

USULAN PERANCANGAN INTERVAL WAKTU *PREVENTIVE MAINTENANCE* DAN ANALISIS RISIKO DENGAN MENERAPKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE (RBM)* PADA KOMPONEN KRITIS MESIN BUBUT DI PT SMART TEKNIK UTAMA

PROPOSED PLANNING PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULE AND RISK ANALYSIS USING IMPLEMENTING RISK BASED MAINTENANCE (RBM) METHOD FOR CRITICAL COMPONENT LATHE MACHINE AT PT SMART TEKNIK UTAMA

Intan Adzani Yunus¹, Endang Budiasih², Aji Pamoso³

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

¹intanadzani@gmail.com ²endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

³aji_p9juli@yahoo.com

Abstrak

PT Smart Teknik Utama merupakan perusahaan manufaktur milik Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memproduksi bagian-bagian utama untuk kebutuhan rel kereta api, seperti: *rodding system point*. Dalam memproduksi produk tersebut, mesin yang digunakan meliputi mesin bubut, mesin *milling & drilling*, mesin skraf, serta mesin NC *cutting*. Berdasarkan dari data mesin yang memiliki kerusakan sangat signifikan dalam tiga tahun terakhir adalah mesin bubut.

Dengan menggunakan *risk matrix* dalam pemilihan komponen terpilih yang signifikan terhadap kerusakan mesin bubut maka diperoleh yaitu komponen *toolpost*, *headstock*, dan *leadscrew*. Metode yang digunakan adalah *Risk Based Maintenance* dengan tujuan untuk mengetahui nilai risiko yang akan diterima oleh perusahaan apabila komponen prioritas termasuk dalam komponen kritis yang diakibatkan karena mengalami kegagalan fungsi. Berdasarkan dari hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dapat diperoleh risiko sebesar 1,2% dengan total biaya risiko Rp 7.317.595. Usulan yang digunakan untuk *maintenance plan* adalah interval waktu *preventive maintenance* untuk setiap tahun sebesar 78 jam, dalam skala setiap bulan sebesar 6,5 jam, dan skala setiap minggu sebesar 1,6 jam.

Kata kunci: Interval Waktu *Preventive Maintenance*, *Maintenance Plan*, *Risk Based Maintenance*, *Risk Matrix*, *Rodding System Point*

Abstract

PT Smart Teknik Utama is a manufacturing company belonging to state owned enterprises (BUMN) that manufactures main parts for railway needs, such as: rodding system point. In producing the products, the machines used include lathe machine, milling & drilling machine, skraf machine, and NC cutting machine. Based on the history data machines that has a very significant damage in the last three years is lathe machine.

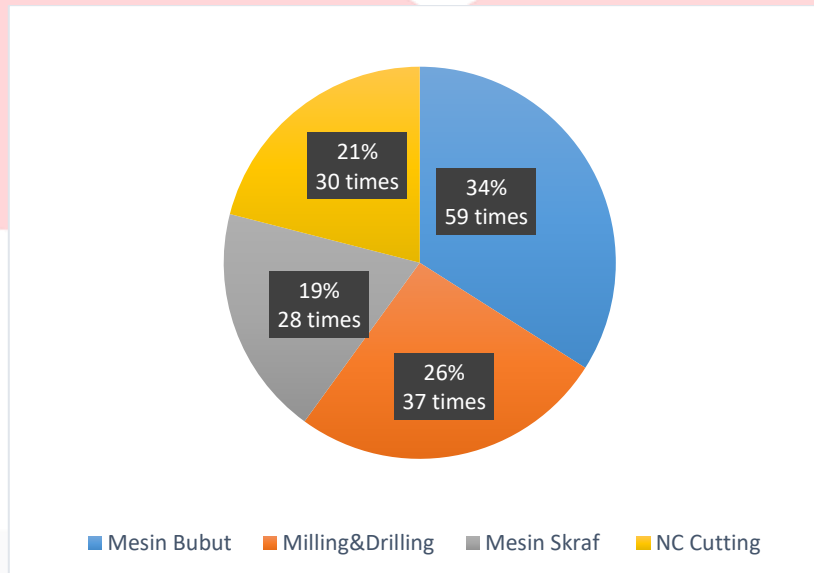
By using the risk matrix in the selection of selected components that are significant to the damage of the lathe machine then obtained namely components toolpost, headstock, and leadscrew. The method used is Risk Based Maintenance with the aim of knowing the value of the risk to be accepted by the company if the priority component is included in critical components caused by malfunction. Based on the results of collecting and processing the data can be obtained at a risk of 1,2% with a total risk cost of Rp 7.317.595. The proposed maintenance plan is interval preventive maintenance for each year of 78 hours, on a monthly scale of 6,5 hours, and a weekly scale of 1,6 hours.

Key words: Time Interval Preventive Maintenance, Maintenance Plan, Risk Based Maintenance, Risk Matrix, Rodding System Point

1 Pendahuluan

PT Smart Teknik Utama merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang termasuk dalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dan bergerak dalam bidang permesinan dan pengerjaan logam dengan pembinaan, program pelatihan, perdagangan, serta penanaman modal dari PT Len Industri. Adapun perusahaan manufaktur memiliki berbagai macam mesin pendukung dengan proses produksi yang tidak berhenti sehingga menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Produk *rodding system point* sangat berperan penting karena memiliki fungsi untuk membuka jalur rel. Mesin-mesin memproduksi produk tersebut meliputi empat mesin yang terlibat dalam proses produksi.

Gambar 1- 1 Frekuensi Kerusakan Mesin Bubut Tahun 2018



Berdasarkan Gambar 1-1, hasil pengumpulan data dan hasil wawancara yang diperoleh dari perusahaan mesin yang memiliki jumlah *failure* mesin yang paling banyak dan dapat diketahui bahwa mesin bubut memiliki tingkat kerusakan yang signifikan. Dengan total kerusakan pada mesin bubut sebagai mesin tertinggi adalah 59 kali atau dengan presentase sebesar 38%.

Oleh karena itu, perusahaan perlu mengetahui nilai risiko yang akan diterima melalui biaya perawatan dari mesin bubut dengan menerapkan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) [1]. Selain itu, metode tersebut digunakan untuk melakukan perencanaan *maintenance* dalam mengurangi peluang terjadi kerusakan maupun kegagalan pada suatu peralatan. Pada dasarnya, metode ini terdiri dalam tiga modul yaitu *risk estimation*, *risk evaluation*, dan *maintenance planning* [2]. Tujuan utama yang dilakukan untuk mengetahui nilai risiko dan total biaya perawatan yang ditanggung oleh perusahaan jika sistem mengalami kegagalan fungsi dengan mempertimbangkan hasil evaluasi apabila risiko melewati batas toleransi risiko yang ditetapkan perusahaan, maka perlu dilakukan *maintenance planning*.

2 Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Pengertian Maintenance

Maintenance merupakan pemeliharaan yang didefinisi sebagai probabilitas bahwa komponen atau sistem gagal akan diperbaiki ke kondisi tertentu dalam periode waktu pemeliharaan dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditentukan [3]. Menurut Assauri, perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian sesuai dengan yang direncanakan [4]. Selain itu terdapat definisi lain, *maintenance* atau perawatan adalah aktivitas agar komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu [5]. Manajemen pemeliharaan merupakan aktivitas yang menentukan tujuan pemeliharaan, strategi, tanggung jawab, dan implementasi melalui perencanaan perawatan, pengendalian perawatan, dan perbaikan kegiatan perawatan. [6].

2.1.2 Tujuan Maintenance

Tujuan utama dalam pemeliharaan yang dijelaskan dalam buku tentang Manajemen Pemeliharaan Mesin [7], dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang kegunaan asset.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.

4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.1.3 Preventive Maintenance dan Corrective Maintenance

Preventive maintenance adalah suatu tindakan terjadwal yang dilakukan untuk memelihara atau mempertahankan sistem pada level tertentu dengan menyediakan tinjauan yang sistematis, deteksi, atau pencegahan kegagalan yang akan datang [8].

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem ke fungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut [9]

2.1.4 Risk Matrix

Risk matriks merupakan matriks yang berfungsi selama *risk assessment* dalam menentukan tingkat risiko dengan mempertimbangkan dua aspek kategori yaitu kategori probabilitas bahaya (*likelihood*) dan kategori dampak atau konsekuensi yang ditimbulkan (*consequence*). Matriks risiko kualitatif adalah analisis konsekuensi dari suatu pekerjaan atau bahaya sehingga menyebabkan kerugian atau cedera yang ditimbulkan. Sedangkan matriks risiko kuantitatif yaitu skenario kegagalan memiliki hubungan dengan nilai risiko yang menentukan frekuensi atau probabilitas [10].

Likelihood adalah nilai yang menunjukkan frekuensi komponen mengalami kerusakan atau kondisi yang tidak baik. *Consequences/severity* adalah dampak yang ditimbulkan kerusakan atau kondisi yang tidak baik. Namun, beberapa perusahaan memiliki pengukuran berdasarkan kategori tertentu sesuai dengan kondisi perusahaan [11]. *Risk score* merupakan nilai dari hasil perkalian *average* (rata-rata) *consequences* dengan nilai *likelihood*. Semakin tinggi hasil nilai maka komponen tersebut terpilih menjadi komponen kritis [12]. Untuk perhitungannya *risk matrix* sebagai berikut:

$$\text{Risk Matrix} = (L) \times (C)$$

Keterangan:

(L) = Nilai *Likelihood*

(C) = Nilai *Consequences/Severity*

Dalam menentukan nilai komponen atau sistem kritis menjadi *risk matrix* berdasarkan dari *risk score* yang dapat dilihat pada tabel 2-1:

Tabel 2-1 Likelihood x Severity

Likelihood	RISK MATRIX				
	Severity				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Rare	1	2	3	4	5
Unlikely	2	4	6	8	10
Possible	3	6	9	12	15
Likely	4	8	12	16	20
Almost Certain	5	10	15	20	25

Keterangan :

Zona Hijau : Level Risiko *Low*

Zona Kuning : Level Risiko *Moderate*

Zona Orange : Level Risiko *High*

Zona Merah : Level Risiko *Extreme*

2.1.5 Risk Based Maintenance

Risk Based Maintenance (RBM) merupakan sebuah metode dengan tujuan untuk mengurangi risiko yang akan terjadi akibat kemungkinan adanya kegagalan atau kerusakan dari sebuah komponen yang tidak terduga. Kegiatan inspeksi dan pemeliharaan diprioritaskan berdasarkan risiko yang telah dihitung (kuantitatif) yang disebabkan karena terjadinya kegagalan dari sebuah komponen [13].

Berdasarkan metode RBM terdiri dari tiga tahapan [2]. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:

1. *Risk Estimation*
Probability of failure, dan perkiraan risiko.
2. *Risk Evaluation*
Membandingkan risiko terhadap kriteria penerimaan.
3. *Maintenance Planning*
Melakukan estimasi dan optimasi durasi *maintenance*.

2.1.6 Related Paper

Paper yang digunakan dalam penelitian ini yang menunjang metode *Risk Based Maintenance* antara lain:

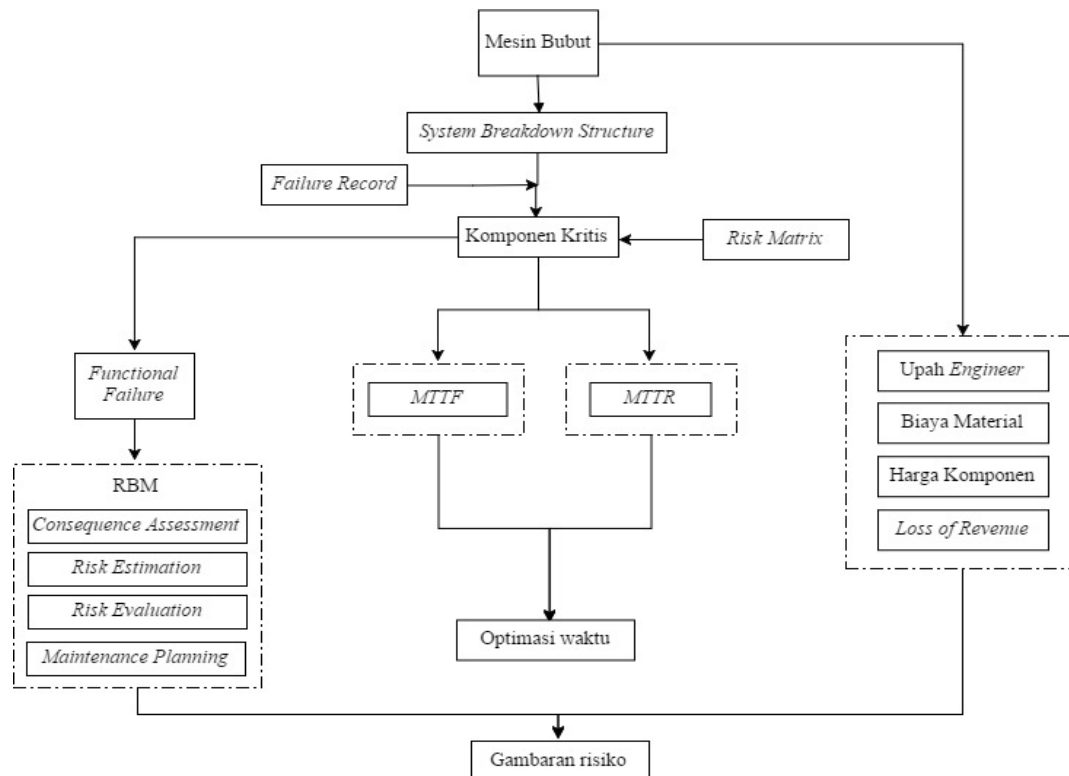
1. *Risk-based Maintenance and Remaining Life Assessment For Gas Turbines*, 2015.
2. *Risk Based Maintenance Model For Offshore Oil and Gas Pipelines*, 2004.

3. *Risk-based Maintenance of Ethylene Oxide Production Facilities*, 2004.
4. *Dynamic Risk-Based Maintenance For Offshore Processing Facility*, 2016.
5. *Risk Based Maintenance (RBM) Modeling of Petrochemical Industry Using FAHP-DELPHI Techniques*, 2016.
6. *Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in A Process Plant*, 2016.
7. *Development of A Risk Matrix and Extending The Risk-based Maintenance Analysis with Fuzzy Logic*, 2017.
8. *Risk-Based Maintenance Assessment in The Manufacturing Industry: Minimisation of Suboptimal Prioritisation*, 2017.
9. *Developing a Quantitative Risk-based Methodology for Maintenance Scheduling Using Bayesian Network*, 2016.
10. *Risk-based Maintenance (RBM) A Quantitative Approach for Maintenance Inspection Scheduling and Planning*, 2003.

Selain itu, *paper* penunjang yang digunakan untuk usulan dalam penelitian ini berjudul Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* Pada PT. Z, 2013.

2.1.7 Model Konseptual

Model konseptual merupakan bentuk aliran yang menunjukkan hubungan konsep pemikiran yang dirangkaikan berdasarkan aspek hipotesis dan teoritis untuk menuntun penelitian mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini disimpulkan dalam model konseptual, berdasarkan penelitian yang akan dilakukan pada mesin bubut maka untuk itu bisa dilihat pada Gambar 2-1. Berikut ini merupakan model konseptual berdasarkan pada permasalahan yang akan diteliti:



Gambar 2- 1 Model Konseptual

3 Pembahasan

3.1. Komponen Kritis

Pada penelitian ini berfokus terhadap ruang lingkup pada komponen memiliki dampak signifikan sehingga mempengaruhi proses produksi dan dapat merugikan perusahaan apabila mengalami kerusakan. Pemilihan dalam komponen kritis menggunakan metode *risk matrix* yang mempertimbangkan dua aspek yaitu *severity* dan *likelihood*. Risiko yang termasuk sebagai komponen kritis dan memerlukan pemeliharaan tambahan yaitu zona *orange (moderate)* dan zona merah (*high*) [14]. Dari tujuh komponen utama pada mesin bubut terpilih komponen kritis dengan menggunakan perhitungan *risk matrix* sehingga didapatkan kategori kritis dengan zona

orange (high) dan merah (extreme) yaitu komponen *leadscrew* pada zona orange (high) dan komponen *toolpost* dengan *headstock* pada zona merah (extreme).

Tabel 3- 1 Risk Matrix Komponen Kritis

RISK MATRIX					
Likelihood	Severity				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Rare					
Unlikely		Handle			
Possible		Table, Carriage			Headstock
Likely		Tailstock	Leadscrew		
Almost Certain				Toolpost	

3.2. Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Sebelum menentukan parameter distribusi, data TTF dan TTR dilakukan dengan *Anderson Darling* (AD) pada *software* Minitab 17. Uji distribusi ini digunakan untuk mengetahui pola kerusakan pada komponen kritis terpilih terhadap distribusi normal, eksponensial, dan weibull. Setelah itu, tahap selanjutnya dilakukan penentuan parameter dari distribusi yang terpilih dengan menggunakan *software* AvSim+9.0 yang bertujuan untuk memperoleh parameter sesuai dengan distribusi yang terpilih.

Tabel 3- 2 Hasil Distribusi TTF

Komponen	Distribusi	P-Value	Nilai AD	Distribusi Terpilih
Toolpost	Normal	0,042	0,766	Weibull
	Eksponensial	< 0,003	2,603	
	Weibull	> 0,250	0,402	
Headstock	Normal	0,050	0,716	Weibull
	Eksponensial	0,005	2,153	
	Weibull	0,094	0,621	
Leadscrew	Normal	0,240	0,437	Weibull
	Eksponensial	0,016	1,693	
	Weibull	> 0,250	0,361	

Tabel 3- 3 Hasil Distribusi TTR

Komponen	Distribusi	P-Value	Nilai AD	Distribusi Terpilih
Toolpost	Normal	< 0,005	1,993	Weibull
	Eksponensial	< 0,003	2,636	
	Weibull	0,015	0,951	
Headstock	Normal	0,427	0,352	Weibull
	Eksponensial	< 0,003	4,549	
	Weibull	> 0,250	0,342	
Leadscrew	Normal	0,240	0,441	Weibull
	Eksponensial	< 0,003	3,763	
	Weibull	> 0,250	0,403	

Tabel 3- 4 Penentuan Parameter TTF

Komponen	Distribusi	Parameter	
Toolpost	Weibull	η	605,067
		β	1,52109
Headstock	Weibull	η	1077,85
		β	1,62899
Leadscrew	Weibull	η	1655,28
		β	1,89845

Tabel 3- 5 Penentuan Parameter TTR

Komponen	Distribusi	Parameter	
Toolpost	Weibull	η	2,46269
		β	1,7647
Headstock	Weibull	η	1,77751
		β	3,39775
Leadscrew	Weibull	η	1,67162
		β	5,29367

3.3. Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Setelah menentukan distribusi dan parameter data TTF dan TTR dari ketiga komponen kritis maka langkah selanjutnya dilakukan perhitungan MTTF dan MTTR.

Tabel 3- 6 *Mean Time to Failure (MTTF)*

Komponen	$1+(1/\beta)$	Γ	MTTF (Jam)
Toolpost	1,657423295	0,90012	544,63
Headstock	1,613877310	0,89468	964,33
Leadscrew	1,526745503	0,88704	1468,30

Tabel 3- 7 *Mean Time to Repair (MTTR)*

Komponen	$1+(1/\beta)$	Γ	MTTR (Jam)
Toolpost	1,56667	0,88964	2,19
Headstock	1,29431	0,89904	1,60
Leadscrew	1,18890	0,92373	1,54

3.4. Tahapan Risk Based Maintenance (RBM)

Risk Based Maintenance merupakan pengukuran untuk meminimasi biaya perawatan dan risiko yang diakibatkan oleh kerusakan mesin. Metode ini menggunakan parameter *Mean Time to Failure* dan *Mean Time to Repair* dalam perawatan interval. Nilai risiko akibat kegagalan fungsi dan kerusakan akan dihitung berdasarkan *system performance loss*.

3.4.1. Consequence Assessment

1. Penyusunan skenario kegagalan

Merupakan kegagalan fungsi yang dapat terjadi apabila komponen-komponen kritis mesin mengalami kerusakan.

Tabel 3- 8 Skenario Kegagalan Komponen Kritis Mesin Bubut

Komponen	Jenis kegagalan yang mungkin terjadi	Dampak Kegagalan fungsional
Headstock	poros macet	kinerja poros tidak dapat bergerak sehingga tidak maksimal
	overheating	kinerja perputaran gerak menurun
Leadscrew	ulir pengarah macet	kerja ulir pengarah tidak dapat bergerak secara maksimal
	ukuran ulir melonggar	kinerja ulir pengarah menurun
Toolpost	pemegang pahat mengalami patah	pemegang pahat tidak dapat bekerja dengan baik yang terjadi akibat mesin sedang beroperasi sehingga harus segera dilakukan pergantian
	pemegang pahat macet	kerja pemegang pahat tidak dapat bergerak sehingga tidak maksimal
	pemegang pahat mengalami kelonggaran	tidak dapat memegang pahat dengan baik

2. Kuantifikasi konsekuensi

Setiap skenario kegagalan dalam konsekuensi penurunan kinerja system dilakukan normalisasi untuk mengetahui nilai risiko. [2]

Tabel 3- 9 Kuantifikasi Konsekuensi Komponen Kritis Mesin Bubut

Komponen	Skenario Kegagalan	Normalisasi Konsekuensi
Headstock	poros macet, tidak dapat memegang pahat dengan baik	8
	overhating , kinerja perputaran gerak menurun	6
Leadscrew	ulir pengarah macet, kerja ulir pengarah tidak dapat bergerak secara maksimal	8
	ukuran ulir pengarah melonggar, kinerja ulir pengarah menurun	4
Toolpost	pemegang pahat mengalami patah, pemegang pahat tidak dapat bekerja dengan baik yang terjadi akibat mesin sedang beroperasi sehingga harus segera dilakukan pergantian	9
	pemegang pahat macet, kerja pemegang pahat tidak dapat bergerak sehingga tidak maksimal	8
	pemegang pahat longgar, tidak dapat memegang pahat dengan baik	7

3.4.2. Risk Estimation

1. Perhitungan Probability of Failure

Nilai *probability of failure* dilambangkan Q (T) dengan rumus hasil dari $1 - R(T)$. Nilai R(T) diperoleh dengan persamaan (Ebeling, 1997) sebagai berikut: $[R(T) = e^{-(T/\eta)^\beta}]$

Tabel 3- 10 *Probability of Failure*

Komponen	Parameter Distribusi		T (Jam)	R (T)	Q (T)
	η	β			
<i>Toolpost</i>	605,067	1,52109	2304	0,000479378	0,99952062
<i>Headstock</i>	1077,85	1,62899		0,031840547	0,96815945
<i>Leadscrew</i>	1655,28	1,89845		0,153595363	0,84640464

2. Rekapitulasi *Consequence of Failure* dan Penilaian Risiko

Nilai risiko didapatkan berdasarkan dari perkalian nilai *probability of failure* dengan *system performance loss*.

Tabel 3- 11 Rekapitulasi *Consequence of Failure* dan Penilaian Risiko

Komponen	System Performance Loss		Q (T)	Risk (Rp)
<i>Toolpost</i>	Rp	3.491.639	0,99952062	Rp3.489.965
<i>Headstock</i>	Rp	2.436.280	0,96815945	Rp2.358.707
<i>Leadscrew</i>	Rp	1.799.284	0,84640464	Rp1.522.922

3.4.3. Risk Evaluation

Penentuan batas toleransi risiko dilakukan melalui tahap wawancara dengan *maintenance crew* di Departemen *Maintenance* PT Smart Teknik Utama. Perusahaan ini menetapkan batas toleransi risiko untuk setiap mesin sebesar 1% berdasarkan dari kapasitas produksi. Kapasitas produksi dihitung dari perkalian antara nilai *hourly rate* dengan periode selama 1 tahun dalam satuan jam.

Tabel 3- 12 *Risk Evaluation*

T (Jam)	Hourly Rate	Kapasitas Produksi	Total Risk	Persentase	Batas Toleransi Risk
2304	Rp260.417	Rp 600.000.000	Rp 7.371.595	1,2%	1%

Berdasarkan dari hasil perhitungan, nilai presentase risiko diperoleh sebesar 1,2% yang menggambarkan bahwa nilai tersebut melewati batas toleransi risiko yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 1%. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan *maintenance* lebih lanjut untuk meminimasi risiko dan membantu perusahaan melakukan kegiatan perawatan mesin agar lebih baik.

3.4.4. Perhitungan Interval Waktu *Preventive Maintenance*

Setelah dilakukan perhitungan nilai risiko, nilai presentase risiko yang didapatkan melewati batas toleransi yang telah ditetapkan oleh perusahaan maka perlu dilakukan perencanaan perawatan (*maintenance plan*). Perencanaan pemeliharaan adalah kegiatan pengelolaan *maintenance* yang dilakukan mempersiapkan rencana pemeliharaan [15]. Perencanaan perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan dengan melakukan perhitungan interval waktu perawatan pada mesin bubut. Perencanaan perawatan terbagi menjadi tiga yaitu *long range* (skala tahun), *medium range* (skala bulanan dalam satu tahun rencana), dan *short range* (skala harian dan mingguan) [16]. Berikut merupakan *maintenance plan* yang diusulkan untuk mesin bubut:

Tabel 3- 13 Usulan Interval Waktu *Preventive Maintenance*

Komponen	Interval eksisting (jam) / tahun	Usulan interval mesin bubut (jam) / tahun	Usulan interval (jam) / bulan	Usulan interval (jam) / minggu
<i>Toolpost</i>	72	78	6,5	1,6
<i>Headstock</i>				
<i>Leadscrew</i>				

4 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan data untuk komponen kritis terpilih menggunakan *risk matrix* dengan mempertimbangkan beberapa kriteria perhitungan *severity* dan *likelihood* membuktikan bahwa mesin bubut terdapat 4 komponen utama yang termasuk dalam komponen kritis yaitu *toolpost*, *headstock*, *leadscrew*. Penerapan metode *risk based maintenance*, dengan pengukuran kualitatif dan kuantitatif yang dilakukan dengan total biaya yang diakibatkan oleh risiko pada komponen *toolpost* sebesar Rp 3.489.965, komponen *headstock* sebesar Rp 2.358.707, dan komponen *leadscrew* sebesar Rp 1.522.922. Sehingga didapatkan total biaya risiko dari kemungkinan terjadi kerusakan pada komponen kritis mesin bubut apabila tidak melakukan kegiatan *preventive maintenance* sebesar Rp 7.371.595 atau nilai presentase risiko sebesar 1,2% yang diterima oleh PT Smart Teknik Utama dan nilai tersebut melewati batas toleransi perusahaan sehingga diperlukan *maintenance planning* lebih lanjut. Berdasarkan dari hasil perhitungan interval waktu *preventive maintenance* yang ditujukan sebagai usulan pada perusahaan adalah 78 jam dalam setahun dengan skala bulan sebesar 6,5 jam dan skala minggu sebesar 1,6 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Meiriza, N. A. Supratman, and F. Tatas, "RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DAN LIFE CYCLE COST (LCC) MAINTENANCE POLICY DESIGN OF VIBRO MACHINE USING RISK BASED MAINTENANCE (RBM) METHOD AND LIFE CYCLE COST (LCC) Total Downtime Mesin Vibro," vol. 4, no. 2, pp. 2673–2680, 2017.
- [2] F. I. Khan and M. M. Haddara, "Risk-based maintenance (RBM): A quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 16, no. 6, pp. 561–573, 2003.
- [3] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. 1997.
- [4] M. Sayuti, M. Siddiq, J. T. Industri, F. Teknik, and U. Malikussaleh, "Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT . Z," vol. 2, no. 1, pp. 9–13, 2013.
- [5] F. Tatas, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu di PT KSM, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. dan Ind.*, 2015.
- [6] British Standard, *BSI Standards Publication Maintenance — Maintenance terminology*. 2010.
- [7] A. Daryus, "Manajemen pemeliharaan mesin," 2007.
- [8] B. S. Dhillon, *Engineering Maintenance*. 2002.
- [9] A. R. Eliyus, D. J. Alhilman, and K. Kunci, "PENENTUAN UMUR MESIN SERTA JUMLAH MAINTENANCE CREW YANG OPTIMAL DENGAN METODE LIFE CYCLE COST (LCC) PADA MESIN PLASTIC INJECTION DAN SPINNING MANUAL (STUDI KASUS : PT . TOA GALVA INDUSTRIES)," no. Lcc, 2014.
- [10] M. Elmontsri, "Review of the Strengths and Weaknesses of Risk Matrices," *J. Risk Anal. Cris. Response*, vol. 4, no. 1, p. 49, 2014.
- [11] Standards Australia, *Risk Management*. 1999.
- [12] D. P. Restuputri, R. Prima, and D. Sari, "Analisis Kecelakaan Kerja Dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (Hazop)," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 1, pp. 24–35, 2015.
- [13] N. S. Arunraj and J. Maiti, "Risk-based maintenance-Techniques and applications," *J. Hazard. Mater.*, vol. 142, no. 3, pp. 653–661, 2007.
- [14] The City Of Unley, *Risk & Opportunity Management*, no. January. 2010.
- [15] A. C. Márquez, *The Maintenance Management Framework*. 2007.
- [16] S. O. D. BenDaya, Mohamed and D. A.-K. Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic, *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. 2009.