

# ANALISIS RELIABILITAS, LAJU KERUSAKAN, DAN ANALISIS BIAYA PADA MESIN PENENUN MENGUNAKAN METODE LCC DI PT XYZ MOJOKERTO

Ichwan Putra Cahyadi<sup>1)</sup>, Endang Pudji Widjajati<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

e-mail : [Ichwanputra54@gmail.com](mailto:Ichwanputra54@gmail.com)<sup>1)</sup>, [Endangp.ti@upnjatim.ac.id](mailto:Endangp.ti@upnjatim.ac.id)<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

*Tingkat keandalan pada suatu mesin merupakan hal yang sangat penting bagi produktivitas sebuah perusahaan manufaktur. PT XYZ merupakan salah satu perusahaan textile terbesar di Indonesia dan mempunyai banyak cabang, salah satunya di Mojokerto. Salah satu mesin vital di PT XYZ Mojokerto, yakni mesin penenun memiliki tingkat kerusakan mendadak yang cukup tinggi dan hal ini mengganggu produktivitas di PT XYZ Mojokerto. Sejak bulan November 2019 – November 2020 tercatat mesin penenun di PT XYZ Mojokerto mengalami 18 kali kerusakan mendadak. Dalam melakukan preventive maintenance perusahaan tidak pernah melakukan perhitungan jadwal preventive maintenance dan hanya mengikuti instruksi buku panduan perawatan mesin sehingga jadwal perawatan yang ada belum optimal karena tidak berdasarkan kondisi aktual mesin saat ini dan menyebabkan biaya perawatan meningkat. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menganalisa keandalan dan laju kerusakan pada mesin penenun guna menghasilkan penjadwalan perawatan yang efisien dan total penggunaan biaya yang minimum pada mesin penenun dengan tingkat keandalan terendah di PT XYZ Mojokerto menggunakan metode LCC. LCC (Life Cycle Cost) adalah jumlah semua pengeluaran yang berkaitan dengan item tersebut sejak dirancang sampai tidak terpakai lagi. Pada hasil perhitungan didapatkan jadwal perawatan yang efisien sebaiknya dilakukan setiap 6 hari dan nilai LCC terendah sebesar Rp450.864.539,85 dengan umur optimal pada mesin 6 tahun dan jumlah mekanik sebanyak 1 orang.*

**Kata Kunci:** Maintenance, Mean Time To Failure, Life Cycle Cost

## ABSTRACT

*The reliability level of a machine is very important for the productivity of a manufacturing company. PT XYZ is one of the largest textile companies in Indonesia that has many branches, one of which is in Mojokerto. One of the vital machines at PT XYZ Mojokerto, namely the weaving machine, has a quite high level of sudden damage and this has disrupted productivity at PT XYZ Mojokerto. Since November 2019 - November 2020, PT XYZ Mojokerto's weaving machines have experienced 18 sudden breakdowns. In carrying out preventive maintenance, the company never calculates the preventive maintenance schedule and only follows the machine maintenance manual instructions so that the existing maintenance schedule is not optimal because it is not based on the actual condition of the current machine and causes maintenance costs to increase. In connection with these problems, a study was conducted to analyze the reliability and rate of damage to weaving machines in order to produce efficient maintenance scheduling and minimum total cost usage on weaving machines with the lowest reliability level at PT XYZ Mojokerto using the LCC method. LCC (Life Cycle Cost) is the sum of all expenses related to this item from the time it was designed until it is no longer used. In the calculation results, it is found that an efficient maintenance schedule should be done every 6 days and the lowest LCC value is ID450.864.539,85 with optimal age on the machine 6 years and the number of mechanics is 1 person.*

**Keywords:** Maintenance, Mean Time To Failure, Life Cycle Cost

## I. PENDAHULUAN

Di era industri 4.0 ini perusahaan manufaktur berlomba-lomba meningkatkan produktivitasnya seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi yang ada. Salah satu faktor kunci dalam industri 4.0 adalah keandalan mesin untuk meningkatkan produktivitas. Tingkat keandalan pada suatu mesin merupakan hal yang sangat penting bagi produktivitas sebuah perusahaan manufaktur. Menurut Muchiri, et al (2019), perawatan adalah tindakan atau hal yang terkait dengan pencapaian target produksi (melalui tinggi ketersediaan) pada tingkat kualitas yang dibutuhkan, dan dalam batasan Oleh sebab itu perusahaan di era industri 4.0 ini harus benar-benar melakukan pengecekan dan perawatan secara berkala fasilitas yang ada terutama mesin sehingga proses produksi tidak terganggu karena adanya mesin yang tidak berjalan (Deradjad Pranowo, 2019).

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan textile terbesar di Indonesia dan mempunyai banyak cabang, salah satunya di Mojokerto. Pada proses produksi PT XYZ Mojokerto menggunakan berbagai macam mesin. Salah satu mesin vital di PT XYZ Mojokerto, yakni mesin penenun memiliki tingkat kerusakan mendadak yang cukup tinggi dan hal ini mengganggu produktivitas di PT XYZ Mojokerto. PT XYZ dalam merawat mesin menggunakan metode *preventive maintenance* dan *correcitve maintenance*.

PT XYZ Mojokerto Dalam melakukan *preventive maintenance* perusahaan tidak pernah melakukan perhitungan jadwal *preventive maintenance* dan hanya mengikuti instruksi buku panduan perawatan mesin sehingga jadwal perawatan yang ada belum optimal karena tidak berdasarkan kondisi aktual mesin saat ini dan menyebabkan biaya perawatan meningkat. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menganalisa keandalan dan laju kerusakan pada mesin penenun guna menghasilkan penjadwalan perawatan yang efisien dan total penggunaan biaya yang minimum pada mesin penenun dengan tingkat keandalan terendah di PT XYZ Mojokerto menggunakan metode LCC

## II. PANDUAN UNTUK MEMPERSIAPKAN ARTIKEL

### A. Pengertian Perawatan

Perawatan adalah tindakan untuk mengontrol atau mencegah proses kerusakan yang mengarah ke kegagalan suatu objek dan memulihkan objek ke status operasionalnya melalui perbaikan dengan tindakan setelah ada kegagalan atau kerusakan, tindakan yang pertama disebut sebagai perawatan preventif dan tindakan kedua disebut perawatan korektif (CM) (Listiyani, et al., 2019). Perawatan adalah kombinasi dari semua tindakan administratif teknis dan terkait yang dimaksudkan untuk menyimpan item, atau mengembalikannya kedalam keadaan di mana item dapat menjalankan fungsi yang diperlukan (Daya et al, 2018).

### B. Tujuan Perawatan

Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan Dhilon (2017) disebutkan sebagai berikut (Dhilon, 2017) :

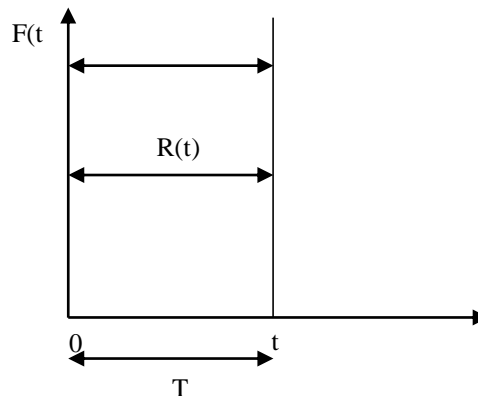
1. Mengurangi frekuensi dan jumlah perawatan.
2. Meningkatkan operasi yang berhubungan dengan perawatan.
3. Mengurangi jumlah dukungan suplai yang dibutuhkan.
4. Meningkatkan keterampilan pemeliharaan yang dibutuhkan.
5. Meningkatkan organisasi pemeliharaan.
6. Meningkatkan dan memastikan keandalan pada semua fasilitas pemeliharaan.
7. Menetapkan frekuensi dan tingkat pencegahan yang optimal pemeliharaan yang akan dilakukan

### C.Keandalan (Reliability)

Keandalan berasal dari kata *reliable*, dalam bahasa Inggris, yang artinya bisa diandalkan. Keandalan didasarkan pada teori statistik probabilitas, yang tujuan pokoknya adalah mampu diandalkan untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dengan suatu kemungkinan sukses dalam periode waktu tertentu yang direncanakan (Muhsin & Syarafi, 2018). Menurut Yanti & Vivi Tri (2015) Keandalan bisa dicari dengan menggunakan rata-rata banyaknya kegagalan dalam periode waktu tertentu (*failure rate*). Dapat pula dinyatakan sebagai lamanya waktu rata-rata antar kegagalan (*mean time to failure*).Keandalan akan mempengaruhi kondisi alat/mesin untuk berfungsi dengan baik terutama untuk produk/barang yang *repairable* (dapat diperbaiki) (Weygand, et al., 2018). Menurut Lughofer & Moamar (2019) Secara umum pengujian keandalan bertujuan untuk:

1. Menentukan kondisi penggunaan peralatan.
2. Memformulasikan kebijakan garansi
3. Mengidentifikasi alur kegagalan design manufacturing.
4. Membantu dalam pemilihan kebijakan strategi penggunaan alat.

Untuk menghitung jarak waktu antar kerusakan perhitungan dilakukan dengan cara menghitung jumlah hari sejak komponen pertama kali digunakan hingga rusak kembali yang dikalikan dengan waktu operasi mesin tersebut per hari-nya (Kennet, et al., 2018). Suatu peralatan dinyatakan memiliki dua kondisi yaitu "rusak" dan "baik" yang merupakan proses probabilistik sehingga jika keandalan bernilai 0, maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan rusak dan jika bernilai 1, maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan baik (Ansori & Mustajib, 2017). Jika keandalan dinotasikan sebagai  $R(t)$  maka keandalan berkisar  $0 \leq R(t) \leq 1$  sehingga dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Fungsi Keandalan Sebagai Fungsi Waktu

Dimana menurut Ansori dan Mustajib (2017):

$R(t)$  = Fungsi keandalan

$F(t)$  = Probabilitas kerusakan

$T$  = Jangka waktu suatu peralatan beroperasi sampai mengalami kerusakan yang merupakan variabel acak

$R(t) = P \{ \text{Mesin dapat berfungsi} \}$  pada saat  $t$

$= P \{ T \}$  (mesin dapat berfungsi)

$= 1 - P \{ T > t \}$

$= 1 - F\{t\}$

Jadi keandalan dapat dihitung dengan rumus:

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t) dt$$

$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana:

$R(t)$  = Fungsi keandalan

$f(t)$  = Fungsi kepadatan peluang

Untuk  $t \rightarrow 0$ ,  $R(t) \rightarrow 1$ , berarti sistem dalam keadaan baik (optimal)

Untuk  $t \rightarrow \infty$ ,  $R(t) \rightarrow 0$ , berarti sistem dalam keadaan rusak

#### D. MTTF (Mean Time to Failure) dan MTTR (Mean Time to Repair)

MTTF (Mean Time to Failure) adalah rata-rata waktu kegagalan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen), pada suatu sistem yang dapat diperbaiki, MTTF adalah masa kerja suatu komponen mesin saat digunakan pertama kali atau dihidupkan hingga mesin tersebut akan mengalami kerusakan atau perlu diperiksa kembali. Dalam proses perhitungan penjadwalan sebelumnya harus menentukan nilai keandalan dilakukan berdasar nilai parameter MTTF (Pandi, et al., 2019)

MTTR (Mean Time to Repair) merupakan waktu rata-rata perbaikan saat komponen tersebut diperiksa atau diperbaiki sampai komponen tersebut digunakan kembali. Perhitungan MTTR dan MTTF memiliki rumus yang sama dan didefinisikan sebagai berikut (Sombah C.M et al., 2016):

1. Distribusi normal  $MTTF/MTTR = \mu a$
2. Distribusi lognormal  $MTTF/MTTR = tmed e^{(s)}$
3. Distribusi weibull  $MTTF/MTTR = \beta \Gamma[\frac{1}{\alpha+1}]$
4. Distribusi exponential  $MTTF/MTTR = \frac{1}{\lambda a}$

#### E. Life Cycle Cost

LCC adalah semua biaya yang diantisipasi terkait dengan proyek atau program sepanjang hidupnya. LCC adalah jumlah total dari direct, indirect, biaya berulang, tidak berulang, dan biaya terkait lainnya yang dikeluarkan, atau diperkirakan akan dikeluarkan, dalam desain, penelitian dan pengembangan, investasi, operasi, pemeliharaan, pensiun, dan dukungan lain dari produk sampai berakhir siklus hidupnya (yaitu, umur manfaat yang diantisipasi) (Farr & Feber, 2019). Menurut Moins, et al (2020) LCC mengacu pada total biaya yang terkait dengan mesin atau sistem selama siklus hidup yang ditentukan dan *Life Cycle Cost Modelling* dibuat untuk memperlihatkan persentase tiap kategori biaya yang ada pada *life cycle cost* (Firsani & Utomo, 2018).

Menurut Janitra, et al (2018) Tujuan dari analisis LCC adalah untuk memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari sekumpulan alternative untuk mencapai biaya terendah dari kepemilikan jangka panjang dan menilai semua komponen biaya selama hidup seluruh produk mengingat bahwa semua kegiatan diseluruh siklus hidup akan menentukan keuntungan finansial nyata suatu produk. Metode *Life Cycle Cost* banyak digunakan karena perhitungan biaya dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* lebih sederhana dengan komposisi biaya yang sama dibandingkan perhitungan biaya dengan metode yang lain (Sari, et al., 2015).

Dalam penelitian ini, permasalahan dimodelkan melalui pendekatan LCC, yang dihitung dengan menggunakan biaya-biaya di bawah ini (Saputra, et al., 2018):

##### 1. Sustaining Cost

*Sustaining cost* adalah biaya kepemilikan suatu perangkat yang harus dikeluarkan selama periode tertentu. *Sustaining* merupakan jumlah dari *annual maintenance cost*, *annual operation cost*, dan *annual shortage cost* (Inayah, 2020):

- a. Mencari nilai *Operation cost*

$$OC = EC + (LC * TK)$$

Keterangan: OC : *Operating cost*

EC : *Energy cost*

LC : *Labor operating cost*

TK : Tenaga kerja

- b. Mencari nilai *Maintenance Cost*

$$MC = (Cr + Cl + Cc)$$

(2.44)

Keterangan: MC : *Maintenance cost*  
Cr : *Repair cost*  
CL : *Labor cost*  
Cc : *Consumable cost*

c. Mencari Nilai *Shortage Cost*

$$SC = C_s [E(S)] \quad (2.45)$$

Keterangan: SC = *Shortage Cost*

E(S) = Jumlah mekanik yang kurang

Cs = *Shortage Cost/unit*

2. *Acquisition Cost*

*Acquisition cost* merupakan biaya pembelian mesin/sistem yang dikeluarkan di awal *Acquisition cost* merupakan penjumlahan antara *Annual Purchasing Cost* dan *Annual Population Cost* (Rudy, et al., 2019).

a. Nilai *Purchasing cost*

$$Purchasing\ Cost = Cost\ per\ unit * (A/P, i, n) \quad (2.53)$$

Faktor (A/P, i, n) bisa diperoleh dengan menggunakan rumus berikut :

$$(A/P, I, n) = \frac{i(i+1)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.54)$$

Keterangan: i = *discount rate*

n = jumlah tahun

b. Nilai *Population Cost*

$$PC = C_i \times N \quad (2.55)$$

Keterangan: PC : *Population Cost*

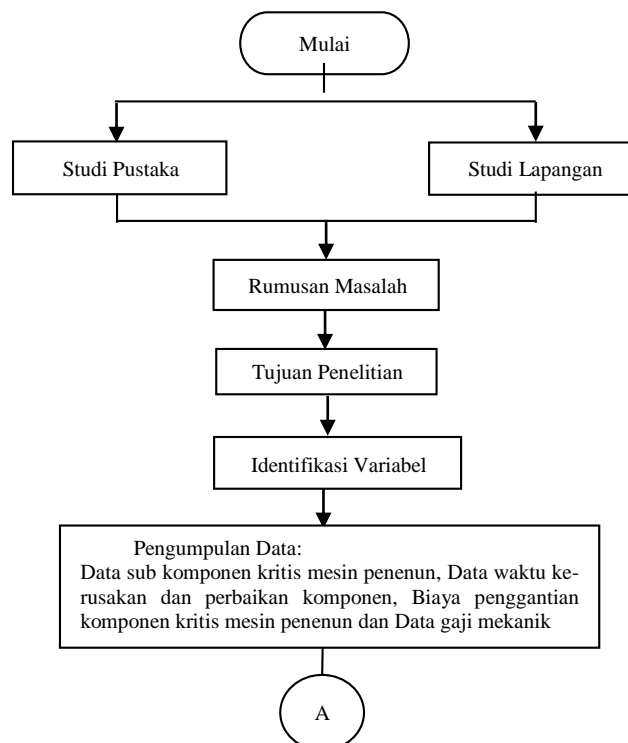
Ci : *Annual Equivalent Cost*

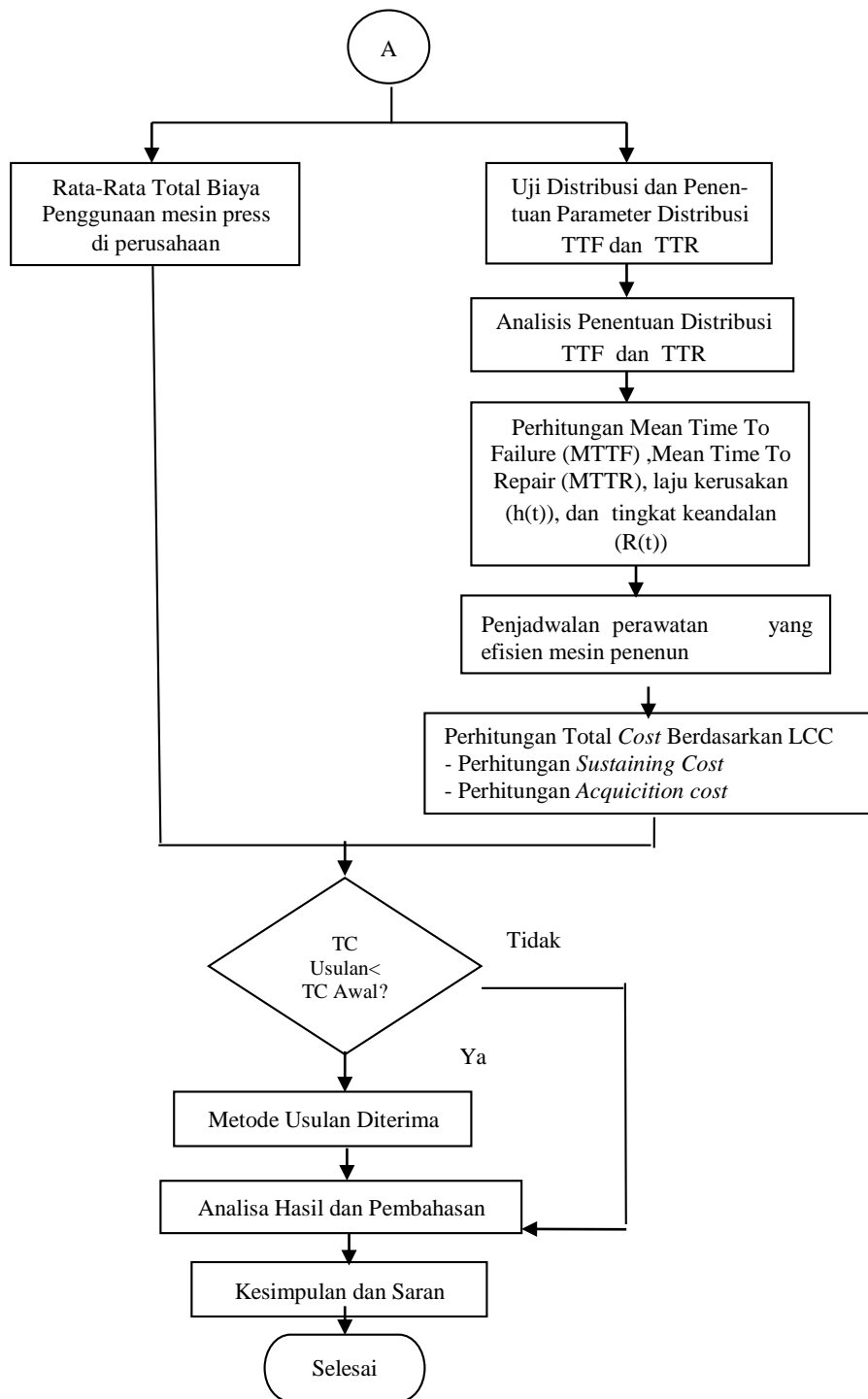
N : Jumlah Unit

3. Total LCC = *sustaining cost + acquisition cost*

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Analisis keandalan dan LCC. Langkah-langkah penyelesaian masalahnya adalah sebagai berikut :





Gambar 2. Langkah-langkah dan pemecahan masalah

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

TABEL I  
DATA WAKTU KERUSAKAN MESIN PENENUN PADA BULAN NOVEMBER 2019 - NOVEMBER 2020

No	Tanggal Kerusakan	Nama Komponen
1	04-11-2019	Shaft Cutter RH
2	25-11-2019	Clotch Roll Kain
3	05-12-2019	EDP Control
4	13-12-2019	Shaft Cutter LH Rep
5	30-12-2019	Servo amp. Vlase
6	23-01-2020	EDP control
7	07-02-2020	Shaft cutter RH
8	10-03-2020	Roll compl
9	13-03-2020	EDP Inverter Rep
10	26-03-2020	Shaft cutter LH rep
11	01-04-2020	Roll compl
12	14-04-2020	Shaft motor
13	16-05-2020	Roll compl
14	04-06-2020	EDP Control
15	17-06-2020	Clotch Roll Kain
16	10-08-2020	Shaft Motor
17	02-09-2020	EDP Inverter Rep
18	16-10-2020	Servo amp. Vlase
19	15-11-2020	Board

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

TABEL II  
DATA WAKTU ANTAR KERUSAKAN (TIME TO FAILURE) MESIN PENENUN PADA BULAN NOVEMBER 2019 - NOVEMBER 2020

No	Periode Waktu Kerusakan	Waktu Antar Kerusakan (Time To Failure) (Hari)	Waktu Antar Kerusakan (Time To Failure) (Jam)
1	04/11/2019 - 25/11/2019	21	168
2	25/11/2019 - 05/12/2019	10	80
3	05/12/2019 - 13/12/2019	8	64
4	13/12/2019 - 30/12/2019	17	136
5	30/12/2019 - 23/01/2020	24	192
6	23/01/2020 - 07/02/2020	15	120
7	07/02/2020 - 10/03/2020	32	256
8	10/03/2020 - 13/03/2020	3	24
9	13/03/2020 - 26/03/2020	13	104
10	26/03/2020 - 01/04/2020	6	48
11	01/04/2020 - 14/04/2020	13	104
12	14/04/2020 - 16/05/2020	32	256
13	16/05/2020 - 04/06/2020	19	152
14	04/06/2020 - 17/06/2020	13	104
15	17/06/2020 - 10/08/2020	54	432
16	10/08/2020 - 02/09/2020	23	184
17	02/09/2020 - 16/10/2020	44	352
18	16/10/2020 - 15/11/2020	30	240

Sumber: Pengolahan Data

TABEL III  
DATA WAKTU PERBAIKAN MESIN PENENUN PADA BULAN NOVEMBER 2019 – NOVEMBER 2020

No	Nama Komponen	Tanggal Perbaikan	Waktu Perbaikan (Time To Repair) (Menit)	Waktu Perbaikan (Time To Repair) (Jam)
1	Shaft Cutter RH	04-11-2019	49	0,816667
2	Clotch Roll Kain	25-11-2019	65	1,083333
3	EDP Control	05-12-2019	63	1,05
4	Shaft Cutter LH Rep	13-12-2019	54	0,9
5	Servo amp. Vlase	30-12-2019	39	0,65
6	EDP Inverter Rep	23-01-2020	63	1,05
7	Shaft cutter RH	07-02-2020	48	0,8
8	Roll compl	10-03-2020	57	0,95
9	EDP control	13-03-2020	65	1,083333
10	Shaft cutter LH rep	26-03-2020	49	0,816667
11	Roll compl	01-04-2020	62	1,033333
12	Shaft motor	14-04-2020	72	1,2
13	Roll compl	16-05-2020	65	1,083333
14	EDP Control	04-06-2020	70	1,166667

15	Clotch Roll Kain	17-06-2020	66	1,1
16	Shaft Motor	10-08-2020	74	1,233333
17	EDP Inverter Rep	02-09-2020	64	1,066667
18	Servo amp. Vlase	16-10-2020	45	0,75
19	Board	15-11-2020	92	1,5333

Sumber: Data Sekunder

Berikut adalah biaya perawatan pada perusahaan berdasarkan data perusahaan

TABEL IV  
RATA-RATA TOTAL BIAYA PENGGUNAAN MESIN PENENUN PADA PERUSAHAAN

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Biaya Tenaga Kerja	Rp. 148.000.000
2	Biaya Energi	Rp. 83.000.000
3	Biaya Perawatan	Rp. 225.000.000
4	Biaya Penggantian Komponen	Rp. 27.275.000
	Total	Rp. 483.275.000

Sumber: Data Sekunder

#### A. Pengolahan data

##### 1. Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Berdasarkan hasil *software* Minitab diketahui bahwa TTF berdistribusi lognormal dengan nilai MTTF sebesar 119,3785 jam. Hasil perhitungan ini merupakan waktu yang disarankan untuk melakukan perawatan dan hasil ini akan digunakan untuk menghitung probabilitas mesin mengantri pada mekanik pemeliharaan yang akan dibahas pada perhitungan shortage cost.

##### 2. Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Berdasarkan hasil *software* Minitab diketahui bahwa TTR berdistribusi normal dengan nilai MTTR sebesar 1,0192 jam. Hasil perhitungan ini akan digunakan untuk menghitung probabilitas mesin mengantri pada mekanik pemeliharaan yang akan dibahas pada perhitungan shortage cost

##### 3. Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)

###### A. Sustaining Cost

*Sustaining cost* merupakan jumlah dari *annual operation cost*, *annual maintenance cost*, dan *annual shortage cost*

###### 1. Operating Cost

Contoh Perhitungan Biaya Operasional Tahun ke-1

Biaya Tenaga Kerja

= Rp4.279.787 x 12 bulan x 2 orang Mekanik

= Rp102.714.888

Data Biaya Energi Penggunaan Mesin penenun Pertahun

= Harga Listrik/Kwh (Rp) x Jam Operasi x Daya Pemakaian (kw)

= Rp 1.467 x 7.200 x 4,5 = Rp47.530.800

*Biaya Operasional* = Biaya Tenaga Kerja + Biaya Energi Penggunaan Mesin penenun

= Rp102.714.888 + Rp47.530.800

= Rp150.245.688

Rangkuman perhitungan manual pada lampiran C dapat dilihat pada V berikut.

TABEL V  
ANNUAL OPERATING COST

Ta- hun	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Energi	Biaya Operasional
1	Rp 102.714.888,00	Rp 47.530.800,00	Rp 150.245.688,00
2	Rp 107.850.632,40	Rp 48.823.637,76	Rp 156.674.270,16
3	Rp 113.243.164,02	Rp 50.151.640,71	Rp 163.394.804,73
4	Rp 118.905.322,22	Rp 51.515.765,33	Rp 170.421.087,56
5	Rp 124.850.588,33	Rp 52.916.994,15	Rp 177.767.582,48
6	Rp 131.093.117,75	Rp 54.356.336,39	Rp 185.449.454,14
7	Rp 137.647.773,64	Rp 55.834.828,74	Rp 193.482.602,38
8	Rp 144.530.162,32	Rp 57.353.536,08	Rp 201.883.698,40



9	Rp 151.756.670,43	Rp 58.913.552,27	Rp 210.670.222,70
10	Rp 159.344.503,96	Rp 60.516.000,89	Rp 219.860.504,84
11	Rp 167.311.729,15	Rp 62.162.036,11	Rp 229.473.765,26
12	Rp 175.677.315,61	Rp 63.852.843,49	Rp 239.530.159,10
13	Rp 184.461.181,39	Rp 65.589.640,84	Rp 250.050.822,23
14	Rp 193.684.240,46	Rp 67.373.679,07	Rp 261.057.919,53
15	Rp 203.368.452,48	Rp 69.206.243,14	Rp 272.574.695,62
16	Rp 213.536.875,11	Rp 71.088.652,95	Rp 284.625.528,06
17	Rp 224.213.718,86	Rp 73.022.264,31	Rp 297.235.983,18
18	Rp 235.424.404,81	Rp 75.008.469,90	Rp 310.432.874,71
19	Rp 247.195.625,05	Rp 77.048.700,28	Rp 324.244.325,33
20	Rp 259.555.406,30	Rp 79.144.424,93	Rp 338.699.831,23

Sumber Data: Pengolahan Data

## 2. Maintenance Cost

*Maintenance Cost* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin dan perangkat untuk memperbaiki atau pergantian komponen. Untuk biaya tenaga kerja berbeda untuk masing-masing M atau jumlah mekanik (Aisyah,Putty, 2018). Untuk M=1 dikondisikan jumlah mekanik sebanyak 1 orang, M=2 sebanyak 2 orang dan M=3 dikondisikan sebanyak 3 orang mekanik. Dengan tingkat kenaikan gaji setiap tahunnya sebesar 5% (kebijakan perusahaan). Berikut adalah contoh perhitungan *Maintenance cost* dengan jumlah M=1 Tahun ke-1

$$\begin{aligned}
 \text{Maintenance cost} &= \text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Penggantian Komponen} + \\
 &\quad \text{Biaya Bahan Habis Pakai} \\
 &= \text{Rp}51.357.444 + \text{Rp}27.275.000 + \text{Rp}6.467.000 \\
 &= \text{Rp}85.099.444
 \end{aligned}$$

TABEL VI  
ANNUAL MAINTENANCE COST

Umur (n)	Jumlah Mekanik (m)		
	1	2	3
1	Rp 85.099.444	Rp 106.971.000	Rp 187.814.332
2	Rp 87.667.316	Rp 110.571.000	Rp 195.517.949
3	Rp 90.363.582	Rp 114.351.000	Rp 203.606.746
4	Rp 93.194.661	Rp 118.320.000	Rp 212.099.983
5	Rp 96.167.294	Rp 122.487.450	Rp 221.017.882
6	Rp 99.288.559	Rp 126.863.272	Rp 230.381.677
7	Rp 102.565.887	Rp 171.389.774	Rp 240.213.660
8	Rp 106.007.081	Rp 178.272.162	Rp 250.537.243
9	Rp 109.620.335	Rp 185.498.670	Rp 261.377.006
10	Rp 113.414.252	Rp 193.086.504	Rp 272.758.756
11	Rp 117.397.865	Rp 201.053.729	Rp 284.709.594
12	Rp 121.580.658	Rp 209.419.316	Rp 297.257.973
13	Rp 125.972.591	Rp 218.203.181	Rp 310.433.772
14	Rp 130.584.120	Rp 227.426.240	Rp 324.268.361
15	Rp 135.426.226	Rp 237.110.452	Rp 338.794.679
16	Rp 140.510.438	Rp 247.278.875	Rp 354.047.313
17	Rp 145.848.859	Rp 257.955.719	Rp 370.062.578
18	Rp 151.454.202	Rp 269.166.405	Rp 386.878.607
19	Rp 157.339.813	Rp 280.937.625	Rp 404.535.438
20	Rp 157.339.813	Rp 293.297.406	Rp 423.075.109

Sumber : Pengolahan Data

## 3. Shortage Cost

*Shortage cost* adalah biaya yang timbul dikarenakan kurangnya jumlah mekanik sehingga menyebabkan mesin tidak dapat diperbaiki (menganggur). Jumlah *Shortage cost* dipengaruhi oleh biaya kekurangan per unit dan jumlah yang diharapkan unit tidak dilayani. Besar *potential loss*/jam berdasarkan data perusahaan adalah sebesar Rp1.600.000 Berikut adalah contoh perhitungan *shortage cost* pada tahun pertama dengan M=1.

$$C_s = \text{Potential loss/ jam}$$

$$C_s = \text{Rp}1.600.000$$

$$E(S) = 0,0258$$

$$\begin{aligned}
 SC &= Cs[E(S)] \\
 &= Rp1.500.000 \times 0,0258 \\
 &= Rp38.700
 \end{aligned}$$

Rangkuman perhitungan manual *Shortage Cost* pada lampiran E dapat dilihat pada tabel VII berikut.

TABEL VII  
ANNUAL SHORTAGE COST

Umur (n)	Jumlah Mekanik		
	1	2	3
1	Rp 41.321,41	Rp 20.576,55	Rp 13.698,68
2	Rp 45.709,57	Rp 22.752,40	Rp 15.145,09
3	Rp 50.567,91	Rp 25.159,45	Rp 16.744,72
4	Rp 55.947,66	Rp 27.822,50	Rp 18.513,93
5	Rp 61.905,80	Rp 30.769,05	Rp 20.470,80
6	Rp 68.505,71	Rp 34.029,64	Rp 22.635,43
7	Rp 75.817,96	Rp 37.638,15	Rp 25.030,04
8	Rp 83.921,13	Rp 41.632,20	Rp 27.679,32
9	Rp 92.902,76	Rp 46.053,58	Rp 30.610,62
10	Rp 102.860,42	Rp 50.948,73	Rp 33.854,32
11	Rp 113.902,89	Rp 56.369,26	Rp 37.444,11
12	Rp 126.151,51	Rp 62.372,57	Rp 41.417,41
13	Rp 139.741,63	Rp 69.022,52	Rp 45.815,79
14	Rp 154.824,27	Rp 76.390,18	Rp 50.685,44
15	Rp 171.567,98	Rp 84.554,68	Rp 56.077,69
16	Rp 190.160,82	Rp 93.604,13	Rp 62.049,62
17	Rp 210.812,56	Rp 103.636,70	Rp 68.664,76
18	Rp 233.757,17	Rp 114.761,78	Rp 75.993,77
19	Rp 259.255,38	Rp 127.101,27	Rp 84.115,35
20	Rp 287.597,48	Rp 140.791,00	Rp 93.117,14

Sumber : Pengolahan Data

Rangkuman perhitungan manual *Sustaining Cost* pada Lampiran F dapat dilihat pada tabel VIII

TABEL VIII  
ANNUAL SUSTAINING COST

Umur (n)	Jumlah Mekanik		
	1	2	3
1	Rp 235.386.453,41	Rp 257.237.264,55	Rp 338.073.718,68
2	Rp 244.387.295,73	Rp 267.268.022,56	Rp 352.207.364,25
3	Rp 253.808.954,64	Rp 277.770.964,18	Rp 367.018.295,45
4	Rp 263.671.696,22	Rp 288.768.910,06	Rp 382.539.584,49
5	Rp 273.996.782,28	Rp 300.285.801,53	Rp 398.805.935,28
6	Rp 270.617.403,85	Rp 312.346.756,28	Rp 415.853.766,57
7	Rp 292.846.979,34	Rp 364.910.014,53	Rp 433.721.292,42
8	Rp 304.533.506,53	Rp 380.197.492,60	Rp 452.448.620,72
9	Rp 316.770.206,46	Rp 396.214.946,28	Rp 472.077.839,32
10	Rp 329.583.700,26	Rp 412.997.957,57	Rp 492.653.115,16
11	Rp 343.001.920,15	Rp 430.583.863,52	Rp 514.220.803,37
12	Rp 357.054.175,61	Rp 449.011.847,67	Rp 536.829.549,51
13	Rp 371.771.221,86	Rp 468.323.025,75	Rp 560.530.410,02
14	Rp 387.185.334,80	Rp 488.560.549,71	Rp 585.376.965,97
15	Rp 403.330.383,60	Rp 509.769.702,30	Rp 611.425.452,31
16	Rp 420.241.914,88	Rp 531.998.007,19	Rp 638.734.890,68
17	Rp 437.957.233,74	Rp 555.295.338,88	Rp 667.367.225,94
18	Rp 456.515.490,88	Rp 579.714.041,49	Rp 697.387.475,48
19	Rp 475.957.782,71	Rp 605.309.051,60	Rp 728.863.878,68
20	Rp 496.327.241,71	Rp 632.138.028,23	Rp 761.868.057,37

Sumber : Pengolahan Data

#### B. Acquisition cost

*Acquisition cost* merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian sebuah mesin. *Acquisition cost* merupakan penjumlahan antara *annual purchasing cost* dan *annual population cost*.

##### 1. Annual Acquisition Cost

Contoh Perhitungan *Acquicition Cost* pada tahun ke-1

$$\begin{aligned} \text{Acquicition Cost} &= \text{Annual purchasing cost} + \text{Annual Population Cost} \\ &= \text{Rp}348.815.280 + \text{Rp}384.168.180 \\ &= \text{Rp}732.983.460,00 \end{aligned}$$

Rangkuman perhitungan manual *Acquicition Cost* pada Lampiran J dapat dilihat pada tabel IX

TABEL IX  
ACQUICITION COST

N	Annual Purchasing Cost	Annual Population Cost	Annual Acquicition Cost
1	Rp 348.815.280	Rp 384.168.180	Rp 732.983.460
2	Rp 183.489.408	Rp 215.183.221	Rp 398.672.629
3	Rp 128.590.282	Rp 159.633.616	Rp 288.223.898
4	Rp 101.282.131	Rp 132.363.430	Rp 233.645.561
5	Rp 85.004.085	Rp 116.375.702	Rp 201.379.787
6	Rp 74.256.802	Rp 105.990.334	Rp 180.247.136
7	Rp 66.683.426	Rp 98.851.568	Rp 165.534.994
8	Rp 61.058.386	Rp 93.644.631	Rp 154.703.017
9	Rp 56.753.189	Rp 89.772.713	Rp 146.525.902
10	Rp 53.359.310	Rp 86.748.225	Rp 140.107.535
11	Rp 50.625.353	Rp 84.398.322	Rp135.023.675
12	Rp 48.394.192	Rp 82.496.144	Rp 130.890.336
13	Rp 46.540.129	Rp 80.963.131	Rp 127.503.260
14	Rp 45.000.314	Rp 79.721.577	Rp 124.721.891
15	Rp 43.680.472	Rp 78.667.968	Rp 122.348.440
16	Rp 42.580.604	Rp 77.839.646	Rp 120.420.250
17	Rp 41.606.435	Rp 77.082.354	Rp 118.688.789
18	Rp 40.789.390	Rp 76.475.079	Rp 117.264.469
19	Rp 40.066.620	Rp 75.935.676	Rp 116.002.296
20	Rp 39.438.124	Rp 75.474.113	Rp 114.912.237

Sumber : Pengolahan Data

C. Penentuan Umur Mesin, jumlah Mekanik, dan Total Biaya Berdasarkan Metode *Life Cycle Cost*

Untuk menghitung *Total Life Cycle Cost* diperlukan nilai sustaining cost dan aquicition cost. Cntoh perhitungan total *Life Cycle Cost* Tahun ke-1 dengan jumlah mekanik (M) = 1 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Total LCC} &= \text{sustaining cost} + \text{aquicition cost} \\ &= \text{Rp } 235.386.453,41 + \text{Rp } 732.983.460 = \text{Rp}968.369.913,41 \end{aligned}$$

Rangkuman perhitungan manual *Life Cycle Cost* pada Lampiran K dapat dilihat pada tabel X

TABEL X  
PENENTUAN UMUR MESIN, JUMLAH MEKANIK DAN TOTAL BIAYA BERDASARKAN METODE *LIFE CYCLE COST*

Umur (thn)	Jumlah Mekanik (m)		
	1	2	3
1	Rp968.369.913,41	Rp990.220.724,55	Rp1.071.057.178,68
2	Rp643.059.924,73	Rp665.940.651,56	Rp750.879.993,25
3	Rp542.032.852,64	Rp565.994.862,18	Rp655.242.193,45
4	Rp497.317.257,22	Rp522.414.471,06	Rp616.185.145,49
5	Rp475.376.569,28	Rp501.665.588,53	Rp600.185.722,28
6	Rp450.864.539,85	Rp492.593.892,28	Rp596.100.902,57
7	Rp458.381.973,34	Rp530.445.008,53	Rp599.256.286,42
8	Rp459.236.523,53	Rp534.900.509,60	Rp607.151.637,72
9	Rp463.296.108,46	Rp542.740.848,28	Rp618.603.741,32
10	Rp469.691.235,26	Rp553.105.492,57	Rp632.760.650,16
11	Rp478.025.595,15	Rp565.607.538,52	Rp649.244.478,37
12	Rp487.944.511,61	Rp579.902.183,67	Rp667.719.885,51
13	Rp499.274.481,86	Rp595.826.285,75	Rp688.033.670,02
14	Rp511.907.225,80	Rp613.282.440,71	Rp710.098.856,97
15	Rp525.678.823,60	Rp632.118.142,30	Rp733.773.892,31
16	Rp540.662.164,88	Rp652.418.257,19	Rp759.155.140,68
17	Rp556.646.022,74	Rp673.984.127,88	Rp786.056.014,94
18	Rp573.779.959,88	Rp696.978.510,49	Rp814.651.944,48
19	Rp591.960.078,71	Rp721.311.347,60	Rp844.866.174,68
20	Rp611.239.478,71	Rp747.050.265,23	Rp876.780.294,37

Sumber : Pengolahan Data

## V. KESIMPULAN

Pada hasil perhitungan didapatkan jadwal perawatan yang efisien sebaiknya dilakukan setiap 6 hari dan nilai LCC terendah sebesar Rp450.864.539,85 dengan umur optimal pada mesin 6 tahun dan jumlah mekanik sebanyak 1 orang.

## PUSTAKA

- Aisya &. (2018), "Penentuan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin *Casting Line 37* Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Cost (LCC)* di PT XYZ". *Journal Industrial Services* Vol. 4 No. 1.
- Ansori & Mustajib. (2017), *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Daya, Kumar, & Murti. (2018), "*Introduction to Maintenance Engineering (Modeling, Optimization, and Management)*". Kantor *John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, South ern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom*.
- Deradjad Pranowo. (2019), "Perusahaan di era industri 4.0 ini harus benar-benar melakukan pengecekan dan perawatan secara berkala.". "*Sistem dan Manajemen Pemeliharaan (Maintenance: System and Management)*". Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Dhilon, B.S. (2017), *Engineering Systems Reliability, Safety, and Maintenance (An Integrated Approach)*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 : CRC Press Taylor & Francis Group.
- Farr & Faber. (2019), "*Engineering Economics of Life Cycle Cost Analysis*". U.S : Taylor and Francis Group.
- Firsani, T & Utomo, C. (2018), "Analisa LCC pada *Green Building Diamond Building Malaysia*". Vol. 1, No. 1, pp.
- Inayah, Widjajati. (2020), "Analisis Umur Mesin dan Total Biaya Pada Mesin Press Menggunakan Metode *Life Cycle Cost* di PT XYZ". *Juminten : Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*. Vol. 01 , No. 01.
- Janitra, K., Widyanugrah, K., & Alifen, R.S. (2018), "Perhitungan *Life Cycle Cost* Sistem Pendingin Ruangan Pada Gedung *Hotel Goldvitel Surabaya*". Pp 203-210.
- Kennet, R., Shelemiyahu, Z., & Amberti, D. (2018), "*Modern Industrial Statistics with Applications in R, Minitab, and JMP2<sup>nd</sup> Edition*". United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Listiyani, R., Linawati, L., & Sasongko, L. R. (2019). *Analisis Proses Produksi Menggunakan Teori Antrian Secara Analitik dan Simulasi*. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 8(1), 9-18.
- Lughofer & Moamar. (2019), "*Predictive Maintenance in Dynamic Systems (Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications)*". *Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland : Springer Nature Switzerland*
- Moins. (2020), "*Implementing Life Cycle Cost analysis in road engineering: A critical review on methodological framework choices*". Vol 133 No. 110284. Elsevier.
- Muhsin & Syaraf. (2018, "Analisis Kehanddalan dan Laju Kerusakan Pada Mesin *Continues frying* (studi kasus : pt xyz). *Jurnal OPSI* Vol 11 No.1. ISSN 1693-2102.
- Pandi, Santoso, & Mulyono. (2019), "*Perancangan Preventive Maintenance* Pada Mesin *Corrugating* dan Mesin *Flexo* di PT. *Surindo Teguh Gemilang*". *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* Vol. 13 ,No. 1 ,2014. ISSN 1412-7350.
- Rudy, A.H.F.B, Pingkan, A.K.P., & Grace, Y.M. (2019), "*Life Cycle Cost (LCC)* Pada Proyek Pembangunan Gedung Akuntansi Universitas Negeri Manado (Unima) Di Tondano". Vol 07, No.11, pp. 1527-1536.
- Saputra, Sukmono, & Fatimahayati. (2018), "Analisis *Reliability* Pada Mesin Fan Mill Unit 1 di PT Cahaya Fajar Kaltim". Vol. 10, No. 1. ISSN: 2085-8817.
- Sombah, C.M., Dundu A.K.T., & Sibi, M. (2016), "Studi Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pemancangan Dengan Metode *Value Engineering* Pada Proyek *In' terchange Maumbi* Manado". Vol. 06, No. 1, pp. 448-462.
- Weygandt, J. J., Kimmel, P.D., & Kieso, D.E. (2018), *Accounting Principles. 10th edn. Edited by E. Brislin. Hoboken: John Wiley & Sons*.
- Yanti & Vivi, Tri. (2015), "Penerapan *Preventive Maintenance* dengan Menggunakan Metode Modularit Design pada Mesin Goss di PT. ABC". Surabaya. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.