

OPTIMASI INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN ROTARI STORK DENGAN MENGUNAKAN METODE RISK-BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT KHARISMA PRINTEX BANDUNG

OPTIMIZATION INTERVAL TIME MAINTENANCE OF ROTARI STORK ENGINE USING RISK-BASED MAINTENANCE (RBM) METHOD IN PT KHARISMA PRINTEX

¹Ditya Dwi Astuti, ²Judi Alhilman, ³Sutrisno

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

Email : dityadwiastuti@gmail.com judi.alhilman@gmail.com sutrisno_mr@yahoo.com

Abstrak

PT. Kharisma Printex adalah sebuah perusahaan yang bergerak di industri tekstil yang memproduksi kain *printing* dan kain celup. Mesin utama yang digunakan dalam menunjang kegiatan produksinya yaitu mesin Rotari STORK. Jika mesin mengalami kerusakan dan mengakibatkan *breakdown* maka kegiatan produksi akan terhenti, sehingga PT. Kharisma Printex harus mampu mengetahui risiko-risiko yang didapat jika mesin tersebut mengalami kerusakan. Tingginya frekuensi kerusakan mesin Rotari STORK menimbulkan tingginya biaya perawatan dan risiko kerusakan yang merugikan. Oleh karena itu perlu dilakukan adanya kegiatan *preventive maintenance* secara optimal.

Berdasarkan *system breakdown structure*, terpilih *maintainable item* (MI) yaitu MI dancing roll, MI padder roll, MI roll kloth guider, MI pompa obat, MI blanket, MI beam, MI washer, MI main motor blanket, MI conveyor, MI dryer, MI blower, MI main motor conveyor, MI tension bar, MI dancing matic, MI roll platter dan MI main motor platter. *Maintainable item* tersebut selanjutnya dijadikan objek penelitian untuk penentuan optimasi interval waktu perawatannya menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM). Kegiatan perawatan yang optimal merupakan perawatan yang efektif dan efisien. Efektif ditandai dengan tingginya reliabilitas sistem, sedangkan efisien mengacu kepada kecilnya biaya perawatan dan risiko kerusakan yang kemungkinan muncul dari kegiatan perawatan yang sesuai dengan optimasi interval waktu perawatan.

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan interval waktu perawatan optimal yaitu jam 1440 untuk dancing roll, 1440 jam untuk padder roll, 1080 untuk roll kloth guider, 540 jam untuk pompa obat, 540 jam untuk blanket, 480 jam untuk beam, 1080 untuk washer, 480 jam untuk main motor blanket, 1080 untuk conveyor, 720 untuk dryer, 720 untuk blower, 480 untuk main motor conveyor, 1080 untuk tension bar, 1440 untuk dancing matic, 1440 untuk roll platter dan 540 untuk main motor platter dengan nilai reliabilitas antara 0,3 sampai dengan 0,5. Kegiatan interval waktu perawatan usulan ini memberikan total risiko sebesar Rp 55.565.323,60 lebih kecil dibandingkan dengan total risiko perawatan *existing* yaitu sebesar Rp 102.754.312,77.

Kata Kunci : reliabilitas, RBM, *preventive maintenance*, *maintainable item*, optimasi interval waktu perawatan

Abstract

PT. Printex Kharisma is a company engaged in the textile industry which produces fabric printing and dyeing cloth. The main engine is used to support production activities which STORK Rotari engine. If the machine was failed and lead to breakdown the production activities will be halted, so PT. Printex Kharisma must be able to know the risks that come if the machine is failed. The high frequency STORK Rotari engine failure lead to high maintenance costs and the risk of adverse failure. Therefore it is necessary to do the preventive maintenance activities optimally.

Based system breakdown structure, selected maintainable item (MI), namely MI dancing roll, roll padder MI, MI roll kloth guider, MI pompa obat, MI blanket, MI beam, MI washer, MI main motor blanket, MI conveyor, MI dryer, MI blower, MI main motor conveyor, MI tension bar, MI dancing matic, roll platter MI and main motor platter MI. The next item is maintainable as object of study for the determination of the maintenance time interval optimization using Risk-Based Maintenance (RBM). Optimal maintenance activities are effective and efficient care. Effective characterized by high reliability of the system, while referring to his efficient care costs and the risk of damage that may arise from maintenance activities in accordance with the optimization of maintenance intervals.

Based on the results of data processing, it was found that the optimal maintenance time intervals for dancing roll 1440 hours, 1440 hours to padder roll, 1080's roll kloth guider, 540 hours for pompa obat, 540 hours for blanket, 480 hours for beam, 1080 to washer, 480 hours for main motor blanket, 1080 for conveyor, 720 for dryer, 720 for blower, 480 for main motor conveyor, 1080 for the tension bar, 1440 for dancing matic, 1440 to roll platter and

540 for main motor platter with reliability value between 0, 3 to 0.5. Activity maintenance intervals this proposal gives a total risk of Rp 55,565,323.60 less than the total risk of the existing maintenance that is Rp 102,754,312.77

Keywords : *reliability, RBM, preventive maintenance, maintainable item, optimization interval time maintenance*

I. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang berkembang cukup pesat di Indonesia. Menteri Perindustrian menyatakan industri Tekstil dan Produk Tekstil mampu mempertahankan surplus rata-rata senilai 4,3 miliar Dolar AS dengan kontribusi ekspornya di atas 10% terhadap total ekspor industri nasional. Kontribusi produk tekstil terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) industri pengolahan non migas mencapai 8,67%. Dalam hal tenaga kerja industri ini mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 10,6% dari total tenaga kerja industri manufaktur. Padahal neraca perdagangan nasional mengalami defisit sejak tahun 2012. Industri tekstil mempunyai peran penting di dalam perekonomian Indonesia. persaingan industri tekstil di pasar dunia cenderung semakin ketat. Kementerian Perindustrian memastikan, industri tekstil Indonesia tengah bersaing ketat dengan industri serupa di China. (<http://www.kemenperin.go.id>)

PT. Kharisma Printex adalah sebuah perusahaan manufaktur di bidang tekstil. Perusahaan ini berdiri sejak tahun 1990 dan bertempat di Bandung, Jawa Barat. Perusahaan ini merupakan industri tekstil yang memproduksi kain *printing* dan kain celup. Kain *printing* ini dapat berbagai Gambar dan motif di kain *printing* ini dapat sesuai keinginan atau *request* dari pelanggan, begitu pun dengan kain celup pelanggan dapat order warna kainnya sesuai dengan keinginan. Produk yang dihasilkan oleh PT. Kharisma Printex ini juga diekspor ke luar negeri salah satunya ke China. Produk yang dihasilkan pun diakui berkualitas baik terbukti dengan adanya sertifikasi dari KAN (Komite Akreditasi Nasional).

Menurut frekuensi kerusakan mesin periode Januari 2013 – Desember 2014, mesin *printing* Rotari STORK yang paling banyak mengalami kerusakan. Dalam proses produksi kain *printing*, mesin Rotari STORK merupakan mesin utama yang digunakan. Mesin Rotari STORK ini beroperasi selama 24 jam dan hanya 1 hari di hari jumat dalam seminggu berhenti beroperasi untuk dilaksanakan *preventive maintenance*. Jika mengalami kerusakan maka seluruh proses produksi akan terhenti. Umur dari mesin Rotari STORK ini sudah cukup tua dari tahun 1991.

Dalam mengatasi terjadinya kerusakan mesin perusahaan mempunyai kebijakan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* dilaksanakan setiap 1 bulan. *Preventive maintenance* yang dilakukan tidak memperhatikan distribusi kerusakan. Walaupun telah diterapkan *preventive maintenance* masih terdapat beberapa mesin yang mengalami kerusakan.

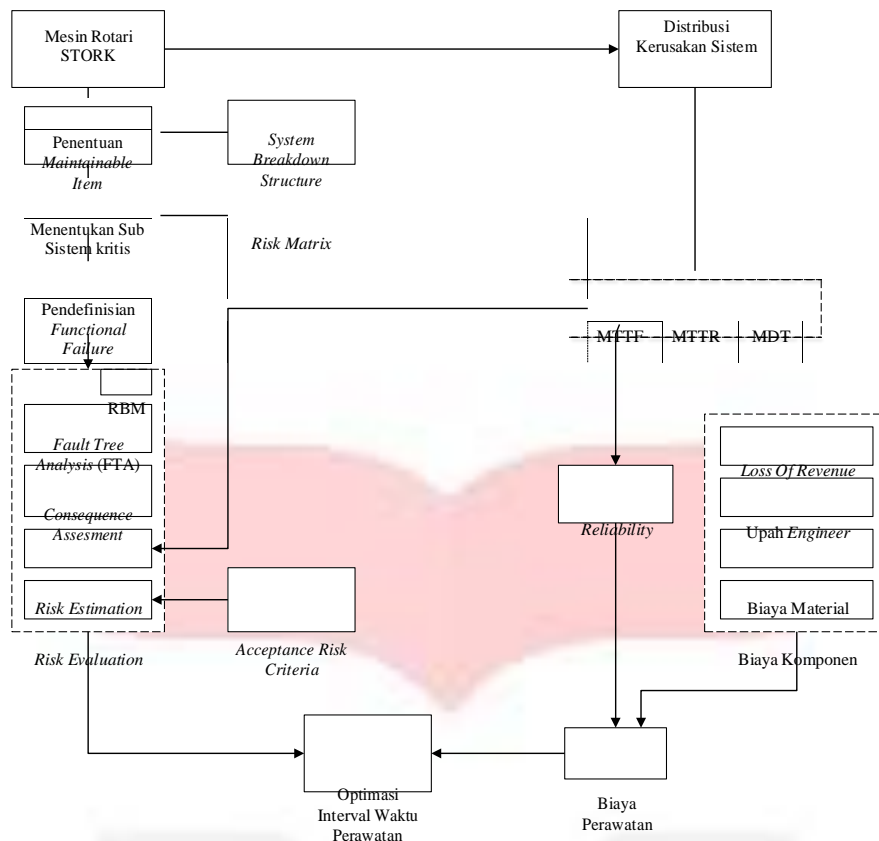
Setelah berdiskusi dengan Kepala Bagian *maintenance* maka ditetapkan objek dari penelitian ini yaitu mesin Rotari STORK. Mesin Rotari STORK adalah mesin utama yang digunakan dalam produksi kain *printing*. Berdasarkan data alasan dari terpilihnya mesin tersebut menjadi objek penelitian karena mesin Rotari STORK adalah mesin kritis atau yang paling sering terjadi kerusakan dan jika mesin ini rusak maka semua kegiatan produksi ini akan terhenti yang akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar.

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu RBM (*Risk-Based Maintenance*). Metode ini diperkenalkan oleh Faisal Khan dan Mahmoud Haddara, dimana metode ini dapat memberikan usulan berupa perencanaan perawatan mesin yang optimal, dengan mempertimbangkan risiko-risiko yang dapat terjadi akibat kegagalan dari mesin Rotari STORK.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 menunjukkan model konseptual pada penelitian ini. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan objek penelitian yaitu mesin Rotari STORK. Setelah itu menentukan yang menjadi fokus penelitian yaitu *maintainable item* dari mesin Rotari STORK yang telah didapatkan dari *system breakdown structure*. Kemudian dilakukan penentuan sub sistem kritis berdasarkan menggunakan *risk matrix*.

Setelah dilakukan penentuan sub sistem kritis maka selanjutnya dilakukan pengukuran kuantitatif. Pengukuran ini menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM) dimana menghitung tingkat resiko dari kegagalan mesin. Analisis resiko ini mempertimbangkan kemungkinan kerugian yang akan ditanggung perusahaan meliputi faktor finansial dan kinerja sistem. Awal dari metode RBM ini dengan mendefinisikan peluang terjadinya kegagalan menggunakan FTA lalu menentukan konsekuensi, memperkirakan risiko dan mengevaluasi risiko berdasarkan kriteria yang diinginkan. Kemudian dilakukan optimalisasi interval waktu perawatan berbasis metode *Risk- Based Maintenance*.



Gambar 1 Model Konseptual

II.1 TAHAP PENGUMPULAN DATA

Adapun data-data yang harus dikumpulkan meliputi :

1. Data deskripsi mesin Rotari STORK beserta system dan komponennya.
2. Data kegiatan perawatan eksisting.
3. Data *downtime* mesin
4. Data *Time To Failure*
5. Data *Time To Repair*
6. Data harga komponen
7. Data biaya material
8. Data upah *engineer*

II.2 TAHAP PENGOLAHAN DATA

Pengukuran ini dilakukan berdasarkan data *time to failure* (TTF), *downtime* (DT) dan *time to repair* (TTR) dari komponen-komponen untuk selanjutnya digunakan untuk menentukan distribusi TTF, DT dan TTR dari subsistem tersebut. TTF dan TTR digunakan untuk menentukan parameter reliabilitas dan *maintainability*, yakni *mean time to failure* (MTTF), *mean downtime* (DT) dan *mean time to repair* (MTTR).

1. System Breakdown Structure

Dalam menentukan sistem kritis, pertama melakukan *breakdown structure system* terlebih dahulu kemudian mengukurnya dengan pengukuran kualitatif. Sedangkan pengukuran subsistem kritis menggunakan pengukuran kuantitatif yaitu berdasarkan hasil perhitungan laju kegagalan atau *failure rate* tertinggi.

2. Penentuan Sub Sistem Kritis

3. Pengujian Distribusi Time To Failure, Downtime dan Time To Repair

Pada tahap ini akan diidentifikasi karakteristik distribusi waktu antar kerusakan (TTF), *downtime* (DT) dan waktu perbaikan (TTR). Uji distribusi ini dilakukan menggunakan uji Anderson Darling dengan menggunakan *software* Minitab 17. Pada uji distribusi ini akan dilakukan perbandingan antara distribusi normal, eksponensial, dan weibull. Distribusi yang memiliki nilai AD terkecil dan *P-value* > 0,05 (tingkat kepercayaan 95%), maka distribusi tersebut yang akan terpilih dan akan mewakili data TTF dan TTR.

4. Penentuan Parameter Distribusi Time To Failure, Downtime dan Time To Repair

Setelah dilakukan uji distribusi yang mewakili, maka dilakukan penentuan parameter dari distribusi TTF, DT dan TTR yang terpilih menggunakan bantuan *software* Avsim+ 9.0. Setiap distribusi memiliki parameter yang berbeda-beda. Untuk distribusi eksponensial parameter diwakili oleh μ , untuk distribusi normal diwakili oleh μ dan σ , sedangkan untuk distribusi Weibull diwakili oleh β , γ , dan η .

5. Penentuan Parameter Reliabilitas Sistem

Penentuan Parameter Reliabilitas Sistem dilakukan berdasarkan distribusi yang mewakili yang sebelumnya telah didapatkan.

6. Consequence Assesment

Tahap ini dilakukan perhitungan konsekuensi potensial dari skenario kegagalan yang telah disusun sebelumnya. Kegagalan dari subsistem kritis akan menimbulkan berbagai konsekuensi yang harus diperhitungkan, seperti *time lost*, biaya komponen, upah *engineer* dan biaya material. Ketiga konsekuensi ini dinyatakan dalam bentuk rupiah agar diketahui urutan prioritas dari konsekuensi yang ada.

7. Risk Estimation

Risk estimation ini dilakukan perkiraan total risiko yang ditimbulkan dari kegagalan subsistem kritis terpilih. Perkiraan ini didasarkan pada hasil analisis konsekuensi dan analisis kegagalan probabilistik menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*). Total risiko meliputi faktor kerugian finansial, lingkungan dan kinerja sistem. Namun dalam kerusakan mesin hanya mengakibatkan kerugian kinerja sistem dan kerugian finansial.

8. Risk Evaluation

Melakukan evaluasi resiko yang ditimbulkan dengan mengacu pada kriteria penerimaan. Penentuan kriteria penerimaan menggunakan hasil wawancara dengan narasumber yang kompeten dalam kegiatan *maintenance* mesin Rotari STORK. Jika terdapat resiko yang melebihi kriteria penerimaan, maka dilakukan analisis lebih lanjut dengan tujuan mengurangi resiko tersebut.

9. Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Perhitungan interval waktu perawatan berdasarkan data *mean time to failure* (MTTF), *mean downtime* (MDT) dan *mean time to repaired* (MTTR) dari setiap mesin. Tujuan interval waktu perawatan ini adalah untuk mengetahui kapan dan berapa lama jangka waktu seharusnya perawatan dilakukan terhadap mesin tertentu dari satu perawatan ke perawatan berikutnya. Hasil dari perhitungan ini dapat digunakan sebagai acuan waktu untuk pelaksanaan *preventive maintenance*.

II.3 Tahap Akhir

II.3.1 Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data. Keluaran yang didapatkan dari perhitungan dengan metode RBM adalah jumlah total biaya perawatan dan resiko serta jumlah optimasi interval perawatan.

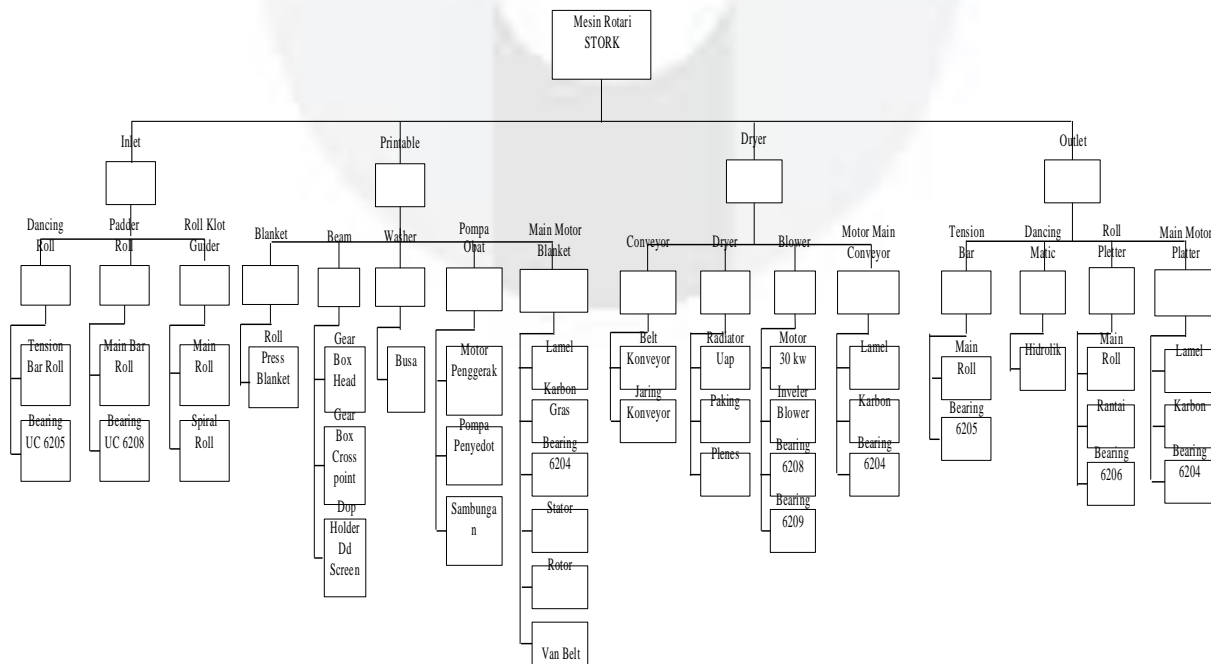
II.3.2 Kesimpulan

Pada tahap ini akan dipaparkan kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah di awal penelitian ini.

III HASIL PERANCANGAN DAN ANALISIS

III.1 Penentuan System Breakdown Structure (SBS)

Tahap awal pengolahan data berdasarkan pengukuran kualitatif yang akan dilakukan yaitu penentuan *system breakdown structure* (SBS). *System breakdown structure* bermanfaat untuk mempermudah penulis dalam mengidentifikasi mesin atau objek penelitian dalam bentuk *levelling* yang dimulai dari sistem hingga komponen penyusun mesin. Berikut ini merupakan SBS dari mesin Rotari STORK PT Kharisma Printex Bandung :



III.1.1 Penentuan *Maintanable Item*

Setelah dilakukan penentuan *System Breakdown Structure* (SBS), maka selanjutnya dilakukan penentuan *Maintanable Item*. *Maintanable Item* merupakan item dari mesin Rotari STORK yang terdiri atas *assembly* dari berbagai macam komponen penyusun yang jika terdapat *failure* di dalamnya maka dapat dilakukan tindakan perbaikan. Pada penelitian ini, yang termasuk *maintanable item* yakni subsistem pada mesin Rotari STORK. Berikut ini merupakan daftar *maintanable item* pada mesin tersebut :

No.	Maintanable Item (Subsistem)
1.	Dancing Roll
2.	Padder Roll
3.	Kloth Guider Roll
4.	Blanket
5.	Beam
6.	Washer
7.	Pompa Obat
8.	Main Motor Blanket
9.	Conveyor
10.	Dryer
11.	Blower
12.	Main Motor Conveyor
13.	Tension Bar
14.	Dancing Matic
15.	Platter Roll
16.	Main Motor Platter

III.2 Penentuan *Subsystem Critically Assessment*

Selanjutnya dilakukan penentuan *subsystem critically assessment* dengan menggunakan metode *Risk Matrix*. Sebelum membuat *Risk Matrix*, peneliti harus membuat kategori dari frekuensi dan konsekuensi yang digunakan untuk evaluasi setiap subsistem pada mesin printing Rotari STORK. Selain itu, peneliti mengidentifikasi tingkat risiko yang merupakan kombinasi antara kategori dalam frekuensi dan konsekuensi.

	Safety			Environment			Production			Asset			Risk Tertinggi	Jenis Kategori
	L	C	Risk	L	C	Risk	L	C	Risk	L	C	Risk		
Dancing Roll	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	Low
Padder Roll	2	1	2	2	1	2	2	2	4	2	1	2	4	Low
Kloth Guider Roll	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	Low
Pompa Obat	5	1	5	5	5	25	5	2	10	5	2	10	25	High
Blanket	3	1	3	3	1	3	3	4	12	3	2	6	12	Medium
Beam	2	3	6	2	1	2	2	4	8	2	4	8	8	Medium
Washer	2	1	2	2	1	2	2	2	4	2	2	4	4	Low
Main Motor Blanket	5	1	5	5	1	5	5	4	20	5	3	15	20	High
Conveyor	2	1	2	2	1	2	2	2	4	2	1	2	4	Low
Dryer	3	1	3	3	1	3	3	3	9	3	2	6	9	Medium
Blower	2	2	4	2	1	2	2	3	6	2	1	2	6	Medium
Main Motor Conveyor	3	1	3	3	1	3	3	4	12	3	3	9	12	Medium
Tension Bar	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	Low
Dancing Matic	2	2	4	2	1	2	2	2	4	2	1	2	4	Low
Roll Platter	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	Low
Main Motor Platter	2	1	2	2	1	2	2	4	8	2	3	6	8	Medium

III.3 Uji Statistika

III.3.1 Uji Distribusi TTF dan TTR Maintainable Item

Uji distribusi dilakukan dengan melakukan uji Anderson Darling yang dibantu menggunakan *software* Minitab 17. Uji distribusi ini dilakukan dengan membandingkan distribusi normal, eksponensial, dan weibull. Distribusi yang memiliki nilai AD terkecil dan P-value > 0,05 (tingkat kepercayaan 95%) akan terpilih. Dari data TTF dan TTR tiap komponen didapatkan distribusi yang mewakili data tersebut.

III.3.2 Penentuan Parameter Distribusi TTF, DT dan TTR Maintainable Item

Setelah dilakukan uji distribusi yang mewakili, dilakukan penentuan parameter dari tiap komponen dengan distribusi yang terpilih menggunakan bantuan *software* Avsim+ 9.0. Adapun parameter distribusi dari tiap komponen berdasarkan *software* Avsim+ 9.0 dapat dilihat pada LAMPIRAN. Berikut ini hasil *plotting* data TTF dan TTR untuk setiap *maintainable item* parameter distribusi TTF dan TTR.

III.3.3 Penentuan Parameter Keandalan (MTTF)

Untuk mendapatkan MTTF, dilakukan perhitungan menggunakan parameter berdasarkan distribusi terpilihnya yang sebelumnya sudah didapatkan. Apabila distribusi yang terpilih adalah distribusi normal dan eksponensial maka μ merupakan MTTF dari *Maintainable Item*. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull harus dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$MTTF = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dimana nilai $\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$ didapat dari $\Gamma(\cdot)$ = tabel fungsi Gamma.

Berikut ini adalah contoh perhitungan MTTF untuk distribusi normal dan Weibull :

1. Distribusi Weibull

Diketahui : Pompa Obat memiliki distribusi Weibull, dengan parameter $\eta = 504,073$ dan $\beta = 1,00884$.

Maka :

$$MTTF = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$= 504,073 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,00884} \right)$$

$$= 504,073 \cdot \Gamma(1,99124)$$

Berdasarkan tabel Gamma $\Gamma(1,99124) = 0,99581$, sehingga didapatkan:

$$MTTF = 504,073 \times 0,99581 = 501,961 \text{ jam}$$

III.3.4 Penentuan MDT dan MTTR

Untuk mendapatkan MDT dan MTTR, dilakukan perhitungan menggunakan parameter berdasarkan distribusi terpilihnya yang sebelumnya sudah didapatkan. Apabila distribusi yang terpilih adalah distribusi normal dan eksponensial maka μ merupakan MDT dan MTTR dari *Maintainable Item*. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull harus dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$MTTR = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dimana nilai $\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$ didapat dari $\Gamma(\cdot)$ = tabel fungsi Gamma.

III.4 Risk-Based Maintenance

III.4.1 Perhitungan Peluang Kegagalan

Contoh perhitungan probabilitas kerusakan Q (T) pada *maintainable item* Dancing Roll :

Diketahui :

Distribusi Weibull, $\eta = 1614,08$, $\beta = 1,075294$, $t = 8640$

Maka :

$$P(Q) = 1 - P(T)$$

$$P(T) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{8640}{1614,08}\right)^{1,075294}} = 0,003159$$

$$P(Q) = 1 - 0,003159 = 0,996841$$

III.4.2 Perkiraan Konsekuensi dan Risiko

Berdasarkan ketentuan diatas dapat diperoleh perhitungan *system performance loss* untuk satu kali kerusakan pada *maintainable item* Dancing Roll sebagai berikut :

$$System\ Performance\ Loss\ (SPL) = (Mean\ Downtime \times Loss\ of\ Revenue) + (MTTR \times Biaya\ Engineer) + Biaya\ material + Harga\ komponen.$$

$$SPL = (4,379 \times \text{Rp } 600.000,00) + (1,00778 \times 23.120,00) + \text{Rp } 104.300,00 + \text{Rp } 150.000,00 = \text{Rp } 2.904.933,87$$

Setelah *system performance loss* didapatkan maka akan didapatkan biaya risiko yang akan ditanggung oleh PT Kharisma Printex. Berikut contoh perhitungan risiko untuk *maintainable item* Dancing Roll :

Diketahui :

$$\text{System performance loss Dancing Roll} = \text{Rp } 2.904.933,87$$

$$\text{Distribusi Weibul, } \eta = 1614,08, \beta = 1,075294$$

Maka :

- Probabilitas Kerusakan Q (T)

$$Q(T) = 1 - F(T)$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{8640}{1614,08}\right)^{1,075294}} = 0,003159$$

$$Q(T) = 1 - 0,003159 = 0,996841$$

$$\text{Risiko} = \text{Probabilitas kerusakan} \times \text{System Performance Loss}$$

$$\text{Risiko} = 0,996841 \times \text{Rp } 2.904.933,87 = \text{Rp } 2.895.742,62$$

III.4.3 Perhitungan Biaya Perawatan dan Risiko

Contoh perhitungan total biaya perawatan dan risiko *maintainable item* Dancing Roll sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Biaya PM} = \text{Rp } 208.153,33$$

$$\text{Distribusi} = \text{Weibull, } \eta = 1614,08, \beta = 1,075294$$

$$\text{System performance loss} = \text{Rp } 2.895.758,21$$

Maka:

1. Biaya Perawatan

- Jumlah Perawatan = $\frac{8640}{2160} = 4$ kali perawatan

- Biaya Perawatan = Jumlah perawatan x Biaya PM
= 4 x Rp 208.153,33 = Rp 832.613,33

2. Risiko

- Probabilitas Kerusakan

$$Q(T) = 1 - F(T)$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{2160}{1614,08}\right)^{1,075294}} = 0,237069$$

$$Q(T) = 1 - 0,237069 = 0,762931$$

$$\text{Risiko} = \text{Probabilitas kerusakan } Q(T) \times \text{System Performance Loss}$$

$$\text{Risiko} = 0,762931 \times \text{Rp } 2.887.600,34 = \text{Rp } 2.215.970,98$$

3. Total Biaya Perawatan dan Risiko

$$\text{Total Biaya} = \text{Biaya perawatan} + \text{risiko}$$

$$= \text{Rp } 832.613,33 + \text{Rp } 2.215.970,98 = \text{Rp } 3.048.584,31$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh total biaya perawatan dan risiko dalam interval waktu 8640 jam untuk *maintainable item* Dancing Roll Rp 3.048.584,31

IV. KESIMPULAN

1. Perhitungan konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan *maintainable item* mesin Rotari STORK dilakukan menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM). Rekapitulasi perhitungan konsekuensi *maintainable item* dilihat pada tabel VI-1.

Tabel Konsekuensi Kerusakan Maintainable Item

No	Maintainable Item	System Performance Loss
1	Dancing Roll	Rp 2.904.933,87
2	Padder Roll	Rp 3.589.855,51
3	Kloth Guider Roll	Rp 3.371.002,66
4	Pompa Obat	Rp 7.582.589,36
5	Blanket	Rp 8.070.510,96
6	Beam	Rp 19.587.306,35

No	Maintainable Item	System Performance Loss
7	Washer	Rp 3.167.052,84
8	Main Motor Blanket	Rp 12.903.402,19
9	Conveyor	Rp 3.193.654,10
10	Dryer	Rp 7.165.728,52
11	Blower	Rp 8.281.035,14
12	Main Motor Conveyor	Rp 12.809.872,41
13	Tension Bar	Rp 3.254.941,72
14	Dancing Matic	Rp 2.797.425,61
15	Roll Platter	Rp 3.318.666,37
16	Main Motor Platter	Rp 12.189.690,61

2. Perhitungan optimasi interval waktu perawatan mesin Rotari STORK menggunakan kriteria minimasi biaya perawatan dan risiko. Perbandingan total biaya perawatan dan risiko tiap alternatif perawatan dapat dilihat pada tabel VI-2

Tabel Perbandingan Perawatan Existing dan Usulan

Kondisi	Biaya Perawatan	Risiko	% Risiko	Total
Existing	Rp 15.972.128,00	Rp 102.754.312,77	1,98%	Rp 118.726.440,77
Usulan I	Rp 39.479.463,41	Rp 70.742.532,76	1,36%	Rp 110.221.996,17
Usulan II	Rp 48.879.018,67	Rp 55.565.323,60	1,07%	Rp 104.444.342,27

3. Interval waktu perawatan optimal merupakan interval waktu yang menghasilkan total biaya perawatan dan risiko yang minimum serta nilai reliabilitas yang tinggi dan dapat meminimasi *downtime*. Berdasarkan parameter tersebut, maka alternatif perawatan terbaik adalah alternatif usulan II dengan rincian seperti pada tabel berikut

Tabel Rincian Interval Waktu Perawatan Optimal

Interval Waktu	Maintainable Item	Biaya Perawatan	Risiko	Total
1440	Dancing Roll	Rp 1.248.920,00	Rp 1.791.897,63	Rp 3.040.817,63
1440	Padder Roll	Rp 1.248.920,00	Rp 2.767.284,51	Rp 4.016.204,51
1080	Kloth Guider Roll	Rp 1.665.226,67	Rp 2.041.679,34	Rp 3.706.906,00
540	Pompa Obat	Rp 3.330.453,33	Rp 5.009.489,66	Rp 8.339.942,99
540	Blanket	Rp 4.033.280,00	Rp 1.614.362,51	Rp 5.647.642,51
480	Beam	Rp 7.416.120,00	Rp 6.201.483,72	Rp 13.617.603,72
1080	Washer	Rp 1.351.978,67	Rp 1.840.768,27	Rp 3.192.746,94
480	Main Motor Blanket	Rp 5.145.312,00	Rp 9.089.999,45	Rp 14.235.311,45
1080	Conveyor	Rp 1.601.226,67	Rp 2.041.679,34	Rp 3.642.906,00
720	Dryer	Rp 3.274.208,00	Rp 4.831.338,59	Rp 8.105.546,59

Interval Waktu	Maintainable Item	Biaya Perawatan	Risiko	Total
720	Blower	Rp 3.744.080,00	Rp 3.600.135,56	Rp 7.344.215,56
480	Main Motor Conveyor	Rp 5.616.120,00	Rp 2.329.918,63	Rp 7.946.038,63
1080	Tension Bar	Rp 1.665.226,67	Rp 1.805.195,16	Rp 3.470.421,82
1440	Dancing Matic	Rp 1.248.920,00	Rp 1.614.362,51	Rp 2.863.282,51
1440	Roll Platter	Rp 1.296.920,00	Rp 2.287.143,78	Rp 3.584.063,78
540	Main Motor Platter	Rp 4.992.106,67	Rp 6.698.584,94	Rp 11.690.691,61
Total		Rp 48.879.018,67	Rp 55.565.323,60	Rp 104.444.342,27

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, J. (1998). *Fault Tree Analysis*. UK: Loughborough University.
- Commission, U. N. (1981). *Fault Tree Handbook*. Washington D.C: Nuclear Regulatory Research.
- Corder, A. S. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Dhilon, B. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Florida: CRC Press.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Foster, S. T. (2004). *Managing Quality : An Integrative Approach*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Higgins, Linley, & Wikoff. (2008). *Maintenance Engineering Handbook*. United States of America: Mc Graw-Hill.
- Khan, F. I., & Haddara, M. (2004). Risk-Based Maintenance (RBM) : A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance. *Process Safety Progress (Vol.23, No.4)*, 252-265.
- Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2003). Risk-Based Maintenance (RBM) : A Quantitative Approach for Maintenance/Inspection Scheduling and Planning. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries 16*, 561-573.
- Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2004). Risk-Based Maintenance of Ethylene Oxide Production Facilities. *Journal of Hazardous Materials A108*, 147-159.
- Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2005). Development of A Risk-Based Maintenance (RBM) Strategy for A Power-Generating Plant. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries 18*, 69-81.
- Silwana, O. (2011). *Penentuan Perencanaan Perawatan Mesin Cetak Gross Community Menggunakan Metode Risk-Based Maintenance (RBM)*. Bandung: Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom.