

**PENENTUAN USULAN KEBIJAKAN *MAINTENANCE* PADA MESIN MITSUBISHI 1F-15000 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE COST* (LCC) DAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)
(Studi Kasus: PT XYZ)**

Rosi Pratiwi¹, Judi Alhilman², Amelia Kurniawati³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹rosiprtw@gmail.com, ²judi.alhilman@gmail.com, ³amelia.kurniawati@gmail.com

Abstrak

PT XYZ merupakan perusahaan bidang industri percetakan. *Order* yang diterima selalu mengalami peningkatan. Pada proses operasinya, mesin di perusahaan dituntut untuk selalu dalam kondisi baik. Mesin Mitsubishi 1F-15000 sering mengalami kerusakan dan memiliki *downtime* tinggi pada divisi cetak *sheet*. Hal ini menimbulkan pengeluaran biaya perbaikan besar dan kemungkinan keterlambatan pada penyelesaian proyek yang dapat mengakibatkan munculnya biaya *penalty*. Diperlukan optimasi *retirement age* dan *maintenance set crew* menggunakan metode LCC.

Untuk mendapatkan total LCC yang optimal, dibutuhkan pengolahan biaya-biaya dengan metode LCC. Biaya-biaya tersebut yaitu, *sustaining cost* dan *acquisition cost*. Metode lain yang digunakan adalah metode OEE. OEE alat untuk mengukur dan mengetahui kinerja mesin. Dalam OEE, dilakukan penelitian mengenai *losses* untuk mengetahui faktor apa yang menyebabkan nilai OEE rendah. Faktor dalam *losses* yaitu *six big losses*.

Berdasarkan metode LCC, didapatkan LCC terendah sebesar Rp 1.171.722.273 dengan *maintenance set crew* 1 tim yang terdiri dari 2 *engineer*, dan *retirement age* optimal selama 5 tahun. Berdasarkan perhitungan menggunakan OEE, nilai OEE mesin Mitsubishi Tahun 2012 sebesar 76,94%. Nilai tersebut cukup jauh dari kriteria yang ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu sebesar 85%. Dari *six big losses* diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan efektivitas mesin Mitsubishi adalah faktor *idling and minor stoppages*, yaitu dengan persentase sebesar 44,55% dari total *losses*.

Kata Kunci: *Life Cycle Cost* (LCC), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Six Big Losses*

Abstract

PT XYZ is a company in the printing industry. The order which is received increased rapidly. In the process of operation, the machines that exist in the company were required to always be in good condition. Mitsubishi 1F-15000 is the most often damaged and has big downtime in the sheet printing division. It has led a big expenditure to the improvement and the possibility of delay in the completion of project that cause the penalty cost. Optimization in retirement age and maintenance set crew using LCC for the machine is needed.

To get the optimum LCC, it takes the management fee that related to LCC method. These costs are divided into two, namely sustaining cost and acquisition cost. Other method is OEE. OEE is a tool to measure and determine the performance of the machine. In the implementation, it also research on the losses to determine what factors are causing the low of OEE value. The factors are six big losses.

Based on LCC method, the lowest LCC amounted to Rp 1.171.722.273 with a team of maintenance set crew (two engineers) and the optimal retirement age is 5 years. Based on OEE method, OEE values for amounted to 76.94%. This value is quite far from the criteria that established by the Japanese Institute of Plant Maintenance (JIPM) amounted to 85%. From the six big losses, it's known that the most influential factor to decrease the effectiveness of the machine is idling and minor stoppages factor, which is the percentage of the loss amounted to 44.55% from the total losses.

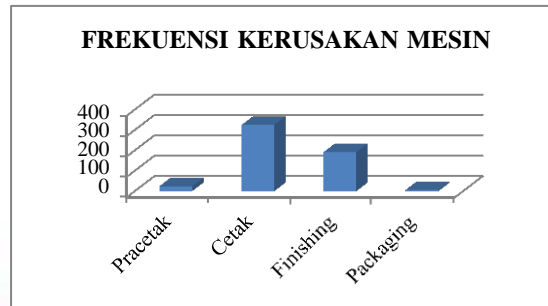
Keywords: *Life Cycle Cost* (LCC), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Six Big Losses*

1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan perusahaan bidang percetakan. PT XYZ ini adalah induk dari perusahaan penerbit buku Grafindo. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 1970, dan terletak di Bandung. Dalam proses produksinya, PT XYZ menerapkan sistem *make to order*. Berbagai *order* yang pernah ditangani oleh perusahaan adalah percetakan buku pelajaran, soal Ujian Nasional, kalender, notes, Al-Qur'an, dan lain sebagainya.

PT XYZ memiliki 27 jenis mesin untuk melakukan produksi, yang terbagi dalam 4 proses. 4 bagian itu adalah proses pracetak, proses cetak, proses *finishing*, dan proses *packaging*. Bagian pracetak memiliki 1 mesin,

bagian cetak memiliki 10 mesin, bagian *finishing* memiliki 10 mesin dan bagian *packaging* memiliki 6 mesin. Grafik pada Gambar 1 di bawah ini merupakan frekuensi kerusakan mesin yang terjadi dalam kurun waktu 2010-2013.



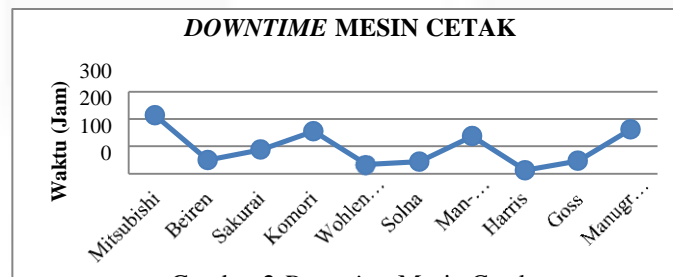
Gambar 1 Data Frekuensi Kerusakan Mesin

Dalam 2010-2013, tercatat sudah 335 kali kerusakan yang dialami pada bagian mesin cetak. Kerusakan tersebut lebih banyak dibandingkan pada bagian mesin lainnya. Mesin cetak terdiri dari 10 jenis mesin yang memiliki fungsi yang sama, namun berbeda *merk* dan tipe. Berikut ini adalah data yang menunjukkan frekuensi kerusakan mesin yang terjadi pada bagian mesin cetak antara tahun 2010-2013.

Tabel 1 Frekuensi Kerusakan Pada Mesin

No	Nama Mesin	Tipe	Frekuensi Rusak	No	Nama Mesin	Tipe	Frekuensi Rusak
1	Mitsubishi	1F-15000	69	1	Solna	D-30 TC96	19
2	Beiren	JS 2102	18	2	Man-Plag	CROMOMAN	33
3	Sakurai	OLIVER 72-A	40	3	Harris	V25	3
4	Komori	LS 440	55	4	Goss	COMMUNITY	29
5	Wohlenberg	115	13	5	Manugraph	CITYLINE EXI	56

Selain terdapatnya *list* frekuensi kerusakan pada seluruh mesin cetak, berikut ini adalah grafik yang menunjukkan lama *downtime* yang terjadi pada seluruh mesin cetak yang diakibatkan oleh lamanya mesin tidak berfungsi oleh adanya kerusakan:



Gambar 2 Downtime Mesin Cetak

Ditinjau dari data kerusakannya, mesin yang memiliki kerusakan paling banyak terjadi dan memiliki *downtime* yang paling tinggi pula adalah mesin Mitsubishi 1F-15000. Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada mesin Mitsubishi.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung dan menentukan *life cycle cost* dari mesin Mitsubishi 1F-15000 di PT XYZ.
2. Menentukan *retirement age* yang optimal pada mesin Mitsubishi 1F-15000 berdasarkan *life cycle cost* di PT XYZ.
3. Menentukan jumlah *maintenance set crew* optimal pada mesin Mitsubishi 1F-15000 berdasarkan metode *life cycle cost* di PT XYZ.
4. Menghitung dan menentukan nilai *overall equipment effectiveness* pada mesin Mitsubishi 1F-15000 berdasarkan metode *overall equipment effectiveness* di PT XYZ.
5. Menghitung dan menentukan faktor-faktor *six big losses* yang berpengaruh terhadap penurunan efektifitas pada mesin Mitsubishi 1F-15000 di PT XYZ.

2. Landasan Teori

2.1 Manajemen Perawatan

Perawatan (*maintenance*) didefinisikan sebagai kegiatan agar komponen atau sistem yang mengalami kerusakan dapat diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu^[3]. Tujuan dari manajemen perawatan adalah untuk mempelajari, mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis serta memperbaiki kerusakan fungsi operasional suatu komponen/sistem dengan mengurangi probabilitas kerusakan, meningkatkan umur pakainya, dan mengurangi *downtime* sehingga akan meningkatkan ketersediaan komponen atau sistem tersebut untuk operasi.

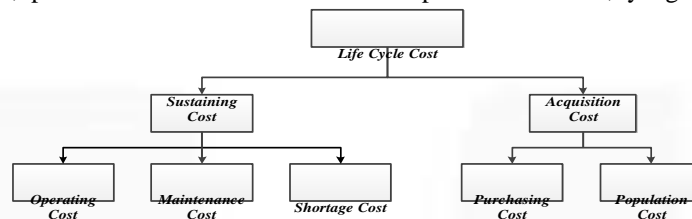
2.2 Life Cycle Cost (LCC)

Life Cycle Cost (LCC) 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^[1]. Tujuan dari analisis menggunakan LCC adalah untuk dapat memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif sehingga *cost term ownership* (kepemilikan) yang paling pendek bisa tercapai.

(1)

Dengan LCC : *Life Cycle Cost*
 : *Acquisition Cost*
 : *Sustaining Cost*

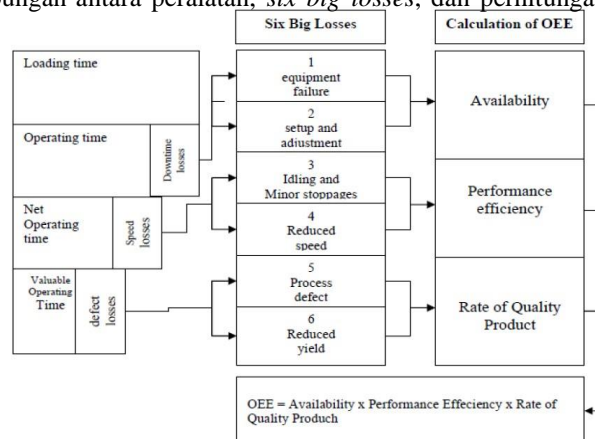
Dalam penelitian ini, permasalahan dimodelkan melalui pendekatan LCC, yang diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 3 Model *Life Cycle Cost*

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan produk dari *six big losses* pada mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* seperti telah dijelaskan di atas, dapat dikelompokkan menjadi tiga komponen utama dalam OEE untuk dapat digunakan dalam mengukur kinerja mesin/peralatan yaitu *downtime losses*, *speed losses*, dan *defect losses*. Hubungan antara peralatan, *six big losses*, dan perhitungan OEE dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4 Hubungan Peralatan, *Six Big Losses*, dan OEE^[4].

a. Availability

Availability adalah untuk mengukur total waktu, dimana sistem tidak dapat beroperasi dikarenakan adanya *breakdown*, *set-up and adjustment*, dan *stoppage* lainnya.

b. *Performance Rate*

Performance rate mengukur nilai rasio antara kecepatan operasi aktual dengan kecepatan ideal/standar pada mesin.

c. *Quality Rate*

Rate of quality adalah proporsi banyaknya produk *defect* terhadap total jumlah produk yang diproses.

OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerjanya secara teoritis^[2]. Formula matematis dari OEE dirumuskan sebagai berikut :

$$OEE = Availability \times Performance Efficiency \times Rate of Quality Product \times 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan penghargaan yang pernah diberikan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), kondisi OEE ideal yaitu sebagai berikut :

- *Availability* > 90%
- *Performance Efficiency* > 95%
- *Quality Product* > 99%

Sehingga nilai OEE ideal adalah : $0,90 \times 0,95 \times 0,99 = 85\%$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Distribusi TTF dan TTR

Uji distribusi ini dilakukan menggunakan uji Anderson Darling dengan menggunakan *software* Minitab 15. Pada uji distribusi ini akan dilakukan perbandingan antara distribusi normal, eksponensial, dan weibull. Distribusi yang memiliki nilai AD terkecil dan *P-value* > 0,05 (tingkat kepercayaan 95%), maka distribusi tersebut yang akan terpilih dan akan mewakili data TTF dan TTR.

Tabel 2 Hasil Uji Distribusi TTF

Equipment : Mitsubishi 1F-15000		
Normal	AD	6,144
	P-Value	< 0,005
Exponential	AD	5,778
	P-Value	< 0,003
Weibull	AD	0,441
	P-Value	> 0,250
The Chosen Distribution		Weibull

Tabel 3 Hasil Uji Distribusi TTR

Equipment : Mitsubishi 1F-15000		
Normal	AD	3,282
	P-Value	< 0,005
Exponential	AD	2,042
	P-Value	0,008
Weibull	AD	0,904
	P-Value	0,021
The Chosen Distribution		Weibull

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, maka dapat disimpulkan bahwa distribusi weibull yang akan mewakili data TTF dan data TTR. Karena pada data TTF dan TTR masing-masing data memiliki hasil AD yang paling kecil, dan *P-value* > 0,05.

3.2 Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Penentuan parameter distribusi yang mewakili data TTF dan TTR adalah weibull, oleh karena itu dilakukan penentuan parameter dari masing masing data.

Tabel 4 Parameter Distribusi TTF

Distribusi	Parameter	Mesin Mitsubishi 1F-15000
Weibull	η	369,484
	β	0,669488
	γ	0
	ρ	0,989413
	ϵ	0,0265618
	B10	12,817
	P0	0%

Tabel 5 Parameter Distribusi TTR

Distribusi	Parameter	Mesin Mitsubishi 1F-15000
Weibull	η	2,7067
	β	1,20749
	γ	0
	ρ	0,984002
	ϵ	0,050708
	B10	0,419817
	P0	0%

3.3 Penentuan Parameter Keandalan TTF dan TTR

Pada bagian penentuan parameter keandalan untuk TTR dan TTF ini dilakukan penentuan parameter keandalan berdasarkan distribusi yang mewakili.

Tabel 6 Parameter Keandalan TTF

Mesin	(1/β+1)	Γ(1/β+1)	η	μ	MTTF (Hours)
Mitsubishi 1F-15000	2,49367875	1,32006	369,484	-	487,741049

Tabel 7 Parameter Keandalan TTR

Mesin	(1/β+1)	Γ(1/β+1)	η	μ	MTTR (Hours)
Mitsubishi 1F-15000	1,82816421	0,93969	2,7067	-	2,543458923

3.4 Perhitungan Life Cycle Cost

a. Annual Operating Cost

Annual operating cost adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama mesin beroperasi. Operating cost yang dilakukan selama mesin beroperasi terdiri dari operating labor cost dan energy cost per tahun.

Tabel 8 Annual Operating Cost

n	Operating Cost	n	Operating Cost
1 tahun	Rp 243.624.885	11 Tahun	Rp 479.247.023
2 Tahun	Rp 260.678.627	12 Tahun	Rp 512.794.315
3 Tahun	Rp 278.926.131	13 Tahun	Rp 548.689.917
4 Tahun	Rp 298.450.960	14 Tahun	Rp 587.098.211
5 Tahun	Rp 319.342.527	15 Tahun	Rp 628.195.086
6 Tahun	Rp 341.696.504	16 Tahun	Rp 672.168.742
7 Tahun	Rp 365.615.260	17 Tahun	Rp 719.220.554
8 Tahun	Rp 391.208.328	18 Tahun	Rp 769.565.993
9 Tahun	Rp 418.592.911	19 Tahun	Rp 823.435.612
10 Tahun	Rp 447.894.414	20 Tahun	Rp 881.076.105

b. Annual Maintenance Cost

Annual maintenance cost adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin atau perangkat baik memperbaiki komponen maupun mengganti komponen.

Tabel 9 Annual Maintenance Cost

n	Annual Maintenance Cost					
	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5	M = 6
1	Rp 241.855.200	Rp 298.399.200	Rp 354.943.200	Rp 411.487.200	Rp 468.031.200	Rp 524.575.200
2	Rp 254.826.984	Rp 311.370.984	Rp 367.914.984	Rp 424.458.984	Rp 481.002.984	Rp 537.546.984
3	Rp 268.706.793	Rp 325.250.793	Rp 381.794.793	Rp 438.338.793	Rp 494.882.793	Rp 551.426.793
4	Rp 283.558.188	Rp 340.102.188	Rp 396.646.188	Rp 453.190.188	Rp 509.734.188	Rp 566.278.188
5	Rp 299.449.182	Rp 355.993.182	Rp 412.537.182	Rp 469.081.182	Rp 525.625.182	Rp 582.169.182
6	Rp 316.452.544	Rp 372.996.544	Rp 429.540.544	Rp 486.084.544	Rp 542.628.544	Rp 599.172.544
7	Rp 334.646.142	Rp 391.190.142	Rp 447.734.142	Rp 504.278.142	Rp 560.822.142	Rp 617.366.142
8	Rp 354.113.292	Rp 410.657.292	Rp 467.201.292	Rp 523.745.292	Rp 580.289.292	Rp 636.833.292
9	Rp 374.943.143	Rp 431.487.143	Rp 488.031.143	Rp 544.575.143	Rp 601.119.143	Rp 657.663.143
10	Rp 397.231.083	Rp 453.775.083	Rp 510.319.083	Rp 566.863.083	Rp 623.407.083	Rp 679.951.083
11	Rp 421.079.179	Rp 477.623.179	Rp 534.167.179	Rp 590.711.179	Rp 647.255.179	Rp 703.799.179
12	Rp 446.596.641	Rp 503.140.641	Rp 559.684.641	Rp 616.228.641	Rp 672.772.641	Rp 729.316.641
13	Rp 473.900.326	Rp 530.444.326	Rp 586.988.326	Rp 643.532.326	Rp 700.076.326	Rp 756.620.326
14	Rp 503.115.269	Rp 559.659.269	Rp 616.203.269	Rp 672.747.269	Rp 729.291.269	Rp 785.835.269
15	Rp 534.375.258	Rp 590.919.258	Rp 647.463.258	Rp 704.007.258	Rp 760.551.258	Rp 817.095.258
16	Rp 567.823.446	Rp 624.367.446	Rp 680.911.446	Rp 737.455.446	Rp 793.999.446	Rp 850.543.446
17	Rp 603.613.007	Rp 660.157.007	Rp 716.701.007	Rp 773.245.007	Rp 829.789.007	Rp 886.333.007
18	Rp 641.907.837	Rp 698.451.837	Rp 754.995.837	Rp 811.539.837	Rp 868.083.837	Rp 924.627.837
19	Rp 682.883.306	Rp 739.427.306	Rp 795.971.306	Rp 852.515.306	Rp 909.059.306	Rp 965.603.306
20	Rp 726.727.057	Rp 783.271.057	Rp 839.815.057	Rp 896.359.057	Rp 952.903.057	Rp 1.009.447.057

c. Annual Shortage Cost

Annual shortage cost adalah biaya yang harus dikeluarkan karena kekurangan unit sebagai akibat kekurangan jumlah tim maintenance yang akan memperbaiki perangkat yang rusak.

Tabel 10 Annual Shortage Cost

n	Annual Shortage Cost per Unit					
	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5	M = 6
1	Rp 91.970	Rp 80.059	Rp 79.720	Rp 82.629	Rp 89.282	Rp 102.513
2	Rp 108.393	Rp 92.949	Rp 92.470	Rp 96.114	Rp 104.455	Rp 120.987
3	Rp 127.985	Rp 107.930	Rp 107.255	Rp 111.806	Rp 122.237	Rp 142.825
4	Rp 151.433	Rp 125.351	Rp 124.398	Rp 130.064	Rp 143.071	Rp 168.614
5	Rp 179.604	Rp 145.619	Rp 144.275	Rp 151.305	Rp 167.469	Rp 199.025
6	Rp 213.591	Rp 169.215	Rp 167.320	Rp 176.009	Rp 196.021	Rp 234.821
7	Rp 254.797	Rp 196.710	Rp 194.038	Rp 204.729	Rp 229.404	Rp 276.854
8	Rp 305.030	Rp 228.779	Rp 225.014	Rp 238.103	Rp 268.384	Rp 326.066
9	Rp 366.659	Rp 266.231	Rp 260.928	Rp 276.860	Rp 313.827	Rp 383.478
10	Rp 442.815	Rp 310.039	Rp 302.569	Rp 321.836	Rp 366.701	Rp 450.179
11	Rp 537.705	Rp 361.379	Rp 350.857	Rp 373.980	Rp 428.075	Rp 527.301
12	Rp 657.056	Rp 421.684	Rp 406.865	Rp 434.371	Rp 499.120	Rp 615.996
13	Rp 808.790	Rp 492.723	Rp 471.849	Rp 504.228	Rp 581.099	Rp 717.399
14	Rp 1.004.032	Rp 576.695	Rp 547.284	Rp 584.925	Rp 746.019	Rp 832.594
15	Rp 1.258.632	Rp 676.370	Rp 634.910	Rp 678.005	Rp 783.320	Rp 962.581
16	Rp 1.595.439	Rp 795.289	Rp 736.793	Rp 785.201	Rp 906.455	Rp 1.108.254
17	Rp 2.047.590	Rp 938.033	Rp 855.406	Rp 908.455	Rp 1.046.286	Rp 1.270.382
18	Rp 2.662.922	Rp 1.110.637	Rp 993.735	Rp 1.049.953	Rp 1.204.373	Rp 1.449.626
19	Rp 3.508.856	Rp 1.321.178	Rp 1.155.430	Rp 1.212.169	Rp 1.382.326	Rp 1.646.566
20	Rp 4.675.139	Rp 1.580.654	Rp 1.345.012	Rp 1.397.933	Rp 1.581.831	Rp 1.861.763

d. *Sustaining Cost*

Sustaining cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat atau mesin selama periode operasinya per tahun. *Sustaining cost* merupakan penjumlahan dari *annual operating cost*, *annual maintenance cost*, dan *annual shortage cost*.

Tabel 11 *Sustaining Cost*

Annual Sustaining Cost						
n	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5	M = 6
1	Rp 485.572.055	Rp 542.104.144	Rp 598.647.805	Rp 655.194.714	Rp 711.745.367	Rp 768.302.598
2	Rp 515.614.004	Rp 572.142.560	Rp 628.686.081	Rp 685.233.725	Rp 741.786.066	Rp 798.346.598
3	Rp 547.760.909	Rp 604.284.854	Rp 660.828.179	Rp 717.376.729	Rp 773.931.161	Rp 830.495.749
4	Rp 582.160.582	Rp 638.678.500	Rp 695.221.547	Rp 751.771.212	Rp 808.328.219	Rp 864.897.762
5	Rp 618.971.313	Rp 675.481.328	Rp 732.023.984	Rp 788.575.014	Rp 845.135.177	Rp 901.710.734
6	Rp 658.362.640	Rp 714.862.264	Rp 771.404.369	Rp 827.957.057	Rp 884.521.070	Rp 941.103.870
7	Rp 700.516.199	Rp 757.002.112	Rp 813.543.440	Rp 870.098.131	Rp 926.666.806	Rp 983.258.256
8	Rp 745.626.651	Rp 802.094.399	Rp 858.634.634	Rp 915.191.723	Rp 971.766.004	Rp 1.028.367.686
9	Rp 793.902.712	Rp 850.346.285	Rp 906.884.981	Rp 963.444.914	Rp 1.020.025.880	Rp 1.076.639.531
10	Rp 845.568.312	Rp 901.979.537	Rp 958.516.066	Rp 1.015.079.333	Rp 1.071.668.198	Rp 1.128.295.676
11	Rp 900.863.907	Rp 957.231.581	Rp 1.013.765.059	Rp 1.070.332.182	Rp 1.126.930.277	Rp 1.183.573.503
12	Rp 960.048.012	Rp 1.016.356.640	Rp 1.072.885.821	Rp 1.129.457.327	Rp 1.186.066.076	Rp 1.242.726.952
13	Rp 1.023.399.034	Rp 1.079.626.966	Rp 1.136.150.092	Rp 1.192.726.471	Rp 1.249.347.342	Rp 1.306.027.642
14	Rp 1.091.217.512	Rp 1.147.334.175	Rp 1.203.848.764	Rp 1.260.430.405	Rp 1.317.135.499	Rp 1.373.766.074
15	Rp 1.163.828.976	Rp 1.219.790.714	Rp 1.276.293.254	Rp 1.332.880.349	Rp 1.389.529.664	Rp 1.446.252.925
16	Rp 1.241.587.626	Rp 1.297.331.476	Rp 1.353.816.981	Rp 1.410.409.389	Rp 1.467.074.643	Rp 1.523.820.442
17	Rp 1.324.881.151	Rp 1.380.315.594	Rp 1.436.776.967	Rp 1.493.374.016	Rp 1.550.055.847	Rp 1.606.823.943
18	Rp 1.414.136.752	Rp 1.469.128.467	Rp 1.525.555.565	Rp 1.582.155.783	Rp 1.638.854.204	Rp 1.695.643.456
19	Rp 1.509.827.774	Rp 1.564.184.096	Rp 1.620.562.349	Rp 1.677.163.087	Rp 1.733.877.245	Rp 1.790.685.484
20	Rp 1.612.478.301	Rp 1.665.927.816	Rp 1.722.236.175	Rp 1.778.833.095	Rp 1.835.560.994	Rp 1.892.384.926

e. *Annual Purchasing Cost*

Annual purchasing cost merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin Mitsubishi 1F-15000. Pada setiap *retirement age* akan mempunyai *annual purchasing cost* yang berbeda juga. Suku bunga untuk kredit adalah 7% berdasarkan besarnya suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Indonesia tahun 2013.

Tabel 12 *Purchasing Cost*

N	Harga Satuan	A/P,7%,n	Annual Purchasing Cost
1	Rp 1.727.520.000	1,07000	Rp 1.848.446.400
2	Rp 1.727.520.000	0,55309	Rp 955.474.037
3	Rp 1.727.520.000	0,38105	Rp 658.271.496
4	Rp 1.727.520.000	0,29523	Rp 510.015.730
5	Rp 1.727.520.000	0,24389	Rp 421.324.853
6	Rp 1.727.520.000	0,20980	Rp 362.433.696
7	Rp 1.727.520.000	0,18555	Rp 320.541.336
8	Rp 1.727.520.000	0,16747	Rp 289.307.774
9	Rp 1.727.520.000	0,15349	Rp 265.157.045
10	Rp 1.727.520.000	0,14238	Rp 245.964.298
11	Rp 1.727.520.000	0,13336	Rp 230.382.067
12	Rp 1.727.520.000	0,12590	Rp 217.494.768
13	Rp 1.727.520.000	0,11965	Rp 206.697.768
14	Rp 1.727.520.000	0,11434	Rp 197.524.637
15	Rp 1.727.520.000	0,10979	Rp 189.664.421
16	Rp 1.727.520.000	0,10586	Rp 182.875.267
17	Rp 1.727.520.000	0,10243	Rp 176.949.874
18	Rp 1.727.520.000	0,09941	Rp 171.732.763
19	Rp 1.727.520.000	0,09675	Rp 167.137.560
20	Rp 1.727.520.000	0,09439	Rp 163.060.613

f. *Annual Population Cost*

Population cost merupakan biaya yang dikeluarkan setiap periode atas kepemilikan suatu alat. *Population cost* didapatkan dari *annual equivalent cost* per unit dikali jumlah populasi unit perangkatnya. *Equivalent cost* merupakan selisih antara *purchasing cost* dengan *book value*.

Tabel 13 *Annual Population Cost*

Population	Ret Age	Annual Equivalent Cost	Annual Equivalent Population Cost
1	1	Rp 6.046.320	Rp 6.046.320
1	2	Rp 23.338.795	Rp 23.338.795
1	3	Rp 50.696.579	Rp 50.696.579
1	4	Rp 87.049.038	Rp 87.049.038
1	5	Rp 131.426.107	Rp 131.426.107
1	6	Rp 182.949.455	Rp 182.949.455
1	7	Rp 240.824.399	Rp 240.824.399
1	8	Rp 304.332.493	Rp 304.332.493
1	9	Rp 372.824.751	Rp 372.824.751
1	10	Rp 445.715.442	Rp 445.715.442
1	11	Rp 522.476.418	Rp 522.476.418
1	12	Rp 602.631.915	Rp 602.631.915
1	13	Rp 685.753.814	Rp 685.753.814
1	14	Rp 771.457.300	Rp 771.457.300
1	15	Rp 859.396.895	Rp 859.396.895
1	16	Rp 949.262.840	Rp 949.262.840
1	17	Rp 1.040.777.784	Rp 1.040.777.784
1	18	Rp 1.133.693.766	Rp 1.133.693.766
1	19	Rp 1.227.789.460	Rp 1.227.789.460
1	20	Rp 1.322.867.661	Rp 1.322.867.661

g. Acquisition Cost

Acquisition cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian sistem. Acquisition cost dihitung dari penjumlahan antara *annual purchasing cost* dengan *annual population cost*. Perhitungan *annual purchasing cost* dan *annual population cost* sama dengan perhitungan LCC sebelumnya.

Tabel 14 Acquisition Cost

Ret Age	Annual Purchasing Cost	Annual Equivalent Population Cost	Annual Acquisition Cost
1	Rp 1.848.446.400	Rp 6.046.320	Rp 1.854.492.720
2	Rp 955.474.037	Rp 23.338.795	Rp 978.812.832
3	Rp 658.271.496	Rp 50.696.579	Rp 708.968.075
4	Rp 510.015.730	Rp 87.049.038	Rp 597.064.768
5	Rp 421.324.853	Rp 131.426.107	Rp 552.750.960
6	Rp 362.433.696	Rp 182.949.455	Rp 545.383.151
7	Rp 320.541.336	Rp 240.824.399	Rp 561.365.735
8	Rp 289.307.774	Rp 304.332.493	Rp 593.640.267
9	Rp 265.157.045	Rp 372.824.751	Rp 637.981.795
10	Rp 245.964.298	Rp 445.715.442	Rp 691.679.740
11	Rp 230.382.067	Rp 522.476.418	Rp 752.858.485
12	Rp 217.494.768	Rp 602.631.915	Rp 820.126.683
13	Rp 206.697.768	Rp 685.753.814	Rp 892.451.582
14	Rp 197.524.637	Rp 771.457.300	Rp 968.981.937
15	Rp 189.664.421	Rp 859.396.895	Rp 1.049.061.316
16	Rp 182.875.267	Rp 949.262.840	Rp 1.132.138.107
17	Rp 176.949.874	Rp 1.040.777.784	Rp 1.217.727.657
18	Rp 171.732.763	Rp 1.133.693.766	Rp 1.305.426.529
19	Rp 167.137.560	Rp 1.227.789.460	Rp 1.394.927.020
20	Rp 163.060.613	Rp 1.322.867.661	Rp 1.485.928.274

h. Total Life Cycle Cost

Total Life Cycle Cost (LCC) merupakan perhitungan total biaya keseluruhan sistem, mulai dari awal pembelian sampai dengan akhir hidup sistem tersebut. Total LCC didapat dari penjumlahan *sustaining cost* dan *acquisition cost*.

Tabel 15 Total Life Cycle Cost

n	Life Cycle Cost					
	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5	M = 6
1	Rp 2.340.064.775	Rp 2.396.596.864	Rp 2.453.140.525	Rp 2.509.687.434	Rp 2.566.238.087	Rp 2.622.795.318
2	Rp 1.494.426.836	Rp 1.550.955.392	Rp 1.607.498.913	Rp 1.664.046.557	Rp 1.720.598.898	Rp 1.777.159.430
3	Rp 1.256.728.984	Rp 1.313.252.930	Rp 1.369.796.254	Rp 1.426.344.805	Rp 1.482.899.236	Rp 1.539.463.824
4	Rp 1.179.225.350	Rp 1.235.743.268	Rp 1.292.286.315	Rp 1.348.835.980	Rp 1.405.392.987	Rp 1.461.962.530
5	Rp 1.171.722.273	Rp 1.228.232.288	Rp 1.284.774.944	Rp 1.341.325.974	Rp 1.397.886.137	Rp 1.454.461.694
6	Rp 1.203.745.791	Rp 1.260.245.415	Rp 1.316.787.520	Rp 1.373.340.209	Rp 1.429.904.221	Rp 1.486.487.021
7	Rp 1.261.881.934	Rp 1.318.367.847	Rp 1.374.909.176	Rp 1.431.463.866	Rp 1.488.032.541	Rp 1.544.623.991
8	Rp 1.339.266.918	Rp 1.395.734.666	Rp 1.452.274.902	Rp 1.508.831.990	Rp 1.565.406.271	Rp 1.622.007.953
9	Rp 1.431.884.508	Rp 1.488.328.080	Rp 1.544.866.777	Rp 1.601.426.709	Rp 1.658.007.676	Rp 1.714.621.327
10	Rp 1.537.248.052	Rp 1.593.659.277	Rp 1.650.195.806	Rp 1.706.759.073	Rp 1.763.347.938	Rp 1.819.975.416
11	Rp 1.653.722.392	Rp 1.710.090.065	Rp 1.766.623.543	Rp 1.823.190.667	Rp 1.879.788.762	Rp 1.936.431.988
12	Rp 1.780.174.695	Rp 1.836.483.323	Rp 1.893.012.504	Rp 1.949.584.010	Rp 2.006.192.759	Rp 2.062.853.635
13	Rp 1.915.850.615	Rp 1.972.078.548	Rp 2.028.601.674	Rp 2.085.178.053	Rp 2.141.798.924	Rp 2.198.479.224
14	Rp 2.060.199.449	Rp 2.116.316.111	Rp 2.172.830.701	Rp 2.229.412.342	Rp 2.286.117.436	Rp 2.342.748.010
15	Rp 2.212.890.292	Rp 2.268.852.030	Rp 2.325.354.570	Rp 2.381.941.665	Rp 2.438.590.980	Rp 2.495.314.241
16	Rp 2.373.725.733	Rp 2.429.469.583	Rp 2.485.955.088	Rp 2.542.547.496	Rp 2.599.212.750	Rp 2.655.958.549
17	Rp 2.542.608.809	Rp 2.598.043.251	Rp 2.654.504.624	Rp 2.711.101.673	Rp 2.767.783.504	Rp 2.824.551.600
18	Rp 2.719.563.281	Rp 2.774.554.996	Rp 2.830.982.094	Rp 2.887.582.312	Rp 2.944.280.733	Rp 3.001.069.985
19	Rp 2.904.754.794	Rp 2.959.111.116	Rp 3.015.489.369	Rp 3.072.090.107	Rp 3.128.804.265	Rp 3.185.612.504
20	Rp 3.098.406.575	Rp 3.151.856.090	Rp 3.208.164.449	Rp 3.264.761.369	Rp 3.321.489.268	Rp 3.378.313.200

3.5 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness

a. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan nilai OEE ini adalah perkalian antara nilai *availability*, *performance rate*, dan *rate of quality*.

Tabel 16 Nilai OEE Mesin Tahun 2012

Bulan	Availability (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Januari	96,26%	70,70%	99,33%	67,59%
Februari	96,26%	93,11%	98,25%	88,06%
Maret	96,43%	58,92%	97,74%	55,53%
April	96,26%	87,34%	98,69%	82,97%
Mei	96,58%	87,70%	99,41%	84,21%
Juni	96,26%	69,47%	99,26%	66,37%
Juli	96,43%	91,34%	98,78%	87,01%
Agustus	96,58%	57,55%	97,37%	54,13%
September	96,07%	95,38%	98,41%	90,18%
Oktober	96,58%	86,73%	99,09%	83,01%
November	96,43%	81,82%	98,93%	78,05%
Desember	96,26%	90,91%	98,43%	86,13%
Rata-rata	96,37%	80,91%	98,64%	76,94%

b. Perhitungan *Six Big Losses*

Berdasarkan perhitungan *losses* yang telah dilakukan, maka diketahui persentase *losses* yang menyebabkan nilai OEE rendah terdapat pada Tabel 17 dibawah ini.

Tabel 17 Persentase *Six Big Losses* Mesin Tahun 2012

No	Losses	Persentase Losses	Persentase Terhadap Total Losses
1	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	6,30%	44,55%
2	<i>Setup and Adjustment</i>	3,75%	26,53%
3	<i>Reduce Speed</i>	2,18%	15,39%
4	<i>Equipment Failures</i>	1,05%	7,40%
5	<i>Yield/Scrap Losses</i>	0,87%	6,14%
6	<i>Rework Loss</i>	0%	0,00%
Jumlah		14,14%	

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode LCC, maka didapatkan *total life cycle cost* dari mesin Mitsubishi 1F-15000 PT XYZ yang paling rendah harganya adalah sebesar Rp 1.171.722.273
2. Berdasarkan data kerusakan dan biaya yang diperoleh, maka didapatkan *retirement age* yang optimal dari mesin Mitsubishi 1F-15000 melalui perhitungan LCC adalah 5 tahun.
3. Jumlah *maintenance set crew* yang optimal adalah 1 *maintenance set crew*. Dalam 1 tim tersebut terdiri dari 2 orang *engineer*.
4. Berdasarkan hasil pengukuran efektifitas mesin Mitsubishi pada tahun 2012 dengan menggunakan metode OEE, maka diperoleh OEE yaitu sebesar 76,94%. Hasil tersebut masih jauh dari standar yang telah ditetapkan oleh JIPM yaitu sebesar 85%.
5. Penyebab permasalahan dari faktor *six big losses* yang dominan adalah karena mesin banyak mengalami *idling* (mengangur). Selain itu, penyebab lainnya adalah waktu yang digunakan untuk melakukan *setup and adjustment* yang termasuk lama pada mesin. Tabel berikut ini adalah persentase *losses* pada setiap faktor *six big losses* terhadap *losses* keseluruhan.

4.2 Saran

4.2.1 Saran Bagi Perusahaan

1. Perusahaan mempertimbangkan kembali langkah yang akan di ambil atas kepemilikan *asset* mesin Mitsubishi 1F-15000.
2. Sebaiknya perusahaan dalam melakukan pencatatan riwayat mesin agar dapat membedakan antara *downtime* dan *repair time*.
3. Pencatatan biaya yang berhubungan dengan perawatan mesin maupun perbaikan mesin harus lebih detail mengenai kegiatan yang dilakukan dan biaya yang dikeluarkan.
4. Pencatatan riwayat produksi untuk tiap mesin diperjelas untuk kebutuhan penelitian lainnya.

4.2.2 Saran Bagi Penelitian Selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya bisa melakukan penelitian pada semua mesin yang terdapat pada divisi cetak *sheet*.
2. Mendapatkan data-data mengenai biaya yang lebih akurat dan tepat agar dapat menggambarkan kondisi perusahaan yang nyata.

Daftar Pustaka:

- [1] Blanchard, B. S., W.J. Fabricky. 1990. *System Engineering and Analysis*, 2nd ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- [2] Davis, Roy K.1995. *Productivity Improvement Through TPM*. New York : Prentice Hall.
- [3] Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore.
- [4] Nakajima, Seiichi. 1988. *Introduction To Total Productive Maintenance*. Tokyo : Productivity Press Inc.