

USULAN PENENTUAN KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN ROTARI STORK DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) DI PT KHARISMA PRINTEX BANDUNG

PROPOSED DETERMINATION MAINTENANCE POLICY OF ROTARI STORK MACHINE USING RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) IN PT KHARISMA PRINTEX BANDUNG

¹Amanah Ansarullah, ²Judi Alhilman, ³Sutrisno

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

Email : ¹amanahansarullah@gmail.com ²judi.alhilman@gmail.com ³sutrisno_mr@yahoo.com

Abstrak

PT Kharisma Printex merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang tekstil yang memproduksi kain *printing* siap pakai polos dan bermotif serta kain celup. Dalam menjalankan proses produksi tersebut, mesin yang digunakan tentunya memegang peranan penting agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dengan jumlah atau target yang sesuai dengan kapasitas produksi mesin. Salah satu mesin yang memiliki peran sangat penting yakni mesin *printing* Rotari STORK.

Penentuan kebijakan perawatan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) untuk level *maintainable item* pada mesin. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RCM dan penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA), didapatkan 3 kebijakan untuk seluruh *maintainable item* mesin Rotari STORK yang meliputi *scheduled on-condition*, *scheduled restoration* dan *scheduled discard task*. Terdapat 2 *maintainable item* yang termasuk ke dalam kebijakan *scheduled on-condition*, 8 *maintainable item* dengan *scheduled restoration* dan 6 *maintainable item* dengan *scheduled discard*. Interval waktu perawatan untuk masing-masing komponen ditentukan berdasarkan kebijakan perawatannya dengan mempertimbangkan karakteristik kerusakan, parameter distribusi dan biaya perawatan. Total biaya untuk perawatan eksisting adalah Rp. 15.805.962. Dan total biaya untuk mengimplementasikan perawatan usulan adalah Rp. 41.165.500. Dengan mengimplementasikan kegiatan perawatan usulan, perusahaan dapat melakukan kegiatan perawatan hingga level komponen dan menyeluruh.

Kata Kunci : *maintainable item, reliability centered maintenance II, scheduled task*

Abstract

PT Kharisma Printex is company that produced printing textile cloth and dyed fabrics. In carrying out the production process, machine certainly used is important rules so that the products produced in accordance with specifications set by the number or targets in accordance with the production capacity of the machine. One of machine that has a very important role that Rotary STORK printing machine. This shows that the rotary engine STORK require greater attention because Rotary STORK machine is the most often damaged and if the machine is damaged then all this will cease production activities which would result in financial losses for PT Kharisma Printex.

Determination of effective treatment policies carried out by using Reliability Centered Maintenance (RCM II) to level maintainable items on the machine. Based on the results of data processing using RCM, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Logic Tree Analysis (LTA) obtained 3 policies for the entire maintainable items Rotary STORK machine that include scheduled on-condition, scheduled restoration and scheduled discard task. There are 2 maintainable items included into policy scheduled on-condition, 8 maintainable items with Scheduled restoration and 6 maintainable items with scheduled discard. Treatment time interval for each component is determined based treatment policy taking into account the characteristics of the damage, the parameter distribution and maintenance costs. The total cost for existing treatments is Rp. 15.805.962. And the total costs to implement the proposed treatment is Rp 41.165.500. By implementing the proposed maintenance activities, companies can perform maintenance activities to the component level and thoroughly.

Keywords : *maintainable item, reliability centered maintenance II, scheduled task*

I. PENDAHULUAN

PT Kharisma Printex merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang tekstil yang memproduksi kain *printing* siap pakai polos dan bermotif serta kain celup. PT Kharisma Printex yang terletak di Jalan Holis No.461, Bandung, Jawa Barat ini telah berdiri sejak 1 Februari 1990. Perusahaan yang berdiri di atas lahan seluas 5350m² ini mampu memproduksi hingga 100 ton kain *printing* maupun kain celup per bulannya. PT Kharisma Printex menerapkan 2 sistem produksi yakni *make to stock* dan *make to order*. Untuk sistem produksi *make to stock* maka PT Kharisma Printex menyediakan *inventory* kain jadi dan kain celup baik yang bermotif maupun polos untuk kemudian didistribusikan dan dijual kepada pelanggan. Adapun untuk sistem produksi *make to order*, maka PT Kharisma Printex akan menghasilkan produk tertentu sesuai dengan jumlah dan jenis permintaan pelanggan.

Kain yang dikirim oleh distributor kain maupun pelanggan berupa kain rajut berbahan kapas dan campuran polyester-kapas dengan komposisi bahan yang berbeda-beda serta juga dapat berupa kain *grey*, yaitu kain yang masih setengah jadi dan harus melalui proses pemutihan kain terlebih dahulu sebelum diolah lebih lanjut. Dalam menjalankan proses produksi tersebut, mesin yang digunakan tentunya memegang peranan penting agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dengan jumlah atau target yang sesuai dengan kapasitas produksi mesin.

Pada rantai produksi dengan skala besar, biasanya mesin diharapkan dapat beroperasi secara terus-menerus, selalu dalam kondisi kinerja yang baik dan tingkat kerusakan yang rendah. Dengan tuntutan kondisi beroperasi seperti di atas, maka diperlukan kegiatan perawatan yang tepat dan efektif yang dapat menjamin mesin selalu dalam kondisi operasional yang baik dan juga dapat mencegah terjadinya kerusakan yang fatal pada mesin tersebut. Kerusakan fatal yang biasanya terjadi yaitu proses perbaikan yang lama yang dapat menghambat jalannya proses produksi atau terjadinya musibah yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia.

Berdasarkan data di atas didapatkan hasil bahwa mesin yang memiliki frekuensi kerusakan terbesar yakni mesin *printing* Rotari STORK dengan frekuensi kerusakan sebesar 58 kali. Hal ini menunjukkan bahwa mesin Rotari STORK membutuhkan perhatian yang lebih besar karena mesin Rotari STORK merupakan mesin yang paling sering mengalami kerusakan dan jika mesin ini rusak maka semua kegiatan produksi ini akan terhenti yang akan mengakibatkan kerugian yang finansial bagi PT Kharisma Printex. Mesin ini juga harus tetap dalam kondisi yang stabil agar mesin tersebut menjalankan fungsinya dengan baik dan dapat menjalankan kegiatan produksi sesuai dengan target yang telah ditentukan sehingga tidak menghambat proses produksi yang sedang berlangsung.

Pada rantai produksi PT. Kharisma Printex, terdapat mesin *printing* yaitu mesin Rotari STORK yang digunakan untuk mencetak kain putih atau kain *grey* menjadi kain bermotif sesuai dengan pola yang diminta oleh pelanggan. Mesin Rotari STORK beroperasi selama 24 jam dalam sehari yang dimulai dari hari Senin hingga Minggu terkecuali Jumat dikarenakan adanya jadwal *maintenance* rutin per minggu yang diadakan oleh divisi *Maintenance*. *Maintenance* ini ditujukan agar kerusakan mesin secara tiba-tiba dapat diminimalisir dan fungsi operasional mesin dapat terjaga.

Kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan PT Kharisma Printex berupa penggantian oli, pemberian greasing dan mavic serta penggantian bearing didasarkan kepada penjadwalan perawatan yang dilakukan 3 bulan sekali tanpa memperhatikan usia komponen mesin Rotari STORK dan *record failure maintainable item* yang telah terpasang sebelumnya. Perusahaan juga tidak menentukan jadwal *maintenance* yang sesuai untuk komponennya. Hal ini berakibat kepada tingginya *corrective maintenance* yang juga dapat menyebabkan tingginya biaya perawatan, *downtime* dan risiko kerugian finansial perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan perbaikan kegiatan *maintenance* yang lebih efektif bagi mesin Rotari STORK dan juga optimasi penentuan waktu perawatan mesin dengan pertimbangan risiko yang akan muncul pada penentuan interval perawatan berbasis metode *Reliability-Centered Maintenance II* (RCM II).

II. LANDASAN TEORI

II.1 Reliability-Centered Maintenance II (RCM II)

Menurut Moubray (1991), dalam bukunya *Reliability Centered Maintenance II*, *Reliability Centered Maintenance* didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan kebutuhan *maintenance* pada aset fisik di dalam konteks operasionalnya. Beberapa tujuan utama dari RCM adalah sebagai berikut:

1. Untuk membangun prioritas berkaitan dengan desain yang dapat mendukung kegiatan *preventive maintenance*.
2. Untuk mendapatkan informasi yang bermanfaat untuk meningkatkan desain komponen yang terbukti reliabilitasnya tidak memuaskan.
3. Untuk mengembangkan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan *preventive maintenance* yang dapat mengembalikan reliabilitas dan keamanan peralatan pada level yang sesungguhnya ketika peralatan atau sistem tersebut mengalami kemunduran.
4. Untuk mencapai tujuan-tujuan di atas pada total biaya minimum.

Menurut Moubray (1991), sebuah proses disebut sebagai proses RCM jika memenuhi 7 pertanyaan dasar dan prosesnya berlangsung sesuai dengan urutan pertanyaan tersebut. 7 pertanyaan dasar tersebut adalah sebagai berikut :

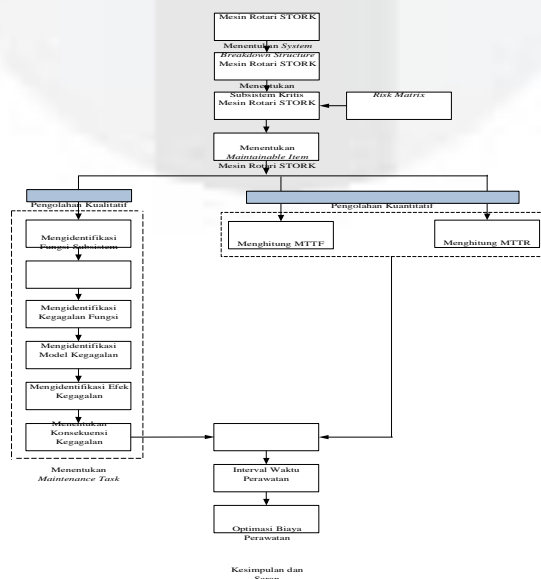
1. *What are the functions and associated performance standards of the asset in its present operating context?*
2. *In what ways does it fail to fulfil its function?*
3. *What causes each functional failure?*
4. *What happens when each failure occurs?*
5. *In what way does each failure matter?*
6. *What can be done to prevent each failure?*
7. *What should be done if a suitable preventive task cannot be found?*

II.2 Preventive Maintenance Tasks

RCM membagi *preventive tasks* ke dalam 4 kategori :

1. **Time Based Maintenance**
Time Based Maintenance adalah *Periodic Maintenance* dan *Inspection*. *Periodic Maintenance* adalah *preventive maintenance* yang dilakukan secara terjadwal dan bertujuan untuk mengganti suatu komponen atau sistem berdasarkan rentang waktu tertentu yang terdiri atas *scheduled restoration* dan *scheduled discard*. Sedangkan *Inspection* merupakan *preventive maintenance* yang dilakukan berdasarkan dengan membuka mesin dan memeriksa sumbatan maupun karat yang terjadi di dalam mesin.
2. **Condition Based Maintenance**
Condition Based Maintenance adalah *preventive maintenance* yang dilakukan berdasarkan kondisi tertentu dari suatu komponen atau sistem. *Condition based maintenance* biasa disebut dengan *predictive maintenance* ataupun *on-condition task*. Tujuan dari *condition based maintenance* untuk mengantisipasi komponen atau sistem agar tidak mengalami kerusakan. Kegiatan perawatan ini dilakukan apabila variabel waktu tidak diketahui secara pasti. *Condition Based Maintenance / Predictive Maintenance / On-Condition Task* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan menggunakan sistem *monitoring* di antaranya pengukuran suara, analisis getar dan sebagainya..
3. **Failure Finding**
Failure finding merupakan kegiatan *preventive maintenance* yang bertujuan untuk menemukan kegagalan yang tersembunyi dengan cara memeriksa fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk memastikan kapan suatu komponen mengalami kegagalan
4. **Run to Failure**
Run to Failure disebut juga *No Scheduled Maintenance* dilakukan apabila tidak ada tindakan pencegahan yang efektif dan efisien yang dapat dilakukan. Apabila dilakukan pencegahan, akan membutuhkan banyak biaya atau dampak dari kegagalannya tidak terlalu berpengaruh. Perawatan ini termasuk dalam *preventive maintenance*, karena merupakan kesengajaan dalam membiarkan perangkat mengalami kerusakan.

III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar III- 1 Model Konseptual

IV.1 TAHAP PENGUMPULAN DATA

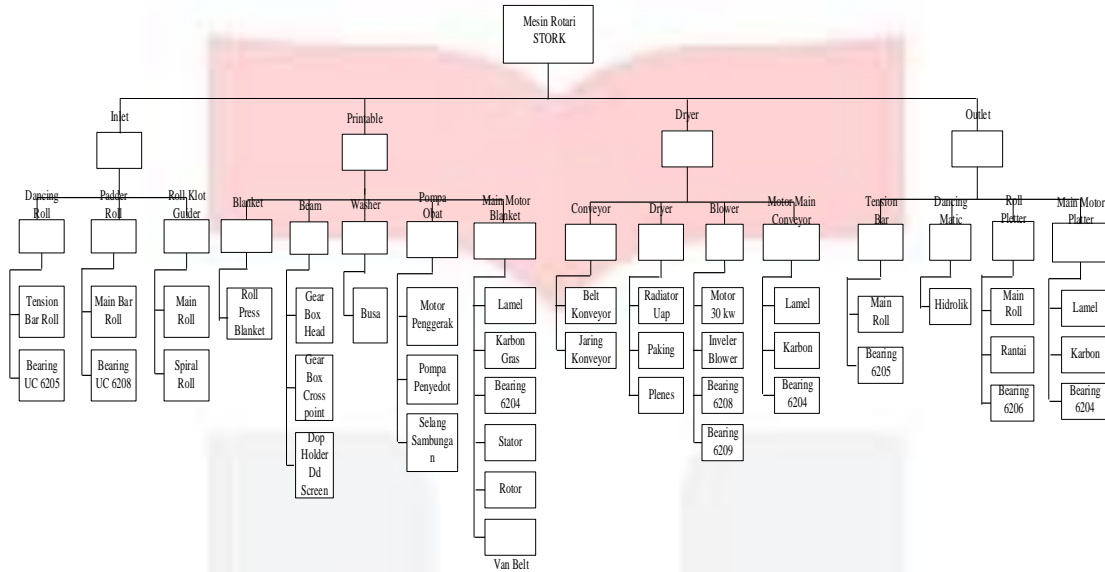
Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain kegiatan perawatan eksisting mesin Rotari STORK, data harga komponen, data upah *engineer*, data biaya material dan data *loss of revenue*.

IV.2 TAHAP PENGOLAHAN DATA

IV.2.1 Pengolahan Kualitatif

IV.2.1.1 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 :



Gambar IV- 1 System Breakdown Structure

IV.2.1.1.1 Penentuan Maintainable Item

Setelah dilakukan penentuan *System Breakdown Structure (SBS)*, maka selanjutnya dilakukan penentuan *Maintainable Item*. *Maintainable 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 *maintainable item* yakni subsistem pada mesin Rotari STORK. Berikut ini merupakan daftar *maintainable item* pada mesin tersebut :

Tabel IV- 1 Daftar Maintainable Item

No.	Maintainable Item
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

IV.2.1.2 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 subsystem pada mesin printing Rotari STORK. Selain itu, peneliti mengidentifikasi tingkat risiko yang merupakan kombinasi antara kategori dalam frekuensi dan konsekuensi.

Tabel IV- 2 Risk Matrix

	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	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	Low
Pompa Obat	5	1	5	5	5	25	5	2	10	5	2	10	25	High
Blanket	2	1	2	2	1	2	2	4	8	2	2	4	8	Medium
Beam	4	3	12	4	1	4	4	4	16	4	4	16	16	High
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	4	1	4	4	1	4	4	3	12	4	2	8	12	Medium
Blower	3	2	6	3	1	3	3	3	9	3	1	3	9	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

IV.2.1.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) menjelaskan modus-modus kegagalan yang terjadi pada sistem serta efek yang ditimbulkan terhadap sistem ataupun secara keseluruhan. Informasi ini kemudian akan digunakan untuk mengetahui konsekuensi kegagalan dan menghasilkan tindakan antisipatif yang bisa dilakukan untuk mencegah, mendeteksi atau memperbaiki kondisi suatu sistem.

Tabel IV- 3 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis Worksheet						
Product						Rotary STORK
FMEA Process						
No	Maintainable Item	Function	Functional Failure	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s) of Failure
1	Dancing Roll	Mengarahkan (menghantarkan) kain ke dalam printing table	Kain tidak dapat diarahkan (dihantarkan)	Failed to rotate	Kain terlipat	Bearing retak atau patah
2	Padder Roll	Mengepress kain agar permukaan kain rata	Kain tidak dapat dipress sama sekali	Failed to rotate	Permukaan kain kering	Bearing retak atau patah
3	Roll Kloth Guider	Melebarkan kain agar tidak terlipat dan tetap dalam keadaan tegang	Kain mengendor	Failed to rotate	Kain menggulung	Bearing retak atau patah
4	Pompa Obat	Mengisi obat ke screen	Volume obat yang diisikan terlalu sedikit	Undercapacity	Screen kekurangan obat	Selang sambungan bocor
			Volume obat yang diisikan terlalu banyak	Overcapacity	Obat tumpah	Penutup rusak
5	Blanket	Menyediakan alas untuk mencetak kain	Tidak dapat menyediakan alas pencetakan	Macet	Kain stuck	Alas sobek
6	Beam	Mengatur setingan corak, gambar dan warna yang diinginkan	Corak, gambar dan warna kurang mencolok	Less ink	Hasil printing rusak	Setingan pada beam salah
			Corak, gambar dan warna terlalu tebal dan mencolok	Much ink	Hasil printing rusak	Setingan pada beam salah
7	Washer	Mencuci blanket	Tidak dapat mencuci blanket dengan kecepatan tertentu	Under/over speed	Blanket masih kotor	Setingan pada blanket salah
				Over/under speed	Blanket masih kotor	Setingan pada blanket salah
8	Main Motor Blanket	Pengendali utama jalannya blanket	Tidak dapat mengendalikan blanket	Korsleting	Blanket off	Lilitan pada stator dan rotor terbakar
9	Conveyor	Menghantarkan kain untuk masuk ke ruangan pemanas	Kain tidak dapat dihantarkan	Macet	Kain tidak dapat dipanaskan	Jaring conveyor sobek
10	Dryer	Mengeringkan kain	Kain tidak kering sesuai standar	Undertemperature	Kain masih lembab	Radiator uap rusak
				Overtemperature	Kain terlalu kering	Radiator uap rusak
11	Blower	Meniup hawa panas yang ditimbulkan oleh dryer	Tidak dapat meniup hawa panas sama sekali	Overheat	Kain terlalu kering	Setingan pada blower salah
				Overflow	Kain terlalu kering	Setingan pada blower salah
12	Main Motor Conveyor	Pengendali utama jalannya conveyor	Tidak dapat mengendalikan conveyor (uncontrolled)	Korsleting	Blower off	Lilitan pada stator dan rotor terbakar
13	Tension Bar	Menjaga kerenggangan kain	Kain mengendor	Failed to rotate	Kain terlipat	Bearing rusak
14	Dancing Matic	Mengatur keluarnya kain jadi	Kain tidak dapat diatur	Macet	Hidrolik off	Hidrolik macet
15	Roll Platter	Menarik kain jadi yang sudah dipanaskan oleh dryer	Tidak dapat menarik kain	Failed to rotate	Roll main break	Bearing rusak
16	Main Motor Platter	Pengendali utama jalannya platter	Tidak dapat mengendalikan platter (uncontrolled)	Korsleting	Platter off	Lilitan pada stator dan rotor terbakar

IV.2.1.4 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis digunakan untuk mengklasifikasikan modus kegagalan. Penentuan modus kegagalan ini dengan menggunakan diagram alir dari John Moubray. Modus kegagalan hasil FMEA dikategorikan dalam 4 mode, yakni *Hidden Failure (H)*, *Safety Consequences (S)*, *Environmental Consequences (E)* dan *Operational Consequences (O)*.

Tabel IV- 4 LTA

No	Unit or Item	Item or Component	No	Functional Failure	No	Failure Mode	Critical Analysis			
							Evidence	Safety	Outage	Category
1	Inlet	Dancing Roll	A	Kain tidak dapat diarahkan (dihantarkan)	1	Failed to rotate	Y	N	N	C
2		Padder Roll	A	Kain tidak dapat dipress sama sekali	1	Failed to rotate	Y	N	N	C
3		Kloth Guider Roll	A	Kain mengendor	1	Failed to rotate	Y	N	N	C
4	Printing Table	Pompa Obat	A	Volume obat yang disikan terlalu sedikit	1	Undercapacity	Y	N	Y	B
			B	Volume obat yang disikan terlalu banyak	2	Overcapacity	Y	N	Y	B
5		Blanket	A	Tidak dapat menyediakan alas pencetakan	1	Macet	Y	N	Y	C
6		Beam	A	Corak, gambar dan warna kurang mencolok	1	Less ink	Y	N	Y	B
			B	Corak, gambar dan warna terlalu tebal dan mencolok	2	Much ink	Y	N	Y	B
7		Washer	A	Tidak bisa mencuci blanket dengan kecepatan tertentu	1.1	Underspeed	Y	N	N	C
					1.2	Overspeed	Y	N	N	C
8	Main Motor Blanket	A	Tidak dapat mengendalikan blanket (uncontrolled)	1	Korsleting	N	Y	Y	D/B	
9	Conveyor-Dryer	Conveyor	A	Kain tidak dapat dihantarkan	1	Macet	Y	N	Y	C
10		Dryer	A	Meringankan kain	1.1	Undertemperature	Y	N	Y	B
					1.2	Overtemperature	Y	N	Y	B
11		Blower	A	Tidak dapat meniup hawa panas sama sekali	1.1	Overheat	Y	N	Y	B
					1.2	Overflow	Y	N	Y	B
12		Main Motor Conveyor	A	Tidak dapat mengendalikan blower (uncontrolled)	1	Korsleting	N	Y	Y	D/B
13	Tension Bar	A	Kain mengendor	1	Failed to rotate	Y	N	N	C	
14	Dancing Matic	A	Kain tidak dapat diatur	1	Macet	Y	N	Y	C	
15	Outlet	Roll Platter	A	Tidak dapat menarik kain	1	Failed to rotate	Y	N	N	C
16		Main Motor Platter	A	Tidak dapat mengendalikan blower (uncontrolled)	1	Korsleting	N	Y	Y	D/B

IV.2.2 Pengolahan Kuantitatif

IV.2.2.1 Uji Distribusi TTF dan TTR Subsystem

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.

IV.2.2.2 Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Setelah dilakukan uji distribusi yang mewakili, dilakukan penentuan parameter dari tiap komponen dengan distribusi yang terpilih menggunakan bantuan *software* Avsim+ 9.0. Adapun parameter distirbusi 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.

IV.2.2.3 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 distibusi weibull harus dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus :

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

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

Berikut ini adalah contoh perhitungan MTTF untuk distribusi Weibull :

1. Distribusi Weibull

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

Maka :

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

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

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

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

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

IV.2.2.4 Penentuan MTTR

Untuk mendapatkan MTTR, dilakukan perhitungan menggunakan parameter berdasarkan distribusi terpilihnya yang sebelumnya sudah didapatkan. Apabila distribusi yang terpilih adalah distribusi normal dan eksponensial maka μ merupakan 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.

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

1. Distribusi normal

Diketahui : Dancing Matic memiliki distribusi normal

Maintainable Item	μ	σ	MTTR (Hour)
Dancing Matic	1,00778	0,39376	1,00778
MTTR =	μ		

2. Distribusi Eksponential

Diketahui : Conveyor memiliki distribusi Eksponential

Maintainable Item	μ	MTTR (Hour)
Conveyor	1,05952	1,05952
MTTR =	μ	

3. Distribusi Weibull

Diketahui : Tension Bar memiliki distribusi Weibull, dengan parameter $\eta = 503,689$ dan $\beta = 0,989832$.

Maka :

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

$$MTTR = 1,25844 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,82355} \right)$$

$$MTTR = 1,25844 \cdot \Gamma(1,54838)$$

Berdasarkan tabel Gamma $\Gamma(1,54) = 0,88818$, sehingga didapatkan:

$$MTTR = 1,25844 \times 0,88818 = 1,11772 \text{ jam}$$

IV.2.2.5 Perhitungan Interval Waktu Perawatan

IV.2.2.5.1 Interval Waktu Perawatan Scheduled On-Condition

Perhitungan interval waktu pelaksanaan *preventive maintenance* untuk *on condition* dilakukan berdasarkan pertimbangan P-F Interval (*Potential Failure to Function Failure Interval*) dari tiap-tiap komponen, tindakan *on condition* harus dilakukan dengan interval yang kurang dari P-F Interval. P-F Interval menentukan seberapa sering tindakan *on condition* harus dilakukan, dalam hal ini P-F Interval merupakan interval waktu yang telah ditetapkan sebelumnya oleh perusahaan untuk pelaksanaan *preventive maintenance*. Selanjutnya penentuan interval waktu pelaksanaan *on condition* ditentukan berdasarkan $\frac{1}{2}$ nilai P-F Interval.

Berikut salah satu contoh perhitungan interval waktu perawatan pada *failure mode maintainable item* (subsistem) Dancing Roll :

$$\begin{aligned}
 \text{Interval Waktu} &= \frac{1}{2} \times \text{P-F Interval} \\
 &= \frac{1}{2} \times (3 \times \text{P-F Interval}) = 2160 \text{ jam} \\
 &= 1080 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

IV.2.2.5.2 Interval Waktu Perawatan Scheduled Restoration dan Scheduled Discard

Dalam perhitungan interval waktu perawatan untuk *Scheduled Restoration* dan *Scheduled Discard* diperlukan parameter keandalan MTTF dan MTTR. Setelah didapatkan sebelumnya nilai MTTF dan MTTR untuk masing-masing *maintainable item*, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau pergantian akibat rusaknya komponen dengan menggunakan persamaan :

$$C_F = C_R + MTTR (C_O + C_W)$$

C_F : Biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen untuk setiap siklus perawatan.

C_R : Biaya penggantian kerusakan komponen

C_O : Biaya kerugian produksi (*hourly rate*)

C_W : Biaya tenaga kerja

Biaya penggantian kerusakan komponen pada subsistem (C_R) telah diketahui sebelumnya pada data harga komponen. Biaya penggantian komponen hanya untuk komponen yang *schedule discard*. Sementara biaya kerugian produksi (C_O) diketahui sebelumnya pada data biaya *loss revenue* sebesar Rp.600.000 dan data biaya *engineer* (C_w) yaitu sebesar Rp.23.120.

Tahap selanjutnya adalah menentukan biaya yang dikeluarkan untuk perawatan (C_M) dengan menggunakan persamaan :

$$C_M = \text{Biaya Tenaga Kerja PM} + \text{Biaya Downtime} + \text{Biaya Perbaikan}$$

Biaya tenaga kerja *preventive maintenance* adalah Rp 23.120 untuk setiap kali perawatan dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 2 orang. Biaya *downtime* merupakan konsekuensi dari kegiatan *preventive maintenance* adalah sebesar 10% dari biaya kerugian produksi yaitu sebesar Rp.60.000. Biaya perbaikan didapat dari biaya material dan *tooling* setiap kegiatan *maintenance*. Berikut ini contoh perhitungan biaya yang dikeluarkan untuk perawatan pada *maintainable item* pompa obat :

$$C_M = \text{Rp.23.120} + \text{Rp.60.000} + \text{Rp.104.300} = \text{Rp.187.420}$$

Menurut Harvard (2000), interval waktu perawatan untuk *scheduled restoration* dan *scheduled discard* adalah sebagai berikut :

$$TM = \eta \times \left[\frac{1}{\eta(\beta - 1)} \right]$$

IV.3 Perhitungan Biaya Perawatan

IV.3.1 Perhitungan Biaya Perawatan Eksisting

Berikut contoh perhitungan biaya perawatan eksisting *maintainable item* dancing roll :

Preventive Maintenance (C_p) = (Biaya *Engineer/jam* + *loss of revenue*) x waktu perawatan + biaya material

$$C_p = (\text{Rp } 23.120,00. + \text{Rp } 600.000,00.) \times 0,1667 + \text{Rp } 104.300,00 = \text{Rp } 208.153,33 / \text{sekali perawatan}$$

IV.3.2 Perhitungan Biaya Perawatan Usulan

Menurut Harvard (2000), total biaya perawatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$TC = C_F \times f_M$$

Berikut ini contoh perhitungan total biaya perawatan usulan untuk *scheduled restoration* pada *maintainable item* dryer:

- Biaya yang dikeluarkan setiap kegiatan perawatan (C_M)
Biaya tenaga *preventive maintenance* sebanyak 2 orang = Rp. 23.120
Biaya *downtime* akibat *preventive maintenance* = Rp. 60.000
Biaya perbaikan = Biaya material untuk setiap kegiatan perawatan dryer = Rp. 96.300
 C_M = biaya tenaga kerja + biaya *downtime* + biaya perbaikan
 $C_M = \text{Rp. } 23.120 + \text{Rp. } 60.000 + \text{Rp. } 96.300 = \text{Rp. } 179.420$
Frekuensi perawatan (f_M)
Frekuensi perawatan (f_M) merupakan lama waktu perhitungan biaya perbaikan/interval waktu perawatan.
Frekuensi perawatan (f_M) = $8640 / 1084 = 8$ kali
- Sehingga didapatkan total biaya *preventive* selama satu tahun untuk *maintainable item* dryer sebesar:
 $TC = C_M \times f_M$
 $TC = \text{Rp. } 179.420 \times 8 = \text{Rp. } 1.435.360 / \text{tahun}$

Contoh perhitungan total biaya perawatan usulan untuk *scheduled discard* pada *maintainable item* dancing roll :

- Biaya yang dikeluarkan setiap kegiatan perawatan (C_M)
Biaya tenaga *preventive maintenance* sebanyak 2 orang = Rp. 23.120
Biaya *downtime* akibat *preventive maintenance* = Rp. 60.000
Biaya perbaikan = Biaya material untuk setiap kegiatan perawatan dancing roll = Rp. 104.300
 C_M = biaya tenaga kerja + biaya *downtime* + biaya perbaikan
 $C_M = \text{Rp. } 23.120 + \text{Rp. } 60.000 + \text{Rp. } 104.300 = \text{Rp. } 187.420$
- Frekuensi perawatan (f_M)
Frekuensi perawatan (f_M) merupakan lama waktu perhitungan biaya perbaikan/interval waktu perawatan.
Frekuensi perawatan (f_M) = $8640 / 5019 = 2$ kali
- Sehingga didapatkan total biaya *preventive* selama satu tahun untuk *maintainable item* dancing roll sebesar:
 $TC = (C_R + C_M) \times f_M$
 $TC = (\text{Rp. } 150.000 + \text{Rp. } 187.420) \times 2 = \text{Rp. } 674.840 / \text{tahun}$

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai untuk mesin Rotari STORK. Berdasarkan analisis RCM II, didapatkan 3 *maintenance task* sebagai berikut :
 - a. Scheduled On-Condition
Terdapat 4 *maintainable item* yang termasuk ke dalam *scheduled on-condition* antara lain beam, washer, blower dan dancing matic.
 - b. Scheduled Restoration
Terdapat 6 *maintainable item* pada mesin Rotari STORK yang termasuk ke dalam *scheduled restoration* antara lain blanket, main motor blanket, conveyor, dryer, main motor conveyor dan main motor platter .
 - c. Scheduled Discard
Terdapat 6 *maintainable item* pada mesin Rotari STORK yang termasuk ke dalam *scheduled discard* antara lain dancing roll, padder roll, kloth guider roll, pompa obat, tension bar dan roll platter.
2. Interval waktu perawatan optimal untuk setiap komponen ditentukan berdasarkan dengan *maintenance task* yang telah ditetapkan pada masing- masing komponen. Perpaduan *maintenance task* dan interval waktu perawatan optimal masing-masing komponen akan menghasilkan kebijakan perawatan yang efektif.
3. Total biaya perawatan eksisting dalam kurun waktu 1 tahun adalah sebesar Rp. 15.805.962,- dan total biaya perawatan usulan adalah sebesar Rp. 41.165.500,-. Total biaya perawatan usulan sudah termasuk dengan penggantian hingga level komponen secara berkala sehingga mendapatkan total biaya perawatan lebih tinggi daripada total biaya eksisting.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABS (2004). Guidance Notes on Reliability-Centered Maintenance. Houston, TX USA: American Bureau of Shipping.
- [2] Ebeling (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Kececioglu, Dimitri (1992). Reliability Engineering Handbook, Volume 1. New Jersey: Prentice Hall.
- [4] Marquez, A. C. (2007). The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance. London.: Springer.
- [5] Moubray, John (1991). Reliability Centered Maintenance II. Oxford: Butterworth- Heinemann, Ltd.
- [7] NASA (2008). Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. National Aeronautics and Space Administration.
- [8] Naval Surface Warfare Center Carderock Division (2011). Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment. Maryland.
- [9] Petroleum and Natural Gas Industries – Collection and Exchange of Reliability and Maintenance Data for Equipment 2nd Edition (n.d). ISO 14224 : 2004.
- [10] Smith, A.M (1993). Reliability-Centered Maintenance. McGraw-Hill.