

USULAN KEBIJAKAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN JET-DYEING DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DAN *RISK BASED MAINTENANCE* (RBM) DI PT XYZ

PROPOSED PREVENTIVE MAINTENANCE POLICY FOR JET-DYEING MACHINE WITH RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) AND RISK BASED MAINTENANCE (RBM) IN PT XYZ

Donny Verryrianto Sidabutar ¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji ², Endang Budiasih ³

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

¹ donnysidabutar10@gmail.com ² franstatas@telkomuniversity.ac.id ³ endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri tekstil. Salah satu mesin yang ada pada PT XYZ adalah mesin Jet-Dyeing. Mesin Jet-Dyeing ini merupakan mesin pencelupan dan digunakan untuk memberi warna pada kain. Dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa metode seperti RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang digunakan dalam penentuan *task* yang sesuai dengan karakteristik *failure*-nya. Dan penelitian ini berfokus pada sistem dan subsistem kritis mesin Jet-Dyeing berdasarkan banyaknya kerusakan yang terjadi serta dengan menggunakan analisis RPN (*Risk Priority Number*) untuk mendapatkan sub sistem yang kritis berdasarkan resiko yang dimiliki. Sedangkan untuk menganalisis risiko yang diakibatkan jika mesin mengalami gagal fungsi, yaitu dengan metode *Risk Based Maintenance*. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai risiko yang ditanggung perusahaan ketika mesin mengalami *failure*, yaitu sebesar Rp. 132,667,184.22. Hasil pengolahan data menggunakan RCM, didapatkan Total biaya untuk mengimplementasikan perawatan usulan adalah Rp 343,132,082. Dengan Dengan mengimplementasikan kegiatan perawatan usulan, perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp 116,044,673.15

Kata Kunci – *Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Risk Based Maintenance.*

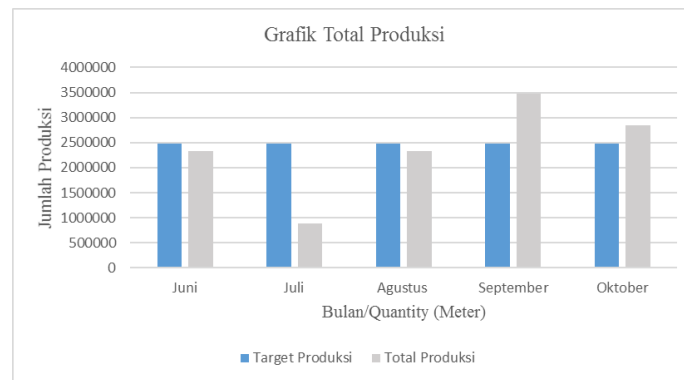
Abstract

PT XYZ is a company engaged in the textile industry. One of the machines that exist on PT XYZ is Jet-Dyeing machine. Jet-Dyeing Machine is used for dyeing machines and give color to the fabric. In this study conducted by several methods such as RCM (*Reliability Centered Maintenance*) are used in the determination of the appropriate task with his characteristic failure. And a focus on the study of critical systems and subsystems based on the number of machines Jet-Dyeing happened and by using analysis of RPN (*Risk Priority Number*) to get the critical sub-systems based on the risks that the failure. Analyzing the risk of failure machine use method *Risk Based Maintenance*. If the machine has failure to critical subsystem, the company's risk is Rp. 132,667,184.22. The results of data processing using RCM, obtained total cost to implement the proposed treatment is Rp 343,132,082. By implementing the proposed maintenance activities, the company could make savings of Rp 116,044,673.15.

Keywords – *Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Risk Based Maintenance.*

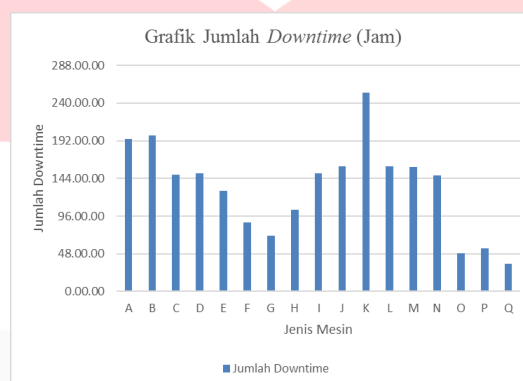
1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan tekstil di Indonesia yang berdiri sejak 1976. PT XYZ dalam menjalankan proses produksinya mempunyai beberapa unit produksi seperti unit *teksturizing*, unit *pertenenan* (*weaving*), unit *pencelupan* (*dyeing*), dan unit *finishing*. Proses *Dyeing* (pencelupan) merupakan proses mewarnai kain secara merata dengan cara pencelupan dan merupakan tahap penentuan kualitas dari kain yang diproduksi. Untuk menunjang aktivitas pencelupan kain (*dyeing*) terdapat 17 mesin jet dyeing yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari. PT XYZ mendapat masalah pada proses *dyeing* karena seringnya mesin produksinya tidak mencapai target.



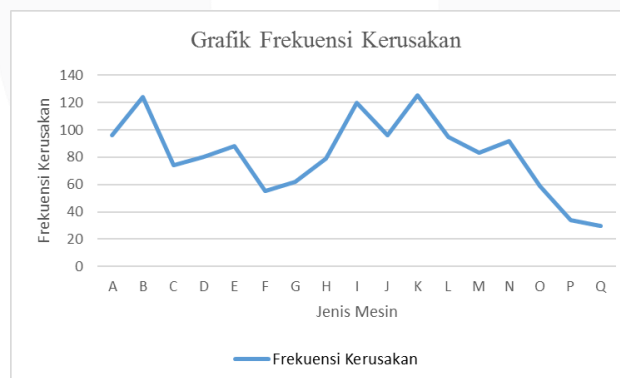
Gambar 1 Data Produksi PT XYZ Tahun 2016

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar jumlah produksi dengan target produksi selama tahun 2016. Dalam melakukan produksi, PT XYZ sering mendapatkan permasalahan pada mesin yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Permasalahan tersebut diakibatkan karena performa mesin yang kurang baik dan mempunyai tingkat kerusakan yang cukup tinggi.



Gambar 2 Data Jumlah Downtime mesin Jet-Dyeing

Gambar 2 menunjukkan jumlah downtime dari mesin Jet-Dyeing pada PT XYZ. Tingginya kerusakan pada mesin Jet-Dyeing diakibatkan karena kegiatan perawatan *preventive* dan *corrective maintenance* yang dilakukan saat ini dinilai masih belum efektif dikarenakan perawatan yang dilakukan perusahaan tidak memperhitungkan usia dari mesin yang dapat dilihat dari *record failure* mesin Jet-Dyeing



Gambar 3 Grafik Frekuensi Kerusakan Mesin Jet-Dyeing

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa mesin Jet-Dyeing K mempunyai frekuensi kerusakan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan mesin Jet-Dyeing lainnya yakni sebesar 125 kali, sehingga dipilihlah mesin Jet-Dyeing K sebagai objek penelitian. Untuk mengantisipasi kerusakan pada mesin Jet-Dyeing perlu melakukan perbaikan kegiatan *maintenance* yang lebih efektif dan menentukan interval waktu yang optimal dalam pelaksanaan perawatan mesin dengan mempertimbangkan resiko kegagalan, biaya perawatan dan nilai *availability* mesin Jet-Dyeing dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Risk Based Maintenance* (RBM). Penggunaan metode RCM II dan RBM untuk mendapatkan kegiatan perawatan *preventive* yang optimum sudah dilakukan terlebih dahulu oleh Dhamayanti, D. S., [6]. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah untuk mendapatkan usulan kebijakan perawatan, interval waktu dan konsekuensi risiko yang diakibatkan kerusakan dari subsistem kritis. Penelitian mengenai usulan kebijakan perawatan dengan menggunakan metode RCM juga dilakukan Saedudin, Alhilman, and Atmaji [7]

dengan menggunakan metode RCM dan *Life Cycle Cost* (LCC) untuk mendapatkan kebijakan *preventive maintenance*, waktu perawatan optimum, total biaya *life cycle cost* dan jumlah operator yang optimum.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Perawatan adalah aktivitas suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu [1]. Tujuan utama dari kegiatan perawatan bukan hanya untuk mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) pada biaya yang minimum.

2.1.1.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi [2]. Tindakan pemeliharaan *preventive* yang tidak sempurna dilakukan pada saat usia peralatan mencapai batas yang dikendalikan [3]. Tujuan *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Mencegah atau meminimasi terjadinya kegagalan (*prevent failure*).
2. Mendeteksi apabila terjadinya kegagalan (*detect onset of failure*).
3. Menemukan kegagalan yang tersembunyi (*discover a hidden failure*).
4. Meningkatkan *reliability* dan *availability* komponen atau sistem tersebut.

2.1.1.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem kefungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut [2].

2.1.2 Reliability Centered Maintenance

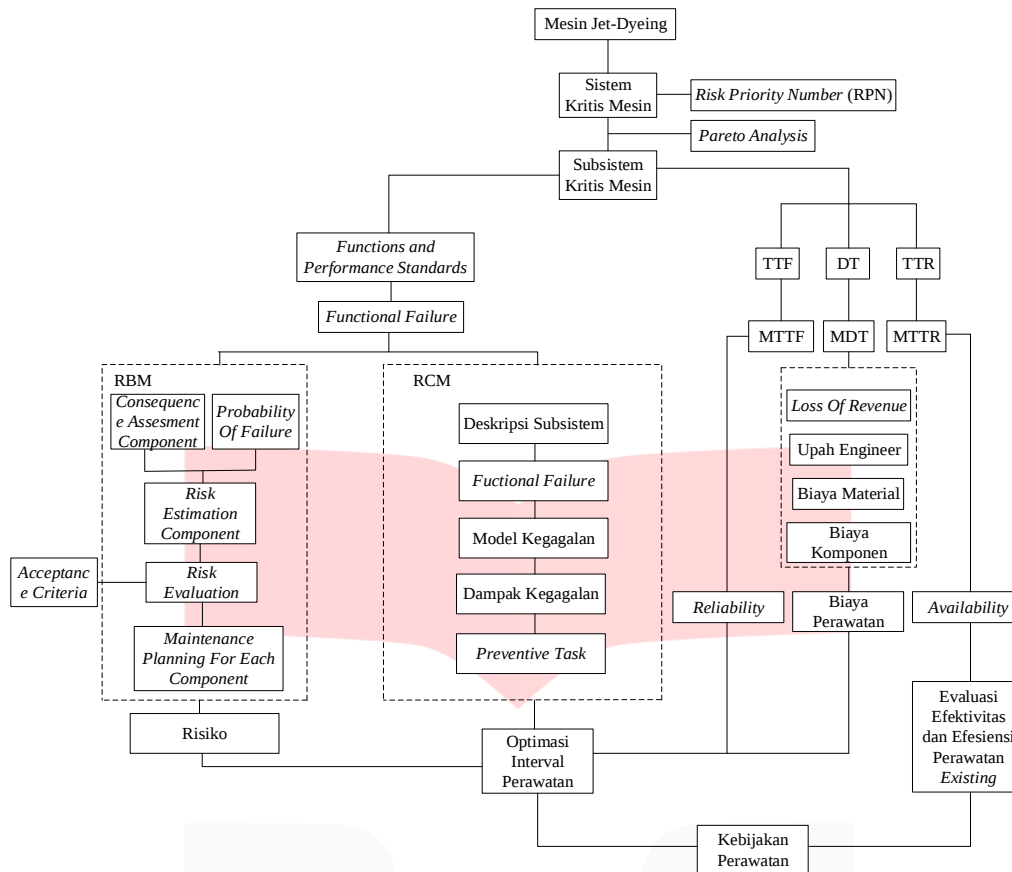
Reliability Centered Maintenance merupakan perawatan berbasis kehandalan dimana pendekatan RCM mengasumsikan bahwa perawatan tidak dapat berindak lebih dari menjamin agar asset terus menerus mencapai kemampuan dasarnya. Dilihat dari sisi perawatan, pengertian lengkap dari RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar sembarang asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini. Tujuan utama dari RCM adalah sebagai berikut [4] :

1. Untuk membangun prioritas berkaitan dengan desain yang dapat mendukung kegiatan *preventive maintenance*
2. Untuk mendapatkan informasi yang bermanfaat untuk meningkatkan desain komponen dengan yang terbukti reliabilitasnya tidak memuaskan
3. Untuk mengembangkan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan *preventive maintenance* yang dapat mengembalikan kembali 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

2.1.3 Risk Based Maintenance (RBM)

Risk Based Maintenance (RBM) merupakan suatu metode kuantitatif hasil integrasi antara pendekatan reliabilitas dan strategi pendekatan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* yang optimal. RBM bertujuan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi pada fasilitas operasi. Nilai kuantitatif dari risiko merupakan dasar untuk memprioritaskan kegiatan *maintenance* dan inspeksi [5].

2.2 Model Konseptual



Gambar 4 Model Konseptual

Berdasarkan model konseptual pada gambar 4 yang menjadi objek utama dalam permasalahannya adalah mesin Jet-Dyeing yang kemudian ditentukan subsistem kritisnya menggunakan analisis jumlah kerusakan yang terjadi dengan menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN). Pengukuran *kualitatif* dilakukan dengan menentukan kegiatan *preventive maintenance* yang sesuai dengan metode *Reliability Centred Maintenance*. Sedangkan untuk pengukuran kuantitatif menggunakan data *Time To Repaired*, *Down Time* dan *Time To Failure* dari mesin Jet-Dyeing untuk melakukan evaluasi efektivitas dan efisiensi dari kegiatan *maintenance eksisting*. Pengukuran kuantitatif lainnya dilakukan dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* yaitu menghitung tingkat risiko yang akan ditanggung perusahaan jika terjadi kerusakan.

3. Pembahasan

Pada tahap pengolahan data terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data. Data-data yang dibutuhkan adalah struktur sistem dari mesin, MTTF, MTTR, data kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*, harga komponen dari mesin, upah gaji *engineer*, biaya material, biaya gaji pekerja, dan data *Loss of Revenue*. Selanjutnya dilakukan pemilihan subsistem kritis pada mesin jet-dyeing menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN).

a) Pengukuran *Kualitatif* Menggunakan RCM

Pengukuran *kualitatif* menggunakan metode RCM dilakukan untuk menentukan keperluan atau kebutuhan maintenance pada tiap-tiap subsistem. Penentuan tersebut dilakukan dengan menentukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu menjelaskan tentang modus-modus kegagalan yang terjadi serta dampak yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut.

b) Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Sebelum menentukan parameter distribusi, data TTF dan TTR di uji Anderson Darling dengan menggunakan software Minitab 17 untuk memperoleh distribusi masing-masing komponen. Setelah itu dilakukan penentuan parameter dari distribusi yang terpilih dengan menggunakan software AvSim+9.0.

c) Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR disesuaikan dengan distribusi yang telah terpilih sebelumnya. Apabila distribusi yang terpilih adalah normal maka μ merupakan MTTF dari komponen tersebut. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull maka perhitungan MTTF harus menggunakan rumus yang tertera di bawah.

$$MTTF = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (1)$$

Tabel 1 MTTF Komponen

Komponen	Distribusi	Parameter	(1/β+1)	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
Packing Valve	Weibull	η 1119.42	2.666453	1.50432398	1683.97034
		β 0.600077			
Teflon	Weibull	η 3481.21	1.690174	0.90681347	1683.97034
		β 1.44891			
Bearing Pompa	Normal	μ 14910.1	-	-	14910.1
		σ 16938.5			
Mechanical Seal Pompa	Weibull	η 5552.58	0.887034	0.88703358	4925.32493
		β 2.47287			
Motor Pompa	Weibull	η 4733.39	2.663453	1.50080426	7103.89187
		β 0.601159			
Packing Pompa	Weibull	η 1601.65	1.804751	0.93265353	1493.78453
		β 1.24262			
Motor Driving Reel	Weibull	η 4680.71	2.727501	1.57917254	7391.64869
		β 0.578871			
Bearing Driving Reel	Weibull	η 5890.97	1.562069	0.88980868	5241.83624
		β 1.77914			
Mechanical Seal Driving Reel	Weibull	η 889.321	2.701305	1.54629374	1375.15149
		β 0.587784			
Packing Heat Exchanger	Weibull	η 7090.8	1.670889	0.90344491	6406.14714
		β 1.49056			
Site Glass	Weibull	η 5007.65	1.496529	0.88611969	4437.37726
		β 2.01398			
Pressure	Weibull	η 7842.21	1.693963	0.90750852	7116.87242
		β 1.441			

Tabel 2 MTTR Komponen

Komponen	Distribusi	Parameter	(1/β+1)	Tabel Gamma	MTTR (Jam)
Packing Valve	Weibull	η 1.40381	2.046436	1.020529	1.432628513
		β 0.95563			
Teflon	Weibull	η 0.91289	2.123463	1.058647	0.966424845
		β 0.95563			
Bearing Pompa	Normal	μ 12.9583	-	-	12.9583
		σ 8.17248			
Mechanical Seal Pompa	Weibull	η 2.17173	1.555256	0.889264	1.931240371
		β 1.80097			
Motor Pompa	Weibull	η 10.2084	2.268044	1.144873	11.68731709
		β 0.78862			
Packing Pompa	Ekspensial	μ 1.21296	-	-	1.21296
		ε 0.05033			
Motor Driving Reel	Normal	μ 1.55	-	-	1.55
		σ 1.06677			
Bearing Driving Reel	Normal	μ 2.375	-	-	2.375
		σ 1.90439			
Mechanical Seal Driving Reel	Ekspensial	μ 1.92572	-	-	1.92572
		ε 0.06906			
Packing Heat Exchanger	Weibull	η 3.35669	1.819914	0.936821	0.99999
		β 1.21964			
Site Glass	Weibull	η 0.56423	1.576575	0.891092	0.502777381
		β 1.73438			
Pressure	Normal	μ 1.05	-	-	1.05
		σ 0.82408			

d) Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

Dengan menggunakan metode Risk-Based Maintenance (RBM) menghasilkan risiko akibat kerusakan dan kriteria penerimaan risiko.

Tabel 3 Perhitungan System Performance Loss

No	Subsistem	MDT	MTTR	System Performance Loss
1	Valve	2.020855155	1.154774374	Rp 13,420,814.73
2	Pompa Sirkulasi	9.567088543	5.466904739	Rp 83,443,633.30
3	Driving Reel	2.487110968	1.421201158	Rp 21,316,118.34
4	Heat Exchanger	1.274495546	0.728284333	Rp 10,606,303.41
5	Nozzle Valve	2.921987662	1.669707236	Rp 18,430,028.12

System Performance Loss didapat dengan cara $(\text{Mean Downtime} \times \text{Loss of Revenue}) + (\text{Mean Time To Repair} \times \text{Engineer Cost}) + \text{Material Cost} + \text{Harga komponen}$.

Tabel 4 Perhitungan Risiko

No	Subsistem	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Valve	Rp 13,420,814.73	0.969779	Rp 13,776,343.60
2	Pompa Sirkulasi	Rp 83,443,633.30	0.908719	Rp 75,826,850.27
3	Driving Reel	Rp 21,316,118.34	0.992328	Rp 21,152,583.65
4	Heat Exchanger	Rp 10,606,303.41	0.779153	Rp 8,263,929.41
5	Nozzle Valve	Rp 18,430,028.12	0.740502	Rp 13,647,477.29
Total				Rp 132,667,184.22

Perhitungan risiko akibat kegagalan suatu sistem diperoleh dari hasil perkalian nilai *system performance loss* dikalikan peluang subsistem gagal selama interval satu tahun.

e) Penentuan Interval Waktu Perawatan

Tahap perhitungan waktu interval perawatan yaitu menentukan selang waktu perbaikan yang dapat dilakukan oleh pihak maintenance berdasarkan failure mode masing-masing komponen sesuai dengan preventive task selection yang telah ditentukan pada analisis kualitatif RCM.

1. Perhitungan Interval Waktu Perawatan *Scheduled On Condition*

Perhitungan interval waktu perawatan untuk *Scheduled on Condition* dilakukan dengan 1/2 dari P-F Interval masing-masing komponen tersebut [4].

Tabel 5 Interval Waktu Perawatan *On-Condition Task*

Sub Sistem	Komponen	PF- interval	Interval (Jam)	Interval (Bulan)
Pompa Sirkulasi	Bearing Pompa	14910.1	7455.05	10.35423611
	Motor Listrik Pompa	7103.891867	3551.945934	4.933258241
Driving Reel	Bearing Driving	5241.836236	2620.918118	3.640164053
	Motor Listrik Driving Reel	7391.64869	3695.824345	5.133089368

2. Perhitungan Interval Waktu Perawatan *Scheduled Discard Task*

Scheduled Discard Tasks merupakan kegiatan perawatan secara *preventive* yang melakukan penggantian komponen sebelum batas umurnya habis dan tidak memperhatikan kondisinya. Untuk perhitungan interval waktu perawatan *Scheduled Discard Tasks* diperlukan parameter MTTF dan MTTR yang selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian akibat rusaknya komponen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. (Harvard, 2000).

$$TM = \eta \times \left[\frac{C_M}{C_F(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (2)$$

C_M = Biaya tenaga PM + Biaya down time + Biaya perbaikan

$$C_F = C_R + MTTR (C_O + C_W) \quad (3)$$

C_f : biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen untuk setiap siklus perawatan (dalam satuan Rp)

C_r : biaya penggantian kerusakan komponen

C_o : biaya kerugian produksi

C_w : biaya tenaga kerja *corrective maintenance*

Tabel 6 Interval Waktu Perawatan *Scheduled Discard Task*

	Komponen	η	C_M	C_f	TM (Hours)	TM (bulan)
Valve	Packing Valve	1119.42	Rp 12,349,516	Rp 8,724,633	9199.261764	12.77675245
	Teflon	3481.21	Rp 12,349,516	Rp 6,415,644	9508.083542	13.20567159
Pompa Sirkulasi	Mechanical Seal Pompa	5552.58	Rp 8,449,516	Rp 13,221,937	3961.433657	5.501991191
	Packing Pompa	1601.65	Rp 8,449,516	Rp 7,148,196	5727.988086	7.955539009
Driving Reel	Mechanical Seal Driving Reel	889.321	Rp 9,549,516	Rp 14,189,860	2047.527258	2.843787859
Heat Exchanger	Packing Heat Exchanger	7090.8	Rp 9,049,516	Rp 7,810,683	12621.1985	17.52944236
	Site Glass	5007.65	Rp 9,049,516	Rp 3,621,509	7836.599401	10.88416583
Nozzle Valve	Pressure setting	7842.21	Rp 9,549,516	Rp 7,101,278	17000.41276	23.61168439

f) Perhitungan Biaya Perawatan Usulan Komponen Kritis

Biaya perawatan dihitung sesuai dengan kegiatan perawatan yang telah ditentukan sebelumnya dan disesuaikan dengan interval waktu perawatan yang dimiliki masing-masing komponen.

$$T_c = (CM + Cr) \times F_m \quad (4)$$

CM = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan

Cr = Biaya Komponen

Fm = Frekuensi pelaksanaan *preventive maintenance* (per tahun)

Tabel 7 Total Biaya Perawatan Eksisting dan Usulan

No	Perawatan	Total Biaya
1	Eksisting	Rp 459,176,755.56
2	Usulan	Rp 343,132,082

Hasil perhitungan, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance eksisting* yang dilakukan dalam kurun waktu enam bulan sekali yaitu sebesar Rp 459,176,755.56. sedangkan untuk kegiatan *preventive maintenance usulan* yang dilakukan seperti task yang telah dihitung didapatkan nilai sebesar Rp 343,132,082. Biaya *preventive maintenance usulan* lebih rendah daripada *preventive maintenance eksisting* menunjukkan interval waktu yang dikeluarkan untuk kegiatan *preventive maintenance usulan* lebih optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode RCM didapatkan *preventive maintenance usulan* yang lebih efisien dari pada *preventive maintenance eksisting*. Berdasarkan *task preventive maintenance* yang diusulkan terdapat 2 task yang diusulkan yakni *scheduled discard task* sebanyak 7 komponen dan *scheduled on-condition task* sebanyak 4 komponen. Kegiatan *preventive maintenance usulan* dapat menghemat biaya sebesar Rp116,044,673.15. Sedangkan besar yang resiko yang diterima PT XYZ berdasarkan perhitungan dengan metode RBM didapatkan resiko yang ditanggung jika komponen kritis mengalami kerusakan yakni sebesar Rp. 132,667,184.22

Daftar Pustaka

- [1] Ebeling, Charles E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc
- [2] Marquez, A., P. Moreu de León, J. F. Gómez Fernández, C. Parra Márquez, and M. López Campos. 2009. "The Maintenance Management Framework." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 15(2):167–78. Retrieved.
- [3] Alhilman, Judi, Rd Rohmat Saedudin, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji, and Andri Gautama Suryabrata. 2015. "LCC Application for Estimating Total Maintenance Crew and Optimal Age of BTS Component." Pp. 543–47 in 2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2015.
- [4] Moubray, John. (1991). *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: ButterworthHeinemann, Ltd. Havard, T.J., (2000). *Determination of a Cost Optimal, Predetermined Maintenance Schedule*.
- [5] Khan, Faisal I., dan Mamoud Haddara. (2004). *Risk-Based Maintenance of Ethylene Oxide Production Facilities*. *Journal of Hazardous Material*
- [6] Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. 2016. "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin KOMORI LS440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) Dan Risk Based Maintenance (RBM) Di PT ABC." *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)* 3(April):31–37.
- [7] Saedudin, Rd Rohmat, Judi Alhilman, and Fransiskus Tatas Dwi Atmaji. 2015. "Optimization Of Preventive Maintenance Program And Total Site Crew For Base Transceiver Station (BTS) Using Reliability Centered Maintenance (RCM) And Life Cycle Cost (LCC) Method." *International Seminar on Industrial Engineering and Management* 21–27.