

# Analisa *Preventive Maintenance System* Dengan *Modularity Design* Pada PT. Surya Pamenang

Hariyanto<sup>(1)</sup>, Sri Rahayuningsih<sup>(2)</sup>, Heribertus Budi Santoso<sup>(3)</sup>  
<sup>(1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Industri, Universitas Kadiri  
Email: hbinkusen@gmail.com <sup>(1)</sup>

## Abstrak

PT. Surya Pamenang adalah salah satu perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang industri kertas dengan jenis kertas karton. Produk hasil perusahaan ini sebagian besar dipasarkan ke luar negeri sedangkan sisanya dipasarkan ke dalam negeri. Oleh karena produk yang dihasilkan kebanyakan pangsa luar negeri, maka kualitas produk perusahaan perlu dijaga. Salah satu faktor untuk dapat menjaga hal ini adalah kondisi mesin produksi yang harus dalam keadaan baik. Untuk dapat menjaga kondisi mesin produksi ini dalam keadaan baik, maka salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perawatan terhadap mesin produksi ini. Dalam penelitian ini, *modularity design* dicoba diterapkan dalam kegiatan *preventive maintenance* penggantian *Blade Coating Machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penerapan *preventive maintenance* dengan *modularity design* dapat menurunkan biaya sebesar 24,31% dari keadaan awal (*corrective maintenance*).

**Kata Kunci:** *industrial engineering, modularity design, preventive maintenance.*

## Abstract

PT. Surya Pamenang is one of the private companies engaged in the paper industry with the type of paperboard. Most of the company's products are marketed overseas while the rest are marketed domestically. Because the products produced are mostly overseas, the quality of the company's products needs to be maintained. One factor to be able to maintain this is the condition of the production machine that must be in good condition. To be able to maintain the condition of this production machine in good condition, one effort that can be done is to take care of this production machine. In this research, modularity design is tried to be applied in preventive maintenance activities to replace Blade Coating Machine. The results showed that the application of preventive maintenance with modularity design can reduce costs by 24.31% from the initial state (*corrective maintenance*).

**Keyword :** *industrial engineering, modularity design, preventive maintenance.*

## Pendahuluan

*Modularity design* telah banyak diterapkan di negara-negara Eropa terutama dalam hal perakitan dan manufaktur di bidang industri [1]. *Modularity design* menyebabkan proses manufaktur dan perakitannya lebih sederhana dan murah. Perusahaan-perusahaan di Indonesia biasanya lebih banyak melakukan kegiatan *corrective maintenance* atau *preventive maintenance* [2],[3],[4],[5],[6].

Penentuan jadwal *preventive maintenance* dalam perusahaan kertas ini sulit untuk dilakukan secara teratur dan baik. Kesulitan tersebut diakibatkan oleh pengelompokan komponen-komponen penyusun mesin yang belum dilakukan dengan benar. Dengan kondisi yang demikian maka perusahaan pada umumnya melakukan perbaikan atau penggantian komponen mesin apabila komponen telah aus atau mesin tidak berfungsi dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan biaya *maintenance* antara desain awal, desain *preventive maintenance*, dan desain *preventive maintenance* yang sudah menggunakan *modularity* [7],[8],[9]. Penelitian ini juga dibatasi Wilayah pengambilan data yang diambil hanya pada komponen mesin pada unit *board machine (Coating Machine)* bagian produksi [10],[11]. Data yang diambil saat *startup* Produksi dari tanggal 18 Maret 2016 – 20 April 2017.

### Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Penentuan jenis distribusi terhadap data selang waktu interval kerusakan komponen dengan *Least Square Curve Fitting* [12],[13]. Dalam hal ini distribusi yang terpilih adalah distribusi dengan nilai *Index Of Fit* terbesar.
2. Menghitung waktu rata-rata penggantian komponen.
3. Menghitung upah tenaga kerja yang terkait dalam *maintenance* [14].

$$\text{Gaji upah perjam} = \frac{\text{Gaji 1 bulan/orang}}{\text{Jam kerja 1bulan}} \tag{1}$$

4. Menghitung profit dan kapasitas produksi per hari dan harga pembelian komponen untuk dapat menghitung biaya yang dikeluarkan perusahaan akibat penggantian tersebut (biaya kehilangan produksi) [15].

$$\text{Biaya kehilangan produksi} = A \times B \tag{2}$$

Keterangan :

A = laba per kg

B = output/jam

5. Perhitungan parameter dan nilai *MTTF (Mean Time To Failure)* untuk masing-masing komponen sesuai dengan jenis distribusinya [16],[17],[18].

$$R(t) = 1 - F(t) \tag{3}$$

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \tag{4}$$

6. Perhitungan biaya penggantian komponen [19].

$$Bp \text{ (Biaya Penggantian)} = (a + b) \times c + d \tag{5}$$

Keterangan :

a = biaya tenaga kerja (Rp/jam)

b = biaya kehilangan produksi (Rp/jam)

c = waktu penggantian korektif (jam)

d = harga komponen/unit (Rp)

7. Perhitungan selang waktu penggantian yang optimal [1].

$$TC(tp) = \frac{[Cp \times R(tp)] + [Cf \times F(tp)]}{tp} \tag{6}$$

Keterangan :

TC (tp) = total ekspektasi biaya penggantian komponen per satuan waktu.

Cp = biaya akibat preventive replacement

- Cf = biaya akibat failure replacement
- R(tp) = probabilitas komponen andal selama waktu tp
- F(tp) = probabilitas komponen gagal (tidak andal) selama waktu tp.
- Tp = panjang dari siklus (interval waktu) preventif

$$[(tp + TP) \times R(tp)] + [(M(tp) + Tf) \times (1 - R(tp))] \tag{7}$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{f(Tp)} = \frac{MTTF}{1-R(Tp)} \tag{8}$$

8. Analisis biaya alternatif penggantian komponen berdasarkan *corrective, preventive, preventive modularity maintenance* [2],[20],[21],[22],[23].

**Hasil dan Pembahasan**

Dalam melakukan penentuan distribusi kerusakan komponen mesin digunakan metode Least Square Curve Fitting yaitu berdasarkan nilai *index of fit (correlation coefficient)* yang paling besar. Perhitungan ini digunakan untuk mendapatkan distribusi kerusakan yang paling sesuai dengan pola distribusinya yaitu apakah mengikuti distribusi normal, lognormal, eksponensial atau *weibull* [24],[25],[26], [27],[24]

Tabel 1 Rekapitulasi *Index Of Fit* untuk Masing-masing Distribusi

No	Mesin	Komponen	Normal	Lognormal	Eksponensial	Weibull	Terpilih
1	Coating Machine I	Blade	0,97936966	0,957919363	-0,949269657	0,97800348 2	Normal
2	Coating Machine II	Blade	0,98212877	0,90251795	-0,914544898	0,94928829 9	Normal
3	Coating Machine III	Blade	0,96311142	0,890762412	-0,933469832	0,94988661 6	Normal

$$\text{Waktu rata-rata} = \frac{\sum_i^n = 1x1}{n} = \frac{\sum_i^9 = 1x1}{9} = \frac{28}{9}$$

Tabel 2 Rekapitulasi Waktu Rata-rata Penggantian Komponen Mesin

No	Mesin	Komponen	n	$\sum_i^n = 1x1$	$\bar{x}$ (menit)	$\bar{x}$ (jam)
1	Coating Machine I	Blade	9	28	3,1111	0,0518517
2	Coating Machine II	Blade	9	30	3,3333	0,055555
3	Coating Machine III	Blade	22	82	3,727	0,0621167

Upah tenaga kerja maintenance per orang untuk setiap bulannya adalah sebesar Rp 1.870.000 , dengan jumlah jam kerja per *shift*-nya adalah 7 jam. Jadi, jumlah jam kerja sebulannya adalah :

$$[(7 \text{ jam} \times 5 \text{ hari}) + 5 \text{ jam}] \times 4 \text{ minggu} = 160 \text{ jam kerja.}$$

Sehingga biaya tenaga kerja *maintenance* :

$$\text{Gaji upah perjam} = \frac{\text{Gaji 1 bulan/orang}}{\text{Jam kerja 1 bulan}} = \frac{1870000}{160} = \text{Rp. 11.687/orang/jam}$$

Tabel 3 Biaya Tenaga Kerja *Maintenance*

No	Mesin	Komponen	Jumlah Tenaga Kerja	Biaya Tenaga Kerja/Jam
1	Coating Machine I	Blade	3	Rp35.064
2	Coating Machine II	Blade	3	Rp35.064
3	Coating Machine III	Blade	3	Rp35.064

Perhitungan biaya kehilangan produksi ini dapat diperoleh dengan mengalikan output mesin per satuan waktu dikalikan dengan laba per kg, yang dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Biaya kehilangan produksi} = A \times B$$

Keterangan : A = laba per kg

$$B = \text{output/jam}$$

Sehingga:

$$\text{Biaya kehilangan produksi/jam} = \text{Rp. } 5.512,00 \times 5520 \text{ kg} = \text{Rp. } 30.426.240,00$$

Setelah antar waktu kerusakan masing-masing komponen mesin selesai diuji distribusinya, maka dilakukan perhitungan untuk mencari keandalan dan MTTF-nya sesuai dengan jenis pola distribusi komponen yang terpilih. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk masing-masing komponen sesuai dengan jenis pola distribusi waktu antar kerusakannya.

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan Parameter b, a,  $\sigma$ ,  $\mu$  dan MTTF Distribusi Normal

No	Mesin	Komponen	b	A	$\sigma$	$\mu$	MTTF (Jam)
1	Coating Machine I	Blade	0,022715	-2,2714992	44,023788	100	100
2	Coating Machine II	Blade	0,02111	-1,9896495	47,370152	94,25	94,25
3	Coating Machine III	Blade	0,0495589	4,82579929	20,1780045	97,38	97,375

Biaya penggantian komponen ini terbagi atas dua bagian. Pertama, biaya penggantian komponen secara corrective maintenance yang adalah biaya penggantian suatu komponen setelah komponen tersebut mengalami kerusakan. Kedua, adalah biaya penggantian komponen secara preventif yaitu biaya yang dibutuhkan untuk mengganti komponen sebelum komponen tersebut mengalami kerusakan.

Tabel 5 Biaya Penggantian Komponen Secara *Corrective Maintenance*

No	Mesin	Komponen	a (Rp/jam)	b (Rp/jam)	c (jam)	d (Rp)	Cf (RP)
1	Coating Machine I	Blade	35.064	30.426.240	0,067753	2.803.762	4.867.603
2	Coating Machine II	Blade	35.064	30.426.240	0,072592	2.803.762	5.015.005
3	Coating Machine III	Blade	35.064	30.426.240	0,081166	3.120.210	5.592.626

Keterangan :

A = biaya tenaga kerja (Rp/jam)

B = biaya kehilangan produksi (Rp/jam)

C = waktu penggantian korektif (jam)

D = harga komponen/unit (Rp)

$$Cf = \text{Cost of Failure/ biaya penggantian secara korektif (Rp)} = (a + b) \times c + d$$

Tabel 6 Biaya Penggantian Komponen Secara *Preventive Maintenance*

No	Mesin	Komponen	A (Rp/jam)	B (Rp/jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cp (Rp)
1	Coating Machine I	Blade	35.064	30.426.240	0,098	2.803.762	5.788.969
2	Coating Machine II	Blade	35.064	30.426.240	0,070778	2.803.762	4.959.746
3	Coating Machine III	Blade	35.064	30.426.240	0,054445	3.120.210	4.778.660

Keterangan :

A = biaya tenaga kerja (Rp/jam)

B = biaya kehilangan produksi (Rp/jam)

C = waktu penggantian korektif (jam)

D = harga komponen/unit (Rp)

Cp = *Cost of Preventif* / biaya penggantian secara preventif (Rp) = (a + b) x c + d

Perawatan pencegahan yang optimal dapat dilaksanakan jika biaya penggantian komponen berada dalam biaya yang minimal pada selang waktu yang terbaik. Berikut ini adalah hasil perhitungan selang waktu penggantian komponen yang optimal pada *total cost* yang minimal.

Tabel 7 Selang Waktu Penggantian *Preventive Maintenance* yang Optimal

No	Mesin	Komponen	Tp (Jam)	Biaya (Rp/Jam)
1	Coating Machine I	Blade	96	Rp29.979,41
2	Coating Machine II	Blade	78	Rp34.590,51
3	Coating Machine III	Blade	72	Rp30.032,04

Setelah semua perhitungan dilaksanakan untuk mendapatkan selang waktu penggantian komponen yang optimal, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *total cost* perawatan. Hal ini dilakukan dengan menghitung biaya *preventive modularity maintenance* yang diusulkan dan membandingkan dengan biaya *preventive maintenance* perhitungan serta biaya *corrective maintenance* yang selama ini diterapkan perusahaan. Tujuan hal ini adalah agar dapat dianalisis usulan perawatan yang terbaik yang dapat diterapkan di perusahaan PT. Surya Pamenang.

Tabel 8 Biaya Penggantian Komponen secara *Preventive Modularity Maintenance*

No	Mesin	Modul	Komponen	a (Rp/jam)	B (Rp/jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cpm (Rp)
1	Coating Machine I		Blade				2.803.762	
2	Coating Machine II	1	Blade	35.064	30.426.240	0,098	2.803.762	11.712.941
3	Coating Machine III		Blade				3.120.210	

Keterangan :

a = biaya tenaga kerja (Rp/jam)

b = biaya kehilangan produksi (Rp/jam)

c = waktu penggantian preventif (jam)

d = harga komponen/unit (Rp)

$$Cpm = \text{Cost of Preventive Modularity/ biaya penggantian secara preventif modularity (Rp)}$$

$$= (a + b) \times c + d$$

Tabel 9 Perbandingan Biaya *Corrective, Preventive* dan *Preventive Modularity Maintenance*

No	Mesin	Komponen	Cf (Rp)	Cp (Rp)	Modul	Cpm (Rp)
1	<i>Coating Machine I</i>	<i>Blade</i>	4.867.603	5.788.969		
2	<i>Coating Machine II</i>	<i>Blade</i>	5.015.005	4.959.746	1	11.712.941
3	<i>Coating Machine III</i>	<i>Blade</i>	5.592.626	4.778.660		
		<b>TOTAL</b>	<b>15.475.234</b>	<b>15.527.375</b>		<b>11.712.941</b>

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa penggantian preventive dengan modularity menghasilkan total cost yang paling kecil jika dibandingkan dengan yang lain.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: penentuan selang waktu penggantian komponen dengan *preventive modularity maintenance* memberikan hasil yang baik dalam hal penurunan biaya perawatan penggantian komponen *Blade Coating* pada *Coating Machine I, Coating Machine II dan Coating Machine III*, biaya penggantian komponen dengan *preventive modularity maintenance* memberikan biaya penggantian terkecil yaitu Rp 11.712.941 jika dibandingkan dengan *corrective maintenance* yang diterapkan perusahaan Rp 15.475.234 dan *preventive maintenance* perhitungan Rp 15.527.375. Sehingga persentase penurunan biaya yang diperoleh dari perawatan model ini dibandingkan terhadap model perawatan yang diterapkan perusahaan PT. Surya Pamenang adalah 24,311703%, terhadap *preventive maintenance* perhitungan adalah 24,565865%.

### Daftar Pustaka

- [1] W. Anggono, Juliangsih, and Linawari, "Preventive Maintenance System dengan Modularity Design sebagai Solusi Penurunan Biaya," *Univ. Petra Surabaya*, vol. 7, no. 1, pp. 61–75, 2005.
- [2] M. Muthi, S. Susilo, and H. Suliantoro, "ANALISIS KEBIJAKAN CORRECTIVE DAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN RAPIER, SHUTLE, WATER JET PADA PROSES WEAVING di PT. TIGA MANUNGGAL SYNTHETIC INDUSTRIES."
- [3] U. Nurfaizah, H. Adianto, and H. Prasetyo, "Rancangan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di Bagian Press II PT. XYZ," *Reka Integr.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [4] Asyari Daryus, "Manajemen Perawatan Preventif Menggunakan Metode Kompleksitas Perbaikan," *Rekayasa Teknol. Fak. Tek. UHAMKA*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2014.
- [5] S. L. C. da Silva and F. G. Amaral, "Critical factors of success and barriers to the implementation of occupational health and safety management systems: A systematic review of literature," *Saf. Sci.*, vol. 117, pp. 123–132, Aug. 2019.
- [6] M. Arizki, Z. Ramadhan, and T. Sukmono, "Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance Pada Nail Making Machine Dengan Menggunakan Reliability Centered Maintenance ( RCM ) II," vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2018.
- [7] A. Silalahi *et al.*, "Usulan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Surface Mounting Technology ( Studi Kasus : Pt . X )," pp. 173–180, 2008.
- [8] Y. Zhai and G. Q. Huang, "Operational Hedging and Coordination in Prefabrication

- Construction Industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1178–1183, 2017.
- [9] P. K. Kumar, N. V. Sai, A. G. Krishna, and N. G. Renganathan, “Fabrication and micro-structural evaluation of ODS austenitic stainless steels through mechanical alloying,” *Mater. Today Proc.*, vol. 23, pp. 465–468, 2020.
- [10] D. K. Sahoo, A. N. Chari, and A. S. Reddy, “Optimization & characterization of friction surfaced coatings of AA6063 aluminium alloy over AISI316 stainless steel substrate,” *Mater. Today Proc.*, vol. 23, pp. 565–572, 2020.
- [11] Z. Bazrafshan and F. Ataefard, M Nourmohammadian, “Modeling The Effect of Pigment and Processing Parameters in Polymeric Composite for Printing Ink Application Using The Response Surface Methodology,” *Prog. Org. Coat.*, vol. 82, no. 68–73, 2015.
- [12] Syafitri and R. Amri, “Prediksi Tingkat Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Least Square Pada Desa Beringin Jaya Kec. Singingi Hilir Kab. Kuantan Singingi,” *Jom FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–8, 2019.
- [13] M. D. Angelica *et al.*, “Determinants of Time Allocation across the Lifespan A Theoretical Model and an Application to the,” *PLoS One*, 2012.
- [14] A. Arruan, B. F. Sompie, M. Sibi, and P. Pratas, “ANALISIS KOEFISIEN HARGA SATUAN TENAGA KERJA DI LAPANGAN DENGAN MEMBANDINGKAN ANALISIS SNI DAN ANALISIS BOW PADA PEMBESIAN DAN BEKISTING KOLOM,” *J. Sipil Statik*, 2014.
- [15] I. Hermawan and W. J. Sitepu, “Tinjauan Perawatan Mesin Mixing Pada Ud Roti Mawi,” *J. Teknovasi*, vol. 02, pp. 117–128, 2015.
- [16] I. Soesetyo and L. Y. Bendatu, “Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia - Sepanjang,” *J. Tirta*, vol. 2, no. 2, pp. 147–154, 2014.
- [17] J. Wakiru, L. Pintelon, P. N. Muchiri, and P. Chemweno, “Maintenance Optimization: Application of Remanufacturing and Repair Strategies,” *Procedia CIRP*, vol. 69, no. May, pp. 899–904, 2018.
- [18] A. M. Majid, P. Moengin, and A. Witonohadi, “USULAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) DENGAN PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) UNTUK PERENCANAAN PERAWATAN PABRIK BAR MILL PADA PT. KRAKATAU WAJATAMA,” *J. Tek. Ind.*, 2014.
- [19] P. Tarigan, E. Ginting, and I. Siregar, “Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada Pt. Rxz,” *J. Tek. Ind. USU*, vol. 3, no. 3, pp. 35–39, 2013.
- [20] R. A. M. Puteri and M. I. Alrosyid, “Perencanaan Perawatan Air Compressor Unit Untuk Komponen Air Quick Couplings Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Di Pt Astra International Tbk – Tso Cabang Salemba,” *J. PASTI*, vol. 9, no. 2, pp. 129–137, 2015.
- [21] N. A. Destina Surya Dhamayanti, Judi Alhilman, “USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN KOMORI LS440 ( RCM II ) DAN RISK BASED MAINTENANCE ( RBM ) DI PT ABC,” *Rekayasa Sist. Ind.*, 2016.
- [22] J. M. Sandy Dwiseputra Pandi, Hadi Santosa, “PERANCANGAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN CORRUGATING dan MESIN FLEXO di PT. SURINDO TEGUH GEMILANG,” *J. Widya Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 54–57, 2016.
- [23] R. Lukodono, Pratikto, and R. Soenoko, “Analisis Penerapan Metode RCM Dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance (Studi Kasus PG. X),” *Rekayasa Mesin*,

2013.

- [24] H. L. Syaifudin, O. Novareza, and R. Y. Efranto, "Pengukuran Performansi Sistem Produksi Menggunakan Overall Throughput Effectiveness (OTE) (Studi Kasus: PT. Tani Gemilang Desa Kerjen Kecamatan Srengat Kabupaten Blitar)," *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, 2015.
- [25] L. G. Otaya, "Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya," *Manaj. Pendidik. Islam*, vol. 4, pp. 44–66, 2016.
- [26] J. R. Sifonte and J. V. Reyes-Picknell, *Reliability Centered Maintenance-Reengineered*. 2017.
- [27] Sildeshare, "Distribusi Lognormal," *Sildeshare*, 2018. [Online]. Available: Sildeshare.