunakan dalam jangka panjang dan terjamin dalam penggunaannya adalah dengan membuat rencana kegiatan *maintenance* yang dapat mendukung *reliability* suatu mesin agar dapat bekerja maksimal. Salah satu cara untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal dan dapat mengurangi biaya perawatan adalah dengan menggunakan metode *Reliability and Risk Centered Maintenance* (RRCM) berdasarkan *European Standards Application Guide RCM* (CSN EN 60300-3-11). RRCM bertujuan untuk menciptakan pemeliharaan yang akurat, fokus dan optimal dengan tujuan mencapai keandalan fasilitas yang optimal dengan mempertimbangkan resiko sebagai referensi analisis, dimana ketidakpastian merupakan salah satu komponen utama dari resiko. Lalu, dengan mempertimbangkan efek biaya perawatan yang berasal dari kegagalan mesin selama mesin beroperasi, penting untuk menganalisis risiko kegagalan mesin dengan mengetahui probabilitas kegagalan dan risiko kinerja sistem yang hilang [5]. CSN EN 60200-3-11 merupakan standar Czech Republic yang digunakan dalam panduan aplikasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) [2]. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode RRCM berdasarkan *European Standards Application Guide RCM* (CSN EN 60300-3-11) yang sudah dilakukan adalah untuk mengetahui kebijakan *maintenance* objek penelitian yang lebih sesuai, sehingga dapat membantu dalam menekan tingginya tingkat *corrective maintenance* pada PT. Dwitama Mulya Persada memperkecil peluang perusahaan untuk mengalami kerugian dari terjadinya *downtime* pada mesin sehingga mengakibatkan *loss production*, dan membuat performa pabrik meningkat.

## 2.DASAR TEORI

### 2.1 *Maintenance*

*Maintenance* mendefinisikan bahwa pemeliharaan merupakan kombinasi tindakan teknis, *administrative* dan manajerial selama siklus hidup suatu objek yang bertujuan untuk mempertahankannya dalam keadaan saat ini atau mengembalikannya ke keadaan di mana objek dapat melakukan fungsi yang diperlukan [2].

### 2.2 *Preventive Maintenance dan Corrective Maintenance*

*Preventive Maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan saat sebelum sebuah komponen mengalami kerusakan dan memiliki tujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi atau perawatan yang dilakukan berdasarkan perkiraan interval waktu tertentu yang telah ditentukan sebelumnya dengan tujuan mengurangi peluang terjadinya kegagalan atau degradasi fungsi dari peralatan tersebut [5]. *Corrective Maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan sesaat setelah kerusakan terjadi pada suatu sistem yang berguna untuk mengembalikan sistem ke fungsi awalnya. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut [5].

### 2.3 *Mean Time To Failure (MTTF)*

*Mean Time To Failure (MTTF)* merupakan waktu rata-rata dari interval waktu antara kerusakan komponen pertama dan kerusakan berikutnya [6].

### 2.4 *Mean Time To Repair (MTTR)*

*Mean Time To Repair (MTTR)* merupakan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen yang rusak hingga komponen berfungsi kembali [6].

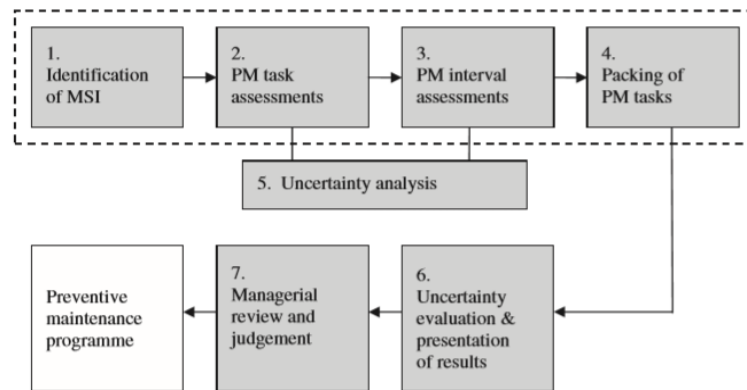
### 2.5 *Proposed Maintenance*

Metode RCM membagi *proposed maintenance task* ke dalam tiga kategori [5], yaitu:

1. *Scheduled On-Condition Task*  
Merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan dengan mengamati atau mengukur kinerja komponen pada saat mesin sedang beroperasi apabila terdapat tanda-tanda kerusakan pada komponen atau sistem tersebut.
2. *Scheduled Restoration Task*  
Merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan dengan memperbaiki sistem pada suatu jadwal tertentu sebelum batas usianya tanpa memperhatikan kondisi sistem pada saat itu, sehingga untuk pelaksanaan kegiatan ini sistem perlu dihentikan sementara.
3. *Scheduled Discard Task*  
Merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan dengan cara mengganti suku cadang atau komponen tertentu dari suatu sistem sebelum batas usianya tanpa memperhatikan kondisi suku cadang atau komponen sistem tersebut.

### 2.6 *Reliability and Risk Centered Maintenance*

RRCM adalah suatu metode yang merupakan pengembangan dari metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Tujuan dari RRCM adalah untuk menciptakan metode pemeliharaan yang akurat, fokus dan optimal dengan tujuan mencapai keandalan (*reliability*) fasilitas yang optimal dengan mempertimbangkan resiko sebagai referensi analisis, dimana ketidakpastian merupakan salah satu komponen utama dari resiko selain kemungkinan peristiwa yang terjadi serta konsekuensi yang terkait [7].



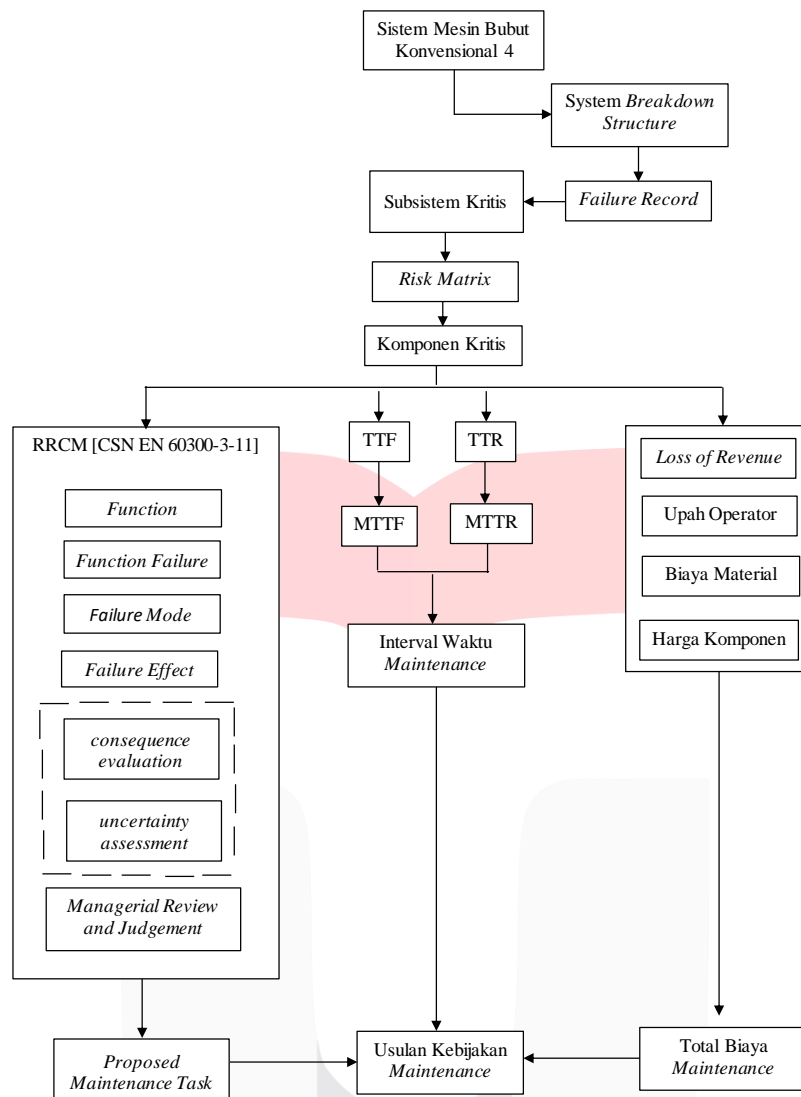
Gambar 2 Kerangka Metode RRCM

Empat kotak pertama merupakan bagian dari RCM tradisional. Kemudian kotak kelima merupakan langkah untuk mengintegrasikan penilaian ketidakpastian khusus ke dalam kerangka kerja RRCM. Dalam kotak kelima secara khusus membahas faktor-faktor ketidakpastian. Analisis ketidakpastian mencakup tugas-tugas utama, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi faktor ketidakpastian
2. Penilaian dan kategorisasi faktor ketidakpastian sehubungan dengan tingkat ketidakpastian
3. Penilaian dan kategorisasi faktor ketidakpastian sehubungan dengan tingkat sensitivitas
4. Ringkasan mengenai pentingnya faktor-faktor ketidakpastian.

### 3.METODOLOGI PENELITIAN

Model konseptual membahas tentang langkah-langkah dalam melakukan penelitian secara rinci yaitu pemecahan masalah yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian sesuai tujuan dari permasalahan yang dibahas dan berfungsi sebagai kerangka utama untuk menjaga penelitian mencapai tujuan yang ditetapkan. Gambar 3 merupakan model konseptual untuk penelitian.



Gambar 3 Model Konseptual Penelitian

Berdasarkan gambar 3, CSN EN 60300-3-11 merupakan standar Eropa yang dipakai untuk panduan aplikasi metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Garis putus-putus yang terdapat pada gambar 3 model konseptual merupakan variabel baru dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan dapat diketahui bahwa input awal adalah sistem mesin bubut konvensional 4 untuk kemudian selanjutnya dilakukan *system breakdown structure* untuk mengetahui komponen penyusun pada mesin bubut konvensional. Lalu, setelah komponen penyusun mesin bubut konvensional diketahui, tahap selanjutnya adalah menentukan komponen kritis dengan menggunakan *Risk Matrix* dan melihat data kerusakan komponen kritis berdasarkan data *history failure*.

Setelah memperoleh sistem kritis lalu selanjutnya dilakukan pengukuran kuantitatif yang mengacu kepada *functional failure* (FF). Perhitungan pertama dilakukan dengan menghitung *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) yang sebelumnya telah dilakukan. Setelah melakukan perhitungan tersebut, selanjutnya dilanjutkan dengan menghitung *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

*Proposed maintenance task* dan interval waktu *maintenance* yang akan dijadikan usulan kepada perusahaan dalam penentuan penerapan kebijakan *maintenancenya*. Untuk menghitung total

biaya maintenance membutuhkan beberapa data pendukung seperti data *loss of revenue*, data upah operator, data biaya material dan data harga komponen.

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin Bubut Konvensional

Pada penelitian kali ini peneliti hanya berfokus kepada komponen yang memiliki dampak paling signifikan terhadap kerugian yang akan diterima oleh perusahaan apabila terjadi kerusakan. Metode yang digunakan oleh peneliti untuk menentukan komponen kritis adalah dengan menggunakan metode *risk matrix*. Pada penentuan komponen kritis dengan menggunakan metode *risk matrix* peneliti mempertimbangkan dua hal yaitu tingkat *likelihood* dan *severity* dari setiap komponen yang terdapat pada mesin bubut konvensional. Komponen kritis pada mesin bubut konvensional antara lain *bar for lathe activation*, *side cover* dan *transmission activation lever*.

##### 4.2 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Perhitungan MTTF dilakukan berdasarkan distribusi yang sudah dipilih sebelumnya.

Tabel. 1 Tabel Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF						
KOMPONEN	DISTRIBUSI	PARAMETER		(1+1/β)	Tabel Gamma	MTTF (JAM)
<i>Transmission Activation Lever</i>	WEIBULL	η	1053,26	1,531887	0,87757	934,842
		β	1,8801			
<i>Gearbox</i>	WEIBULL	η	1142,66	1,425713	0,88636	1012,808
		β	2,349			
<i>Bar For Lathe Activation</i>	WEIBULL	η	1369,24	1,300363	0,89747	1228,852
		β	3,32931			

##### 4.3 Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Perhitungan MTTR dilakukan berdasarkan distribusi yang sudah dipilih sebelumnya.

Tabel 2 Tabel Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR						
KOMPONEN	DISTRIBUSI	PARAMETER		(1+1/β)	Tabel Gamma	MTTR (JAM)
<i>Transmission Activation Lever</i>	EKSPONENSIAL	μ	7,6	-	-	7,6
<i>Gearbox</i>	WEIBULL	η	9,42391	2,04913	1,01758	9,59
		β	0,953171			
<i>Bar For Lathe Activation</i>	WEIBULL	η	18,8705	2,274673	1,14618	21,63
		β	0,784515			

##### 4.4 Perhitungan Data Reliability And Risk Centered Maintenance (RRCM) Berdasarkan European Standards Application Guide RCM (CSN EN 60300-3-11)

Dalam penerapan metode RRCM dibutuhkan data *uncertainty assessment by expert judgement* serta *RCM Decision Diagram*. Untuk mengintegrasikan hasil dari *uncertainty assessment* ini ke dalam keputusan *proposed maintenance task* maka RCM Worksheet dapat diperluas dengan memasukkan semua hasil dari penilaian-penilaian yang sudah dilakukan. Interval waktu untuk perawatan *Scheduled on-condition Task* dihitung berdasarkan tindakan *maintenance* yang telah

ditentukan pada *extended RCM Worksheet*. Tabel 3 dan 4 merupakan interval waktu on- condition dan restoration:

Tabel 3 Interval Waktu *Scheduled On-Conditional Task*

Komponen	Information Reference				Proposed Maintenance Task	MTTF	Interval (Jam)
	F	FF	FM				
<i>Transmission Activation Lever</i>	1	2	2	Terkikisnya pasak (KEY)	<i>Scheduled On-Condition Task</i> Melakukan pengecekan berkala terhadap tekanan pada pasak dalam kondisi aktualnya	934,842	467,421

Tabel 4 Interval Waktu *Scheduled Restoration Task*

Komponen	Information Reference				Proposed Maintenance Task	$\eta$	$\beta$	Cm	Cf	Interval (Jam)
	F	FF	FM							
<i>Transmission Activation Lever</i>	1	1	1	Terjadinya kehausan pada pasak (KEY)	<i>Scheduled Restoration Task</i> Melakukan perbaikan pada bagian pasak (KEY)	1053,26	1,8801	Rp 892.940	Rp 2.878.708	604,840
<i>Gearbox</i>	1	1	1	Roda gigi tidak bergerak karena adanya korsleting arus listrik	<i>Scheduled Restoration Task</i> Melakukan perbaikan pada aliran arus listrik	1142,66	2,349	Rp 892.940	Rp 3.626.100	553,953
			2	Adanya kegagalan karna roda gigi yang mengalami kepatahan hampir setengah	<i>Scheduled Restoration Task</i> Melakukan perbaikan pada komponen gearbox	1142,66	2,349	Rp 892.940	Rp 3.626.100	553,953
<i>Bar For Lathe Activation</i>	1	1	1	Roda gigi yang sering terkikis	<i>Scheduled Restoration Task</i> Melakukan perbaikan pada komponen bar for lathe activation	1369,24	3,32931	Rp 892.940	Rp 8.148.735	546,701

#### 4.5 Perhitungan Total Biaya *Maintenance*

Tabel 5 merupakan tabel yang menunjukkan bagaimana perbandingan antara biaya *maintenance* eksisting perusahaan dengan biaya *maintenance* usulan yang sudah dilakukan oleh penulis untuk setiap komponen kritis.

Tabel. 5 Perbandingan Total Biaya *Maintenance*

Komponen	Biaya <i>Maintenance</i> Eksisting	Biaya <i>Maintenance</i> Usulan
Transmission Activation Lever	Rp 17.858.798	Rp 16.072.918
Gearbox	Rp 18.751.738	Rp 16.072.918
Bar For Lathe Activation	Rp 8.929.399	Rp 8.036.459
Total	Rp 45.539.935	Rp 40.182.296

#### 5.KESIMPULAN

Dalam perhitungan *risk matrix* didapatkan hasil bahwa terdapat 3 komponen yang memiliki level kerusakan tertinggi yaitu *transmission activation lever*, *gearbox*, dan *bar for lathe activation*. Melalui pengukuran kualitatif menggunakan metode RRCM diperoleh 5 *proposed maintenance task* dengan rincian 1 *scheduled on-conditional* dan 4 *scheduled restoration task* untuk semua komponen kritis dengan rata-rata interval waktu *preventive maintenance task* selama 1,5 bulan.



Hasil ini yang akan dijadikan sebagai usulan strategi *maintenance* komponen kritis mesin bubut konvensional 4. Total biaya *maintenance* usulan yang diperoleh berdasarkan *proposed maintenance task* dan interval waktunya sebesar Rp 40.182.296 dimana biaya tersebut lebih rendah Rp 5.357.639 dibandingkan dengan biaya *maintenance* eksisting perusahaan

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. T. D. Atmaji and J. Alhilman, "A Framework of Wireless Maintenance System Monitoring: A Case Study of An Automatic Filling Machine at SB Company," 2018 6th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2018, vol. 0, no. c, pp. 227–232, 2018.
- [2] Judi Alhilman, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji, "Software Application for Maintenance System," 2017 Fifth Int. Conf. Inf. Commun. Technol., vol. 0, no. RCM II, 2017.
- [3] F. Tatas, D. Atmaji, A. A. Noviyanti, and W. Juliani, "Implementation Of Maintenance Scenario For Critical Subsystem In Aircraft Engine Case study : NTP CT7 Engine," vol. 1, no. 02, pp. 52–60, 2017.
- [4] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT KSM, Yogyakarta," J. Rekayasa Sist. Ind., no. April, pp. 7–11, 2015.
- [5] Awad, M., & Afif As'ad, R. (2016). Reliability centered maintenance actions prioritization using fuzzy inference systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(4), 433–452. <https://doi.org/10.1108/JQME-07-2015-0029>
- [6] De Sanctis, I., Paciarotti, C., & Di Giovine, O. (2016). Integration between RCM and RAM: a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-02-2015-0026>
- [7] [CSN EN 60300-3-11] CSN EN 60300-3-11. Dependability management - Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance. Prague: Czech office for standards, metrology and testing, 2010. (in Czech)
- [8] Elmontsri, M. (2014) 'Review of the Strengths and Weaknesses of Risk Matrices', *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 4(1), p. 49. doi: 10.2991/jrarc.2014.4.1.6.
- [9] Gupta, G., & Mishra, R. P. (2016). A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(2), 130–145. <https://doi.org/10.1108/JQME-01-2015-0002>
- [10] Karevan, A., & Vasili, M. (2018). *Sustainable Reliability Centered Maintenance Optimization Considering Risk Attitude*. 5(3), 205–222. <https://doi.org/10.22105/jarie.2018.79157>
- [11] Márquez, A. C. (2007) Springer Series in Reliability Engineering, Thermoplastics and Thermoplastic Composites. doi: 10.1007/978-1-4471-4588-2.
- [12] Moubray, J. (2000) Reliability Centered Maintenance II second Edition. II. New York: IndustrialPres Inc. New York.
- [13] Opocenska, H., & Hammer, M. (2016). Reliability centred maintenance. *MM Science Journal*. [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2016\\_11\\_2016161](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2016_11_2016161)

- [14] Selvik, J. T., & Aven, T. (2011). A framework for reliability and risk centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 96(2), 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.res.2010.08.001>
- [15] Shamayleh, A., Awad, M., & Abdulla, A. O. (2019). Criticality-based reliability-centered maintenance for healthcare. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 26(2), 311–334. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2018-0084>
- [16] Tang, Y., Liu, Q., Jing, J., Yang, Y., & Zou, Z. (2017). A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance. *Energy*, 118, 1295–1303. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>
- [17] Tee, K. F., & Ekpwhre, E. (2019). Reliability-based preventive maintenance strategies of road junction systems. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(5), 752–781. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2018-0018>
- [18] Zhou, D., Zhang, H., Li, Y. G., & Weng, S. (2016). A Dynamic Reliability-Centered Maintenance Analysis Method for Natural Gas Compressor Station Based on Diagnostic and Prognostic Technology. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 138(6). <https://doi.org/10.1115/1.4031644>