



Analisa Pemeliharaan Mesin *Printer* Dengan Reliability Centred Maintenance (RCM) II Dan Life Cycle Cost (LCC) Di CV. XYZ

Timothy Anugrah Sugiarto

Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email : timothy.anugrah2000@gmail.com

Endang Pudji W

Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email : endangp.ti@upnjatim.ac.id

Korespondensi penulis: timothy.anugrah2000@gmail.com

Abstract. *This study aims to optimize the maintenance of Banner printing machines at CV. XYZ Printing Company using the Reliability Centered Maintenance II (RCM II) and Life Cycle Cost (LCC) methods. RCM II is employed to identify and evaluate component failures, while LCC is utilized to calculate Costs throughout the machine's lifecycle. The study determines maintenance intervals for each component of the Banner printing machines. Subsequently, the Life Cycle Cost (LCC) is calculated to compare the maintenance Costs before and after implementing RCM II and LCC methods. The results reveal that the total Cost of maintenance after implementing RCM II and LCC is Rp. 258,424,522, which is lower than the previous total maintenance Cost of Rp. 300,000,000. Thus, the application of RCM II and LCC methods effectively optimizes the maintenance of Banner printing machines in a Cost-efficient manner. This research contributes to enhancing the effectiveness and efficiency of maintenance in the Banner printing industry.*

Keywords: *Reliability Centered Maintenance (RCMII), Life Cycle Cost (LCC), maintenance*

Abstrak. *Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan perawatan mesin cetak Banner di CV. XYZ Percetakan dengan metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) dan Life Cycle Cost (LCC). Metode RCM II digunakan untuk identifikasi dan evaluasi kerusakan komponen mesin, sedangkan metode LCC digunakan untuk menghitung biaya selama siklus hidup mesin. Hasil penelitian menunjukkan interval perawatan untuk setiap komponen mesin cetak Banner telah ditentukan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan Life Cycle Cost (LCC) untuk membandingkan biaya perawatan sebelum dan setelah penerapan metode RCM II dan LCC. Total biaya perawatan setelah penerapan metode RCM II dan LCC sebesar Rp. 258.424.522, lebih rendah dibandingkan dengan total biaya perawatan sebelumnya (Rp. 300.000.000). Dengan demikian, penerapan metode RCM II dan LCC dapat mengoptimalkan perawatan mesin cetak Banner secara efisien biaya. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi perawatan mesin cetak Banner.*

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance (RCMII), Life Cycle Cost (LCC), Pemeliharaan*

LATAR BELAKANG

Pada era industri 4.0, terjadi peningkatan produksi manufaktur yang signifikan. Data menunjukkan bahwa industri pengolahan nonmigas mengalami pertumbuhan yang lebih tinggi daripada pertumbuhan ekonomi nasional. Hal ini menunjukkan perkembangan pasar produksi manufaktur.

Dalam kegiatan produksi, perawatan mesin memiliki peran penting untuk menjaga produktivitas perusahaan. Biaya *maintenance* dapat mencapai persentase yang signifikan dari total biaya produksi. Oleh karena itu, perawatan yang baik dapat memiliki dampak positif, seperti mengurangi waktu henti produksi, meningkatkan umur mesin, meningkatkan kualitas produk, mengurangi biaya *maintenance*, dan meningkatkan efisiensi produksi.

CV. XYZ, perusahaan percetakan, menghadapi beberapa hambatan dalam kegiatan produksinya. Salah satu hambatan yang signifikan adalah waktu *Downtime* tertinggi yang dialami oleh mesin *Printer*. Oleh karena itu, perawatan yang baik diperlukan untuk mengatasi masalah ini. CV. XYZ menerapkan metode perawatan preventif, seperti pembersihan berkala, pelumasan, dan penggantian komponen. Selain itu, penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* dan metode *Life Cycle Cost (LCC)* direkomendasikan untuk mengoptimalkan perawatan dan mengurangi biaya produksi dalam jangka panjang.

KAJIAN TEORITIS

Pemeliharaan (*Maintenance*)

Maintenance adalah aktivitas yang dilakukan untuk menjaga mesin dalam kondisi baik dan berfungsi secara normal. Ini melibatkan tindakan pemeliharaan yang diperlukan untuk mempertahankan kualitas mesin. Tujuan dari *maintenance* adalah memastikan mesin tetap beroperasi dengan baik dan siap digunakan saat diperlukan. Aktivitas *maintenance* meliputi perawatan rutin dan perbaikan untuk menjaga mesin dan peralatan tetap berfungsi dengan baik dan aman. Dalam melakukan *maintenance*, penting untuk menjaga mesin dan peralatan agar tetap berada dalam kondisi operasional yang optimal, serta mengendalikan kerusakan jika terjadi.

RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah proses analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan yang diperlukan agar suatu sistem dapat beroperasi dengan baik (Fani, 2019). Berdasarkan RCM-Gateway to World Class *Maintenance* dalam (Erwin, 2017) Langkah-langkah dalam proses RCM meliputi pemilihan sistem dan pengumpulan informasi, pendefinisian batasan sistem, pembuatan diagram sistem dan diagram blok fungsi, analisis

fungsi sistem dan kegagalan fungsi, analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisis mode kegagalan dan dampaknya, Logic Tree Analysis (LTA) untuk menentukan prioritas mode kerusakan, dan pemilihan tindakan yang sesuai.

RCM II (*Reliability Centered Maintenance II*)

Menurut (Moubray, 1997), *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan kebutuhan *maintenance* dari suatu aset fisik dalam konteks operasinya. RCM II berfokus pada upaya menjaga aset fisik agar dapat selalu berfungsi sesuai yang diinginkan. Terdapat tujuh pertanyaan dasar yang menjadi landasan RCM II: Apa fungsi dan standar aset dalam konteks operasional saat ini?, Bagaimana aset tersebut gagal dalam memenuhi fungsinya?, Apa penyebab kegagalan fungsi tersebut?, Apa konsekuensi dari kegagalan tersebut? ,Bagaimana kegagalan tersebut mempengaruhi sistem yang ada? ,Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi dan mencegah kegagalan tersebut? ,Apa langkah yang harus diambil jika tidak ada tindakan pencegahan yang sesuai?

Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu.

Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda.

Laju Kerusakan

Laju kerusakan adalah probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan $\lambda(t)$ dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = P\{x < t + \Delta t / x > t\}$$

Penentuan Waktu Interval Perawatan

Penentuan *Maintenance task* dilakukan dengan menganalisis *information Worksheet* dan *Decision Worksheet*. Analisis pada *information Worksheet* dilakukan dengan mengamati record failure. Tabel *information Worksheet* terdiri dari fungsi sistem, kegagalan sistem dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Hasil *Maintenance task* yang telah ditentukan

kemudian akan ditentukan interval waktu yang tepat untuk melakukan perawatan. Perhitungan interval waktu ini tergantung pada jenis *task* yang ada pada komponen. Rumus untuk menghitung interval perawatan schedule on condition *task* yaitu (Dhamayanti dkk, 2016):

$$PM = 12XP - F \text{ interval}$$

LCC

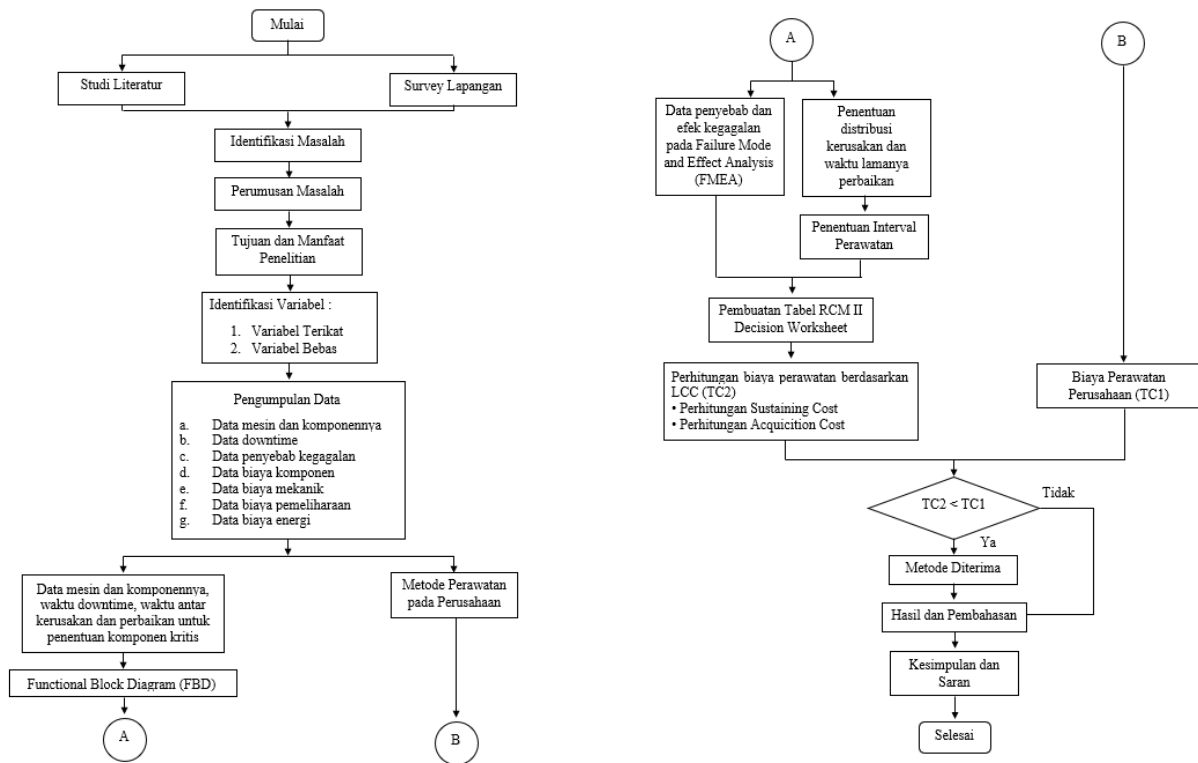
Menurut Blanchard dan Fabricky (1990) *Life Cycle Costing* merupakan penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga penyelesaian, baik peralatan maupun proyek seperti yang ditentukan oleh studi analisis dan perkiraan pengeluaran total yang dialami selama hidup. Tujuan dari analisis LCC adalah untuk memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif sehingga *Cost term ownership* (kepemilikan) yang paling pendek tercapai. Pendekatan *Life Cycle Cost* menekankan pada pertimbangan total *Cost* selama pengoperasian equipment daripada initial *Cost*. Model adalah gambaran dari suatu permasalahan yang dapat merepresentasikan permasalahan yang sebenarnya. Berikut adalah model dari *Life Cycle Cost*.

Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh Amalia, S. Subekti, A. Setiawan, P.A (2021) berjudul "Perencanaan Kegiatan Perawatan dengan Metode RCM II dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler Perusahaan Rokok" bertujuan untuk melakukan pemeliharaan terencana dan menentukan persediaan suku cadang pada boiler perusahaan rokok. Penelitian ini menggunakan metode RCM II dan Economic Order Quantity (EOQ) untuk mengevaluasi kegagalan fungsi komponen melalui analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta melakukan perhitungan nilai MTTF, MTTR, dan interval perawatan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 14 bentuk kegagalan fungsi pada boiler, dan metode RCM II mengidentifikasi 7 failure mode yang dapat dicegah melalui *scheduled discard task*, 6 failure mode yang dapat dicegah melalui *scheduled restoration task*, serta 1 failure mode yang dapat dicegah melalui *scheduled on conditional task*. Dalam perhitungan EOQ, terdapat 7 komponen yang masuk dalam perencanaan persediaan suku cadang.

METODE PENELITIAN

Untuk mengatasi masalah yang teridentifikasi, peneliti menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* dan *Life Cycle Cost*. Berikut adalah langkah-langkah yang diambil untuk memperbaiki masalah tersebut :



Gambar 3. 1 Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Penelitian ini melibatkan beberapa tahap, dimulai dari penentuan topik dan pengajuan proposal skripsi kepada CV. XYZ. Dilakukan studi literatur dan survei lapangan untuk mengumpulkan data sebagai dasar teoritis dan memahami kondisi nyata terkait dengan penelitian. Identifikasi masalah dilakukan dengan berkoordinasi dengan perwakilan perusahaan, diikuti oleh perumusan masalah dan penentuan metode yang tepat. Tujuan dan manfaat penelitian dirumuskan untuk mengatasi permasalahan dan memberikan manfaat. Identifikasi variabel dilakukan berdasarkan studi literatur dan lapangan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara, termasuk data mesin, *Downtime*, penyebab kegagalan, dan biaya perawatan. Data tersebut diolah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) dengan langkah-langkah pemilihan sistem, definisi batasan sistem, deskripsi sistem, analisis kegagalan fungsi, dan penentuan tindakan. Distribusi kerusakan ditentukan, interval perawatan diusulkan, dan biaya perawatan dihitung dengan metode *Life Cycle Cost* (LCC). Hasil dan pembahasan disajikan, diikuti dengan kesimpulan, usulan perbaikan, dan saran. Penelitian ini selesai setelah melewati semua tahap tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Data Mesin dan Komponennya

Data mesin beserta komponennya dapat dilihat dengan detil pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4. 1 Data Mesin dan Komponennya

No	Mesin	Komponen
1	Mesin Print Banner	<i>Print Head</i>
2		<i>Carriage Belt</i>
3		<i>Encoder Strip</i>
4		<i>Power Supply</i>
5		<i>Sensor</i>

Sumber : data sekunder

Data Downtime

Data *Downtime* pada bulan Januari 2022 sampai Desember 2022 dapat dilihat secara detil pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4. 2 Data Downtime Mesin Printer

No	Tanggal Kerusakan	Nama Mesin	Nama Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)
1	02/01/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	45
2	10/01/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	100
3	18/01/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	187
4	02/02/2022	<i>Printer</i>	<i>Sensor</i>	119
5	28/03/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	179
6	25/04/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	54
7	18/05/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	145
8	18/05/2022	<i>Printer</i>	<i>Sensor</i>	122
9	10/06/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	192
10	02/07/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	92
11	12/08/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	42
12	22/08/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	187
13	28/08/2022	<i>Printer</i>	<i>Sensor</i>	115
14	01/09/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	132
15	30/10/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	182
16	30/11/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	56
17	13/12/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	142
18	13/12/2022	<i>Printer</i>	<i>Sensor</i>	124
19	28/12/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	115
Total				2330

Sumber : data sekunder

Dengan menggunakan informasi yang tertera dalam tabel sebelumnya, kami dapat melakukan perhitungan untuk mengidentifikasi interval antara kerusakan dan lama waktu

perbaikan dari setiap komponen yang kritis. Di bawah ini adalah hasil perhitungan untuk masing-masing komponen yang kritis:

Tabel 4. 3 Data waktu antar kerusakan dan perbaikan *Print Head*

No	Tanggal Kerusakan	Mesin	Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)	Kerusakan Antar Jam (Jam)
1	10/1/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	100	4152
2	2/7/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	92	
3	28/12/2022	<i>Printer</i>	<i>Print Head</i>	115	4296
Total				307	8448

Tabel 4. 4 Data waktu antar kerusakan dan perbaikan *Carriage Belt*

No	Tanggal Kerusakan	Mesin	Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)	Kerusakan Antar Jam (Jam)
1	18/01/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	187	1656
2	28/03/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	179	
3	10/06/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	192	1776
4	22/08/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	187	1752
5	30/10/2022	<i>Printer</i>	<i>Carriage Belt</i>	182	1656
Total				927	6840

Tabel 4. 5 Data waktu antar kerusakan dan perbaikan *Encoder Strip*

No	Tanggal Kerusakan	Mesin	Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)	Kerusakan Antar Jam (Jam)
1	02/01/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	45	2712
2	25/04/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	54	
3	12/08/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	42	2616
4	30/11/2022	<i>Printer</i>	<i>Encoder Strip</i>	56	2640
Total				197	7968

Tabel 4. 6 Data waktu antar kerusakan dan perbaikan *Power Supply*

No	Tanggal Kerusakan	Mesin	Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)	Kerusakan Antar Jam (Jam)
1	18/05/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	145	2544
2	01/09/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	132	
3	13/12/2022	<i>Printer</i>	<i>Power Supply</i>	142	2472
Total				419	5016

Tabel 4. 7 Data waktu antar kerusakan dan perbaikan Sensor

No	Tanggal Kerusakan	Mesin	Komponen	Downtime (Menit)	Kerusakan Antar Jam (Jam)
1	02/02/2022	Printer	Sensor	119	2520
2	18/05/2022	Printer	Sensor	122	
3	28/08/2022	Printer	Sensor	115	2448
4	13/12/2022	Printer	Sensor	124	2568
Total				480	7536

Berdasarkan data dari tabel 4.3 hingga 4.7 dapat diketahui data *Downtime* untuk masing – masing komponen pada mesin *Printer*, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Data Downtime Komponen Mesin Printer

No	Komponen	Frekuensi	Total Downtime (Menit)
1	Print Head	2	307
2	Carriage Belt	5	927
3	Encoder Strip	4	197
4	Power Supply	2	419
5	Sensor	4	480
Total		19	2330

Data Biaya Komponen

Berikut ini adalah data biaya komponen pada mesin *Printer*:

Tabel 4. 9 Data Biaya Komponen dan Total Cost Perusahaan

No	Komponen	Harga	Frekuensi	Total Cost
1	Print Head	Rp. 5.000.000	3	Rp. 15.000.000
2	Carriage Belt	Rp. 500.000	5	Rp. 2.500.000
3	Encoder Strip	Rp. 300.000	4	Rp. 1.200.000
4	Power Supply	Rp. 1.000.000	3	Rp. 3.000.000
5	Sensor	Rp. 100.000	4	Rp. 400.000
Total		Rp. 6.900.000	19	Rp. 22.100.000

Data Biaya Mekanik

Berikut ini adalah data biaya biaya mekanik menurut data perusahaan :

Tabel 4. 10 Data biaya mekanik

No	Nama	Jumlah Mekanik	Biaya (Rp/ Bulan)
1	Mekanik	2	Rp. 1.500.000
Total			Rp. 3.000.000

Data Biaya Kerugian Akibat Mesin Downtime (Mesin Menganggur)

Kerusakan mesin membuat perusahaan mengalami penurunan omset secara tidak langsung.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Downtime} &= \text{harga produk} \times \text{output} \\
 &= \text{Rp. } 100.000 \times 15 \\
 &= \text{Rp. } 1.500.000
 \end{aligned}$$

Pengolahan Data

Biaya Perawatan Perusahaan (TC1)

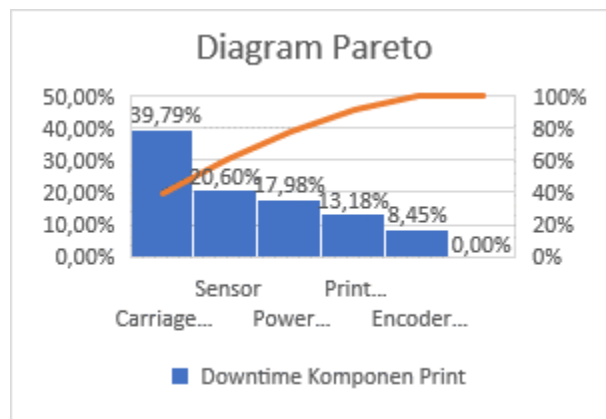
Berdasarkan data informasi yang diperoleh dari perusahaan, biaya perawatan komponen yang mencakup preventive *maintenance* mencapai sekitar Rp. 300.000.000 per tahun.

Penentuan Komponen Kritis

Dalam menentukan komponen yang kritis pada mesin Roland VersaART RA 640, digunakan data *Downtime* yang tercatat pada tabel 4.8. Dari data tersebut, dihitung persentase *Downtime* untuk setiap komponen serta persentase *Downtime* kumulatif yang akan digunakan untuk membuat diagram pareto.

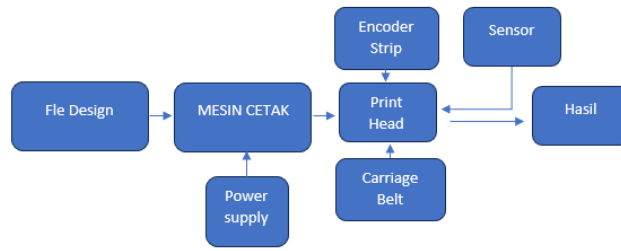
Tabel 4. 11 Urutan Komponen Kritis Berdasarkan Nilai *Downtime*

No	Komponen	Total <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i> Kumulatif
1	<i>Print Head</i>	307	13,18%	13,18%
2	<i>Carriage Belt</i>	927	39,79%	52,96%
3	<i>Encoder Strip</i>	197	8,45%	61,42%
4	<i>Power Supply</i>	419	17,98%	79,40%
5	<i>Sensor</i>	480	20,60%	100,00%
Total		2330	100%	



Gambar 4. 1 Diagram Pareto pada Mesin Print

Functional Block Diagram



Gambar 4. 2 Functional Block Diagram Mesin Printer Banner

Penyusunan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah membahas tentang sistem kerja mesin print sebelumnya, langkah selanjutnya akan melibatkan pembuatan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tabel ini akan digunakan untuk mengidentifikasi fungsi, kegagalan fungsional, mode kegagalan, dan efek kegagalan dari setiap komponen mesin print. Selanjutnya, akan dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan perkalian tingkat keparahan (*Severity/S*), tingkat kejadian (*Occurrence/O*), tingkat deteksi (*Detection/D*), dan komponen dengan nilai RPN tertinggi akan mendapatkan perawatan prioritas.

RCM INFORMATION WORKSHEET									
Komponen	Function	Function Failure	Failure Modes (Cause of failure)	Failure Effect (what happen if it failure)	S	O	D	RPN	
Encoder Strip	1	menyumbat mengontrol dan mengontrol pergerakan kartrid atau printhead	1	Pindah karena benotoran kasar	1	Pesangan kasar	1	Hasil cetakan tidak akurat	6 4 7 16 8
Power Supply	1	menyediakan listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan berbagai komponen mesin	1	kegagalan atau kerusakan pada komponen internal	1	listrik tidak stabil	1	menyebabkan mesin printer tidak beroperasi	5 3 8 12 0
Sensor	1	menyumbat mesin dalam mengatur gerakan dan fungsi yang tepat.	1	kerusakan elektronik, sensor yang rusak, atau koneksi yang tidak stabil	1	Pemakaian berlebihan	1	Tidak dapat mendeteksi posisi yang benar	7 2 6 84
Print Head	1	Fungsi utama Print Head adalah melepaskan tinta kecil-kecil dalam jumlah yang tepat pada posisi yang ditentukan	1	Penggunaan yang tidak tepat	7	2	5	70	
Carriage Belt	1	Fungsi utama Carriage Belt adalah mentransmisikan	1	Pemakaian yang intensif	8	4	4	128	

Gambar X.X FMEA

Penentuan Distribusi Kerusakan

Dalam menentukan distribusi kerusakan, terdapat dua uji yang dilakukan, yaitu uji distribusi waktu antara kerusakan dan uji distribusi waktu perbaikan. Uji ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Minitab 18.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Distribusi Waktu Antar Kerusakan

No	Komponen	Keterangan	Distribusi	Parameter	
				β (<i>Shape</i>)	η (<i>Scale</i>)
1	<i>Print Head</i>	Tf (<i>Time Failure</i>)	Weibull	70,3743	4259,15
2	<i>Carriage Belt</i>	Tf (<i>Time Failure</i>)	Weibull	36,3948	1736,55
3	<i>Encoder Strip</i>	Tf (<i>Time Failure</i>)	Weibull	67,1288	2676,96
4	<i>Power Supply</i>	Tf (<i>Time Failure</i>)	Weibull	83,5719	2525,61
5	<i>Sensor</i>	Tf (<i>Time Failure</i>)	Weibull	61,9907	2535,49

Sumber : Pengolahan Data

Setelah diperoleh distribusi serta parameter masing-masing distribusi pada hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan, selanjutnya dilakukan perhitungan Mean *Time To Failure* (MTTF)

Tabel 4. 13 Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*)

No	Komponen	MTTF (jam)
1	<i>Print Head</i>	4235
2	<i>Carriage Belt</i>	1708
3	<i>Encoder Strip</i>	2662
4	<i>Power Supply</i>	2511
5	<i>Sensor</i>	2507

Tabel 4. 14 Nilai MTTR (*Mean Time To Repair*)

No	Komponen	MTTR (jam)
1	<i>Print Head</i>	1,7
2	<i>Carriage Belt</i>	2,99
3	<i>Encoder Strip</i>	0,8
4	<i>Power Supply</i>	2
5	<i>Sensor</i>	2

Penentuan Interval Perawatan

Untuk menentukan interval perawatan yang optimal pada setiap komponen, diperlukan parameter distribusi waktu antara kerusakan yang cocok, biaya penggantian akibat kerusakan, dan biaya penggantian akibat perawatan pada komponen mesin print. Sebelum interval perawatan dapat ditentukan, perhitungan biaya dilakukan sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Biaya Penggantian Karena Perawatan (CM)

No	Komponen	Harga	Biaya Mekanik (Perhari)	MMTR (jam)	CM
1	<i>Print Head</i>	Rp. 5.000.000	Rp. 100.000	1,7	Rp. 5.170.000
2	<i>Carriage Belt</i>	Rp. 500.000	Rp. 100.000	2,99	Rp. 799.000
3	<i>Encoder Strip</i>	Rp. 300.000	Rp. 100.000	0,8	Rp. 380.000
4	<i>Power Supply</i>	Rp. 1.000.000	Rp. 100.000	2	Rp. 1.200.000
5	<i>Sensor</i>	Rp. 100.000	Rp. 100.000	2	Rp. 300.000

Tabel 4. 16 biaya penggantian komponen karena kerusakan (CF)

No	Komponen	Harga	Biaya Mekanik (Perhari)	Biaya Downtime	MMTR (jam)	CF
1	<i>Print Head</i>	5.000.000	100.000	1.500.000	1,7	7.720.000
2	<i>Carriage Belt</i>	500.000	100.000	1.500.000	2,99	5.284.000
3	<i>Encoder Strip</i>	300.000	100.000	1.500.000	0,8	1.580.000
4	<i>Power Supply</i>	1.000.000	100.000	1.500.000	2	4.200.000
5	<i>Sensor</i>	100.000	100.000	1.500.000	2	3.300.000

Tabel 4. 17 Interval Perawatan

No	Komponen	β (shape)	η (Scale)	CM (Rp)	CF (Rp)	TM (jam)
1	<i>Print Head</i>	70,3743	4259,15	5.170.000	7.720.000	4332.92
2	<i>Carriage Belt</i>	36,3948	1736,55	799000	5284000	1776.03
3	<i>Encoder Strip</i>	67,1288	2676,96	380000	1580000	2591.58
4	<i>Power Supply</i>	83,5719	2525,61	1200000	4200000	2494.44
5	<i>Sensor</i>	61,9907	2535,49	300000	3300000	2535.84

RCM II Decision Worksheet

Setelah dilakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) komponen mesin print yang terdapat pada tabel 4.12 dan telah diketahui nilai dari interval perawatan (TM) pada mesin print yang terdapat pada tabel 4.21 maka pada tahap selanjutnya yaitu membuat tabel RCM II *Decision Worksheet*. RCM II *Decision Worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap failure modes. Berdasarkan gambar tabel dibawah ini, kita dapat melihat RCM II *Decision Worksheet* pada mesin print.

Komponen	RCM II DECISION WORKSHEET															Proposed Task	Interval TM (jam)	Can be done by				
	Information Reference			Consequence Evaluation					H1 H2 H3			Default Action										
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2				N3	H1	H2	H3
Print Head	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N										Scheduled restoration task. Tindakan pemulihan kemampuan item agar Print Head tidak terjadi penyumbatan di nozzle, hal ini merupakan cara terbaik yang harus digunakan guna mengatasi kerusakan pada Print Head.	4332.92	Mekanik
Carriage Belt	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y										Scheduled discard task. tindakan mengganti carriage belt yang kendur. Hal ini merupakan cara terbaik yang harus digunakan guna mengatasi kerusakan pada carriage belt.	1776.03	Mekanik
Encoder Strip	1	A	1	Y	N	N	Y	Y	N	N										Scheduled discard task. tindakan mengganti encoder strip yang patah. Hal ini merupakan cara terbaik yang harus digunakan guna mengatasi kerusakan pada encoder strip.	2591.58	Mekanik
Power Supply	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N										Scheduled restoration task. Tindakan pemulihan kemampuan item agar power supply tidak over heat, hal ini merupakan cara terbaik yang harus digunakan guna mengatasi kerusakan pada power supply.	2494.44	Mekanik
Sensor	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N										Scheduled discard task. tindakan mengganti sensor. Hal ini merupakan cara terbaik yang harus digunakan guna mengatasi kerusakan pada sensor.	2535.84	Mekanik

Sustaining Cost

Sustaining Cost adalah jumlah dari biaya operasional tahunan, biaya perawatan tahunan, dan biaya kekurangan tahunan. Perhitungan berikut digunakan untuk menentukan nilai dari *Sustaining Cost*:

Umur(n)	Sustaining Cost (M=2)	Sustaining Cost (M=4)
1	171.696.495	242.789.324
2	178.891.671	253.195.084
3	186.555.939	264.108.684
4	194.756.106	275.554.531
5	203.599.203	287.560.650
6	213.180.963	300.150.681
7	223.717.670	313.357.116
8	235.416.906	327.205.892
9	248.589.647	341.726.207
10	263.650.569	356.947.978
11	281.307.459	372.905.931
12	302.495.532	389.633.004

Acquisition Cost

Acquisition Cost merupakan penjumlahan dari *annual purchasing Cost* dan *annual population Cost*. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai dari *acquisition Cost*:

Tabel 4. 18 Acquisition Cost

Umur(n)	<i>Annual Purchasing Cost</i>	<i>Annual Population Cost</i>	<i>Acquisition Cost</i>
1	103.873.980	111.629.460	215.503.440
2	53.900.275	60.913.465	114.813.740
3	37.297.246	44.104.839	81.402.085
4	29.020.194	35.739.743	64.759.937
5	24.073.455	30.751.864	54.825.319
6	20.791.873	27.452.692	48.244.565
7	18.461.673	25.118.072	43.579.745
8	16.726.061	23.386.400	40.112.461
9	15.386.649	22.056.311	37.442.960
10	14.324.444	21.006.987	35.331.431
11	13.463.895	20.162.105	33.626.000
12	12.754.444	19.470.243	32.224.687

Total Biaya Berdasarkan Metode *Life Cycle Cost* (LCC)

Total *Life Cycle Cost* adalah perhitungan total *Cost* dari awal biaya pembelian sampai akhir dari umur mesin. LCC diperoleh dari menjumlahkan total *Sustaining Cost* yang terdiri dari *operating Cost*, *maintenance Cost*, *shortage Cost*, dan *acquisition Cost* yang terdiri dari *purchasing Cost* dan *population Cost*. Hasil dari LCC keseluruhan bisa dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4. 19 Metode LCC (*Life Cycle Cost*)

Umur (n)	<i>LCC (Life Cycle Cost)</i>	
	M = 2	M = 4
1	387.199.935	458.292.764
2	293.705.411	368.008.824
3	267.958.024	345.510.769
4	259.516.043	340.314.468
5	258.424.522	342.385.969
6	261.425.528	348.395.246
7	267.297.415	356.936.861
8	275.529.367	367.318.353
9	286.032.607	379.169.167
10	298.982.000	392.279.409
11	314.933.459	406.531.931
12	334.720.219	421.857.691

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa total *Life Cycle Cost* mengalami kenaikan dari tahun ke tahun dengan dipengaruhi nilai dari *Sustaining Cost* dan *acquisition Cost*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Didapatkan hasil perhitungan interval perawatan pada setiap komponen *Printer* yaitu untuk komponen *Print Head* didapatkan nilai interval sebesar 4332.92 jam/ setiap 181 hari dalam setahun dengan pemilihan tindakan yaitu *scheduled restoration task*, untuk komponen

Carriage Belt didapatkan nilai interval sebesar 1776.03 jam/ setiap 74 hari dalam setahun dengan pemilihan tindakan yaitu *scheduled discard task*, untuk komponen *Encoder Strip* didapatkan nilai interval sebesar 2591.58 jam/ setiap 108 dalam setahun dengan pemilihan tindakan yaitu *scheduled discard task*, untuk komponen *Power Supply* didapatkan nilai interval sebesar 2494.44 jam/ setiap 104 hari dalam setahun dengan pemilihan tindakan yaitu *scheduled restoration task*, dan untuk komponen *Sensor* didapatkan nilai interval sebesar 2535.84 jam/ setiap 106 hari dalam setahun dengan pemilihan tindakan yaitu *scheduled restoration task*.

Dari hasil perhitungan total *Life Cycle Cost* sebesar Rp. 258.424.522 (TC2) untuk mekanik sebanyak 2 orang dalam melakukan perawatan dengan total *Cost* perusahaan (TC1) diketahui sebesar Rp 300.000.000. Maka dapat disimpulkan bahwasannya $TC2 < TC1$. Maka metode dapat dijadikan sebagai alternatif perawatan guna mengurangi biaya perawatan.

DAFTAR REFERENSI

- Alting, L., & Jensen, H. V. (2011). *Life Cycle Costing: Theory and practice*. Springer Science & Business Media.
- Erwin N. (2017). “Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* Menggunakan Software SPSS Pada Sistem Pendingin Generator Mitsubishi Kapasitas 62500 kVA (Studi Kasus Di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk)”. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Fani W. R. (2016). “Implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada Proses Gas Kriogenik”. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Heizer, J., & Render, B. (2017). “Operations management. Pearson Education Limited”. London : Pearson Education Limited.
- Moubray, J. (1997). “Reliability-Centered Maintenance”. Butterworth: Heinemann
- Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (1978). “Reliability-Centered Maintenance”. *Aviation Week & Space Technology*, 109(18), 40-43.
- Park, S. C., & Kim, J. T. (2014). *Life Cycle Cost* analysis for building systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 1-8
- Pasaribu, M. I. et al. (2021). “Analisis Perawatan (Maintenance) Mesin Screw Press Di Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Di PT. XYZ”. *JITEKH*, Vol. 9, No. 2, Tahun 2021, 104-110
- Pranowo, I. D. (2019). “Sistem Manajemen Pemeliharaan”. Yogyakarta : Penerbit Deepublish
- Rahaja, I.P, et al. (2021). “ANALISIS SISTEM PERAWATAN MESIN BUBUT MENGGUNAKAN METODE RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) DI CV. JAYA PERKASA TEKNIK”. *Industri Inovatif - Jurnal Teknik Industri ITN Malang*. E-ISSN: 2615 - 3866