ANALISIS TOTAL BIAYA, UMUR OPTIMAL DAN JUMLAH MAINTENANCE CREW PADA MESIN CNC MILLING PT. SANDY GLOBALINDO BERDASARKAN METODE LIFE CYCLE COST DENGAN DYNAMIC MAINTENANCE COST

TOTAL COSTS, OPTIMAL AGE AND AMOUNT OF MAINTENANCE CREW ANALYSIS IN CNC MILLING MACHINES PT. SANDY GLOBALINDO BASED ON LIFE CYCLE COST METHOD WITH DYNAMIC MAINTENANCE COST

Triana Suryani1, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji2, Endang Budiasih3
[1,2,3]Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
1trianasuryani@gmail.com, **2**franstatas@telkomuniversity.ac.id,
3endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

***Maintenance* adalah segala kegiatan yang bertujuan untuk menjaga peralatan dalam kondisi terbaik. Proses *maintenance* meliputi, pengetesan, pengukuran, penggantian, penyesuaian dan perbaikan. *Maintenance* terbagi menjadi 3 jenis, *Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Breakdown Maintenance, Corrective Maintenance.* Dengan melakukan perawatan serta pemeliharaan pada mesin dan fasilitas produksi, tentu memerlukan biaya. Dalam hal ini, biaya yang dikeluarkan pada saat perawatan dan pemeliharaan mesin secara terjadwal dan berkala. Untuk mengatasi biaya perawatan dan pemeliharaan yang terlalu besar, maka dilakukan pengendalian biaya dengan metode Life Cycle Cost dengan Dynamic Maintenance Cost. PT. Sandy Globalindo merupakan perusahaan swasta yang memproduksi beberapa produk spare part motor. Perusahaan ini beralamat di Jl. Gn. Satria No.2A, Pasirkaliki, Cimahi Utara, Kota Cimahi, Jawa Barat 4051. PT. Sandy Globalindo dalam usahanya memastikan mesin dapat beroperasi selama 24 jam tanpa permasalahan dalam jangka waktu yang ditentukan. PT. Sandy Globalindo memiliki kebijakan corrective dan preventife maintenance dalam mengatasi kerusakan mesin. Mesin CNC Milling merupakan salah satu dari beberapa mesin yang dimiliki oleh PT. Sandy Globalindo. Mesin ini memiliki frekuensi kerusakan yang tertinggi. Berdasarkan permasalahan yang ada akan dilakukan analisa total biaya minimal, umur optimal dan jumlah optimal maintenance set cew pada mesin CNC Milling PT. Sandy Globalindo dengan menggunakan metode Life Cycle Cost dengan Dynamic Maintenance Cost.**

Kata kunci: ***Maintenance*, Mesin CNC Milling, *Life Cycle Cost, Dynamic Maintenance Cost***

Abstract

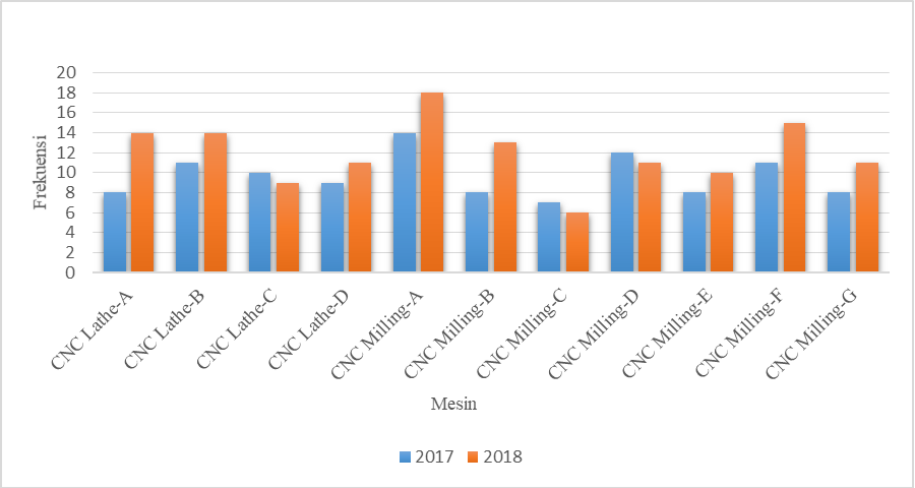
Maintenance is all activities that aim to keep the equipment in the best condition. The maintenance process includes testing, measurement, replacement, adjustment and repair. Maintenance is divided into 3 types, Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Breakdown Maintenance, Corrective Maintenance. By doing maintenance and maintenance on machinery and production facilities, it certainly requires a fee. In this case, the costs incurred during maintenance and maintenance of the machine are scheduled and periodic. To overcome the maintenance and maintenance costs that are too large, then cost control is carried out with the Life Cycle Cost method with Dynamic Maintenance Cost. PT. Sandy Globalindo is a private company that produces several motorbike spare parts. This company is located at Jl. Mr. Satria No.2A, Pasirkaliki, Cimahi Utara, Cimahi City, West Java 4051. PT. Sandy Globalindo in its effort to ensure the machine can operate for 24 hours without problems within the specified time period. PT. Sandy Globalindo has a corrective and preventife maintenance policy in dealing with engine damage. CNC Milling Machine is one of several machines owned by PT. Sandy Globalindo. This machine has the highest frequency of damage. Based on the existing problems, an analysis of the minimum total cost, optimal age and the optimal number of maintenance sets for the CNC Milling machine PT. Sandy Globalindo by using the Life Cycle Cost method with Dynamic Maintenance Cost.

Keywords: ***Maintenance*, Mesin CNC Milling, *Life Cycle Cost, Dynamic Maintenance Cost***

1. Pendahuluan

PT. Sandy Globalindo merupakan perusahaan swasta yang memproduksi beberapa produk spare part motor. PT. Sandy Globalindo dalam usahanya memastikan mesin dapat beroperasi selama 24 jam tanpa permasalahan dalam jangka waktu yang ditentukan. Untuk memastikan sistem selalu tersedia, PT. Sandy Globalindo memiliki kebijakan corrective dan preventife maintenance dalam mengatasi kerusakan mesin.

Mesin CNC Milling merupakan salah satu dari beberapa mesin yang dimiliki oleh PT. Sandy Globalindo. Mesin ini memiliki fungsi untuk membentuk material dengan bentuk bahan dasar balok menjadi bentuk yang diinginkan. Seringkali terjadi kerusakan pada mesin ini yang diakibatkan oleh berhentinya putaran dua pengaduk pada mesin. Berikut merupakan grafik kerusakan mesin CNC Milling PT. Sandy Globalindo dalam waktu periode tahun 2017 hingga 2018:



Gambar 1 Grafik Kerusakan Mesin Injeksi Plastik di CV XYZ

Dapat terlihat dari grafik di atas bahwa mesin *CNC Milling* memiliki frekuensi kerusakan yang tertinggi. Berdasarkan permasalahan yang ada akan dilakukan analisa total biaya minimal, umur optimal dan jumlah optimal maintenance set cew pada mesin CNC Milling PT. Sandy Globalindo dengan menggunakan metode Life Cycle Cost dengan Dynamic Maintenance Cost.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 *Maintenance*

Maintenance merupakan sebuah kegiatan untuk mengembalikan fungsi dari mesin atau sistem ke fungsi normal. Kegiatan maintenance sering dilakukan pada pabrik yang memiliki mesin-mesin besar [1]. Kegiatan perawatan mesin berguna untuk menjaga, memelihara, mempertahankan, mengembangkan dan memaksimalkan kinerja mesin untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan tersedia saat akan digunakan [2].

2.2 *Life Cycle Cost*

Life Cycle Cost 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 [3].

2.3 *Dynamic Maintenance Cost*

Dynamic Maintenance Cost merupakan biaya yng dikeluarkan sebagai ongkos perawatan secara terus menerus setiap periode selama unit beroperasi. Dalam perhitungannya, Dynamic Maintenance Cost dipengaruhi oleh maintenance cost, biaya perbaikan stokastik dan probabilitas mesin mengantri [4].

2.4 *Acquisition Cost*

Acquisition Cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian mesin/sistem. Acquisition Cost merupakan penjumlahan antara biaya yang harus dikeluarkan seluruh perangkat selama hidupnya atau selisih antara biaya pembelian biaya pembelian dengan nilai sisa dari perangkat tersebut [6].

2.5 *Sustaining Cost*

Sustaining Cost meurpakan biaya atas kepemilikan suatu unit selama periode tertentu. Sustaining cost merupakan menjumlahan dari annual operating cost, annuar maintenance cost, dan annual shortage cost [7].

2.6 *Mean Time to Failure*

MTTF adalah rata-rata dari selang waktu antar kerusakan komponen yang pertama dengan kerusakan selanjurnya, dengan formulasi sebagai berikut :

$$\text{MTTF} = \frac{\sum_{i=1}^{n} TTF}{n}$$

$$\text{MTTF} = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

Rata-rata antar waktu kerusakan atau MTTF ini berguna dalam penentuan waktu penggantian komponen dalam sebuah mesin [8].

2.7 *Preventive Maintenance*

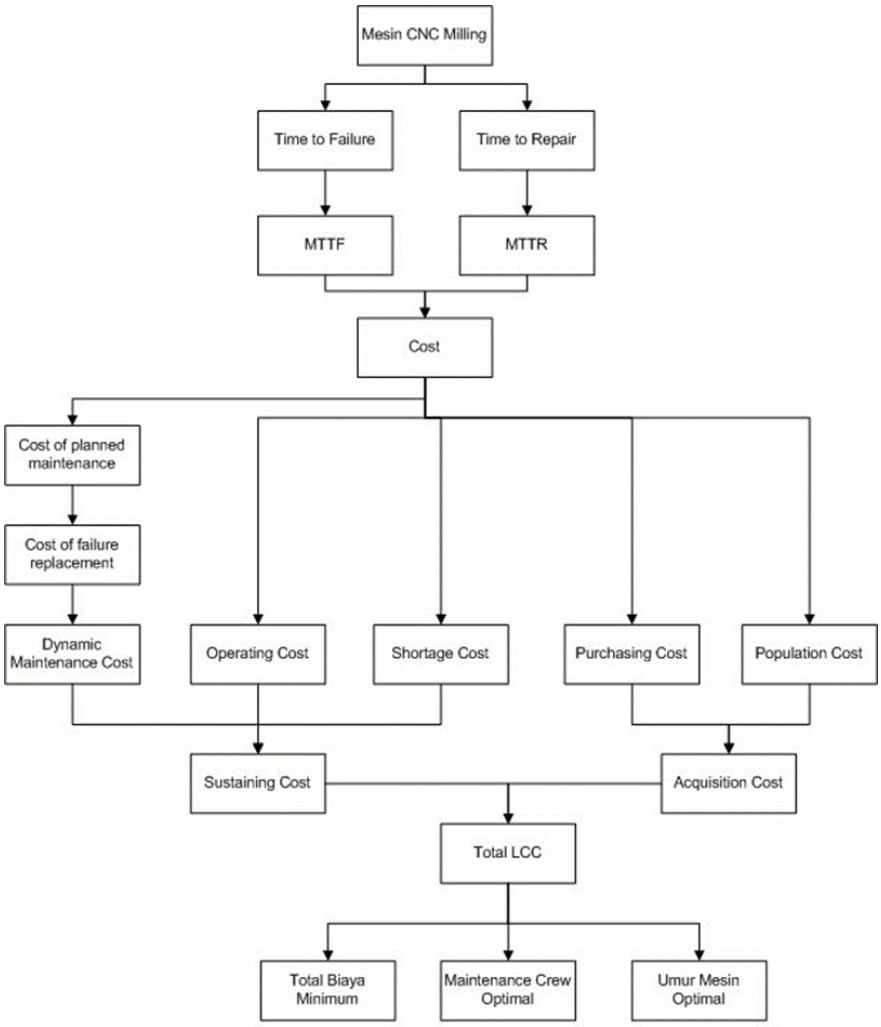
Preventive Maintenance Meliputi semua aktivitas yang terjadwal untuk menjaga sistem/produk dalam kondisi operasi tertentu. Jadwal perawatan meliputi periode inspeksi [1].

2.8 *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance merupakan perawatan yang terjadwal ketika suatu sistem mengalami Kerusakan untuk memperbaiki sistem pada kondisi tertentu [1].

2.9 Model Konseptual

Model konseptual adalah sebuah rancangan yang memiliki urutan pengerjaan secara terstruktur. Isi dari model konseptual yaitu konsep-konsep yang saling berintegrasi akan digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Model Konseptual

Berdasarkan Gambar 2, diawali dengan melakukan analisis terhadap mesin CNC Milling dengan data frekuensi kerusakan didapatkan mesin Homogenizer yang merupakan frekuensi kerusakan yang paling tinggi. Setelah itu, melakukan pencarian data time to failure (TTF) dan time to repair (TTR). Tahap selanjutnya penentuan parameter distribusi dari data yang telah didapatkan dan melakukan uji kesesuaian distribusi. Setelah penentuan parameter dan melakukan uji kesesuaian, melakukan perhitungan untuk mendapatkan mean time to failure (MTTF) dan mean time to repair (MTTR).

Selanjutnya, pada perhitungan total life cycle cost (LCC) yang didaptkan dari hasil perhitungan penjumlahan sustaining cost dengan acquisition cost. Sustaining cost merupakan hasil dari penjumlahan Dynamic Maintenance Cost, Operating Cost, dan Shortage Cost. Apabila sustaining cost dan acquisition cost didapatkan, maka didapatkan output dari Life Cycle Cost (LCC), yaitu total life cycle cost minimal, umur mesin optimal, dan jumlah maintenance crew optimal. Ketiga output LCC tersebut selanjutnya akan dilakukan analisis mengenai perancangan kebijakan maintenance pada mesin CNC Milling menggunakan metode LCC dengan Dynamic Maintenance Cost.

3. Pembahasan

3.3 Uji Distribusi

Uji Distribusi yang dilakukan menggunakan uji Anderson-Darling (AD), uji ini dilakukan untuk mengetahui distribusi yang mewakili data time to failure dan time to repair dari keseluruhan sistem yang ada pada mesin CNC Milling. Untuk mengetahui distribusi yang mewakili pada data TTF dan TTR maka ditinjau dari nilai AD terkecil dari distribusi yang ada (Grupta, 2010). Pengujian dilakukan dengan tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 99%. Perhitungan nilai P-Value dan AD dilakukan dengan menggunakan software Minitab 17. Penentuan Parameter distribusi TTF dan TTR mesin CNC Milling

Tabel 1. Parameter Distribusi TTF mesin CNC Milling

Subsistem	Distribusi	Parameter	
Mesin CNC	Eksponensial	μ	91,5313

Tabel 2. Parameter Distribusi TTR mesin CNC Milling

Subsistem	Distribusi	Parameter	
Mesin CNC	Normal	μ	98,1788

3.2 Perhitungan Annual Operating Cost

Annual Operating Cost adalah seluruh biaya yang dikeluarkan selama mesin beroperasi. Operating cost yang dilakukan selama perangkat beroperasi terdiri dari operating Labor Cost dan Energy Cost [9].

Tabel 3. Annual Operating Cost

Annual Operating Cost			
Tahun	Retirement Age	Operating Cost	
2011	1	Rp	38.443.170
2012	2	Rp	39.907.535
2013	3	Rp	41.427.679
2014	4	Rp	43.005.729
2015	5	Rp	44.643.889
2016	6	Rp	46.344.449
2017	7	Rp	48.109.786
2018	8	Rp	49.942.368
2019	9	Rp	51.844.756
2020	10	Rp	53.819.609
2021	11	Rp	55.869.688
2022	12	Rp	57.997.857
2023	13	Rp	60.207.092
2024	14	Rp	62.500.481
2025	15	Rp	64.881.228
2026	16	Rp	67.352.662

3.3 *Dynamic Maintenance Cost*

Dynamic Maintenance cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perawatan mesin atau perangkat, baik itu memperbaiki ataupun mengganti bagian bagian komponen. Biaya perawatan dihitung untuk mengetahui besarnya biaya perawatan mesin per tahun. Baya perawatan terdiri dari biaya tenaga kerja

perawatan, biaya konsumsi, perawatan peralatan, biaya pergantian yang dikeluarkan ketika mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba.

Biaya tenaga kerja akan berbeda tergantung banyaknya jumlah *maintenance crew* di mana M=1 terdiri dari satu orang maintenance crew [4].

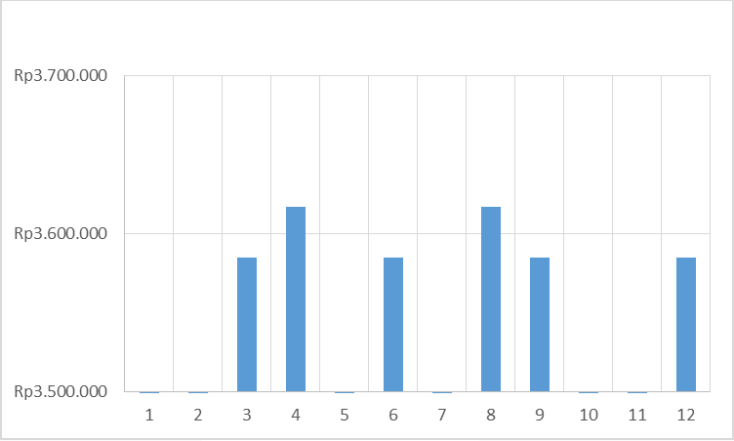
Tabel 4. Komponen Perhitungan Maintenance Cost

Cost	Jumlah	Biaya
Labor Cost (CL)	12 bulan x 1 orang x 1 shift @3.000.000	Rp 72.000.000
Repair Cost(CR)		Rp 13.260.800
Consumabel Cost (CC)		Rp 1.560.000
Equipment Cost (CE)		Rp 249.000

Setelah mendapatkan hasil perhitungan maintenance cost, dilakukan perhitungan cost of failure dalam setiap bulannya, selama satu tahun yang kemudian akan dilakukan perhitungan Dynamic Maintenance Cost berdasarkan Cost of Failure dengan formulasi sebagai berikut.

CD = $C_i^p P + C_i^F F$,

$C_i^p P$ adalah *Cost of Planned Maintenance*, $C_i^F F$ adalah *Cost of Failure Repairment* [10].



Gambar 3. Dynamic Maintenance Cost

Pada penelitian ini dynamic maintenance cost diasumsikan mengalami kerusakan yang sama setiap tahunnya dan mengalami kenaikan di setiap tahunnya yakni 3,81% berdasarkan nilai rata-rata inflasi pada Januari 2018 hingga Desember 2018. Kemudian, hasil dynamic maintenance cost dihitung perdasarkan probabilitas waktu mesin mengantri untuk mendapatkan jumlah maintenance crew optimal . Maka nilai Annual Dynamic Maintenance Crew dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Annual Dynamic Maintenance Cost

Annual Dynamic Maintenance Cost					
n	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5
1	Rp 44.355.629	Rp 72.028.145	Rp 99.739.169	Rp 127.450.193	Rp 155.161.216
2	Rp 46.045.209	Rp 74.771.818	Rp 103.538.400	Rp 132.304.983	Rp 161.071.565
3	Rp 47.799.147	Rp 77.620.001	Rp 107.482.350	Rp 137.344.700	Rp 167.207.050
4	Rp 49.619.897	Rp 80.576.676	Rp 111.576.532	Rp 142.576.389	Rp 173.576.245
5	Rp 51.510.001	Rp 83.645.976	Rp 115.826.668	Rp 148.007.361	Rp 180.188.054
6	Rp 53.472.103	Rp 86.832.190	Rp 120.238.699	Rp 153.645.208	Rp 187.051.717
7	Rp 55.508.944	Rp 90.139.773	Rp 124.818.792	Rp 159.497.810	Rp 194.176.828
8	Rp 57.623.373	Rp 93.573.348	Rp 129.573.348	Rp 165.573.348	Rp 201.573.348
9	Rp 59.818.343	Rp 97.137.712	Rp 134.509.012	Rp 171.880.312	Rp 209.251.612
10	Rp 62.096.923	Rp 100.837.850	Rp 139.632.685	Rp 178.427.520	Rp 217.222.355
11	Rp 64.462.299	Rp 104.678.931	Rp 144.951.526	Rp 185.224.121	Rp 225.496.716
12	Rp 66.917.775	Rp 108.666.326	Rp 150.472.972	Rp 192.279.617	Rp 234.086.262
13	Rp 69.466.785	Rp 112.805.608	Rp 156.204.738	Rp 199.603.868	Rp 243.002.998
14	Rp 72.112.890	Rp 117.102.561	Rp 162.154.837	Rp 207.207.112	Rp 252.259.387
15	Rp 74.859.790	Rp 121.563.193	Rp 168.331.585	Rp 215.099.976	Rp 261.868.368
16	Rp 77.711.324	Rp 126.193.738	Rp 174.743.615	Rp 223.293.493	Rp 271.843.370

3.4 Annual Shortage Cost

Shortage Cost merupakan biaya yang harus dikeluarka karena kekurangan unit sebagai akibat kekurangan jumlah tim maintenance yang akan memperbaiki perangkat yang mengalami kerusakan. Dibawah ini merupakan hasil perhitungan Annual Shortage Cost [11].

Tabel 6. Annual Shortage Cost

Annual Shortage Cost					
n	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5
1	Rp 33.868.790	Rp 22.318.511	Rp 16.642.810	Rp 13.268.555	Rp 11.031.889
2	Rp 38.865.043	Rp 26.149.910	Rp 19.703.643	Rp 15.807.023	Rp 13.197.138
3	Rp 41.223.205	Rp 28.330.789	Rp 21.581.309	Rp 17.429.043	Rp 14.616.762
4	Rp 45.214.471	Rp 31.746.322	Rp 24.460.278	Rp 19.894.357	Rp 16.764.907
5	Rp 49.402.885	Rp 35.439.746	Rp 27.630.354	Rp 22.641.208	Rp 19.178.240
6	Rp 53.777.877	Rp 39.410.950	Rp 31.101.964	Rp 25.686.496	Rp 21.877.236
7	Rp 58.328.356	Rp 43.656.751	Rp 34.882.574	Rp 29.045.067	Rp 24.881.255
8	Rp 63.043.227	Rp 48.171.060	Rp 38.976.368	Rp 32.729.161	Rp 28.207.939
9	Rp 67.911.865	Rp 52.945.201	Rp 43.384.063	Rp 36.747.920	Rp 31.872.601
10	Rp 72.924.538	Rp 57.968.361	Rp 48.102.885	Rp 41.106.998	Rp 35.887.645
11	Rp 78.072.755	Rp 63.228.139	Rp 53.126.719	Rp 45.808.315	Rp 40.262.065
12	Rp 83.349.525	Rp 68.711.159	Rp 58.446.431	Rp 50.849.976	Rp 45.001.056
13	Rp 88.749.540	Rp 74.403.700	Rp 64.050.340	Rp 56.226.375	Rp 50.105.785
14	Rp 94.269.267	Rp 80.292.311	Rp 69.924.817	Rp 61.928.494	Rp 55.573.347
15	Rp 99.906.972	Rp 86.364.372	Rp 76.054.962	Rp 67.944.368	Rp 61.396.925
16	Rp 105.662.690	Rp 92.608.569	Rp 82.425.315	Rp 74.259.705	Rp 67.566.145

3.5 Perhitungan Annual Purchasing Cost

Purchasing cost merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin CNC Milling. Pada setiap retirement age, akan menghasilkan nilai Annual Purchasing cost yang berbeda. Perhitungan annual purchasing cost dipengaruhi oleh tingkat suku bunga pinjaman, di mana suku bunga yang menjadi acuan adalah suku bunga pada tahun pembelian mesin yakni tahun 2011 sebesar 11.7% yang ditetapkan oleh Bank Indonesia tahun 2011.

Tabel 7. Annual Purchasing Cost

Tahun(n)	Harga Satuan	A/P ; 6,75%; N	Annual Purchasing cost
0	Rp 2.000.000.000		
1	Rp 2.000.000.000	1,0675	Rp 2.135.000.000
2	Rp 2.000.000.000	0,551175937	Rp 1.102.351.874
3	Rp 2.000.000.000	0,379312429	Rp 758.624.858
4	Rp 2.000.000.000	0,29356367	Rp 587.127.339
5	Rp 2.000.000.000	0,242260373	Rp 484.520.746
6	Rp 2.000.000.000	0,208179343	Rp 416.358.686
7	Rp 2.000.000.000	0,183939123	Rp 367.878.246
8	Rp 2.000.000.000	0,165848911	Rp 331.697.821
9	Rp 2.000.000.000	0,151858196	Rp 303.716.391
10	Rp 2.000.000.000	0,140736615	Rp 281.473.231
11	Rp 2.000.000.000	0,131701161	Rp 263.402.323
12	Rp 2.000.000.000	0,124229783	Rp 248.459.566
13	Rp 2.000.000.000	0,117961021	Rp 235.922.043
14	Rp 2.000.000.000	0,112636655	Rp 225.273.311
15	Rp 2.000.000.000	0,108067291	Rp 216.134.583
16	Rp 2.000.000.000	0,104110855	Rp 208.221.711

3.6 Perhitungan Book Value

Pada perhitungan book value digunakan untuk mengetahui besarnya nilai suatu peralatan di akhir tahun masa manfaat. Mesin CNC Milling memiliki nilai depresiasi 6,25% yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan estimasi umur mesin selama 16 tahun (Dirjen Pajak). Tabel 8. di bawah ini merupakan perhitungan book value.

Tabel 8. Book Value

Tahun(n)	Salvage Value	Purchasing Cost	Book Value
1	Rp 1.875.000.000,00	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.992.187.500,00
2	Rp 1.757.812.500,00	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.969.726.562,50
3	Rp 1.647.949.218,75	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.933.990.478,52
4	Rp 1.544.952.392,58	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.886.238.098,14
5	Rp 1.448.392.868,04	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.827.622.771,26
6	Rp 1.357.868.313,79	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.759.200.617,67
7	Rp 1.273.001.544,18	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.681.938.175,58
8	Rp 1.193.438.947,67	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.596.719.473,83
9	Rp 1.118.849.013,44	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.504.352.570,06
10	Rp 1.048.920.950,10	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.405.575.593,81
11	Rp 983.363.390,72	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.301.062.331,12
12	Rp 921.903.178,80	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.191.427.384,10
13	Rp 864.284.230,12	Rp 2.000.000.000,00	Rp 1.077.230.936,97
14	Rp 810.266.465,74	Rp 2.000.000.000,00	Rp 958.983.157,52
15	Rp 759.624.811,63	Rp 2.000.000.000,00	Rp 837.148.260,90
16	Rp 712.148.260,90	Rp 2.000.000.000,00	Rp 712.148.260,90

3.7 Perhitungan Annual Sustaining Cost

Annual Sustaining Cost merupakan perhitungan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat atau mesin selama periode operasinya per tahun [12].

Tabel 9. Annual Sustaining Cost

Annual Sustaining Cost					
n	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5
1	Rp 116.667.589	Rp 132.789.827	Rp 154.825.150	Rp 179.161.918	Rp 204.636.276
2	Rp 119.821.533	Rp 140.829.263	Rp 163.149.579	Rp 188.019.540	Rp 214.176.238
3	Rp 123.095.617	Rp 147.378.469	Rp 170.491.339	Rp 196.201.422	Rp 223.251.492
4	Rp 126.494.415	Rp 155.328.727	Rp 179.042.539	Rp 205.476.475	Rp 233.346.881
5	Rp 130.022.680	Rp 163.729.610	Rp 188.100.911	Rp 215.292.457	Rp 244.010.182
6	Rp 133.685.341	Rp 172.587.589	Rp 197.685.112	Rp 225.676.153	Rp 255.273.401
7	Rp 137.487.520	Rp 181.906.311	Rp 207.811.152	Rp 236.652.664	Rp 267.167.870
8	Rp 141.434.530	Rp 191.686.775	Rp 218.492.083	Rp 248.244.877	Rp 279.723.655
9	Rp 179.574.964	Rp 201.927.669	Rp 229.737.831	Rp 260.472.988	Rp 292.968.969
10	Rp 188.841.071	Rp 158.806.210	Rp 187.735.569	Rp 219.534.517	Rp 253.110.000
11	Rp 198.404.741	Rp 167.907.070	Rp 198.078.245	Rp 231.032.436	Rp 265.758.782
12	Rp 208.265.157	Rp 235.375.343	Rp 266.917.259	Rp 301.127.450	Rp 337.085.176
13	Rp 218.423.417	Rp 247.416.400	Rp 280.462.170	Rp 316.037.336	Rp 353.315.876
14	Rp 228.882.638	Rp 259.895.354	Rp 294.580.135	Rp 331.636.087	Rp 370.333.215
15	Rp 239.647.991	Rp 272.808.794	Rp 309.267.775	Rp 347.925.573	Rp 388.146.521
16	Rp 250.726.677	Rp 286.154.969	Rp 324.521.593	Rp 364.905.861	Rp 406.762.178

3.8 Perhitungan Annual Acquisition Cost

Annual Acquisition Cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian sistem. Annual Acquisition Cost dihitung dari jumlah antara annual purchasing cost dengan annual population cost. Dibawah ini merupakan perhitungan annual acquisition cost [13].

Tabel 10. Annual Acquisition Cost

Tahun	Annual Purchasing Cost	Annual Equivalent Cost	Annual Acquisition Cost
1	Rp 2.135.000.000	Rp 142.812.500	Rp 2.277.812.500
2	Rp 1.102.351.874	Rp 142.679.980	Rp 1.245.031.854
3	Rp 758.624.858	Rp 146.652.181	Rp 905.277.040
4	Rp 587.127.339	Rp 151.120.842	Rp 738.248.181
5	Rp 484.520.746	Rp 155.414.652	Rp 639.935.398
6	Rp 416.358.686	Rp 159.347.532	Rp 575.706.218
7	Rp 367.878.246	Rp 162.868.732	Rp 530.746.977
8	Rp 331.697.821	Rp 165.975.621	Rp 497.673.442
9	Rp 303.716.391	Rp 168.684.845	Rp 472.401.237
10	Rp 281.473.231	Rp 171.020.965	Rp 452.494.196
11	Rp 263.402.323	Rp 173.011.442	Rp 436.413.764
12	Rp 248.459.566	Rp 174.684.257	Rp 423.143.823
13	Rp 235.922.043	Rp 176.066.732	Rp 411.988.775
14	Rp 225.273.311	Rp 177.184.949	Rp 402.458.259
15	Rp 216.134.583	Rp 178.063.466	Rp 394.198.049
16	Rp 208.221.711	Rp 178.725.220	Rp 386.946.931

3.9 Total Life Cycle Cost with Dynamic Maintenance Cost

Life Cycle Cost (LCC) merupakan perhitungan total biaya keseluruhan sistem mulai dari awal pembelian sampai dengan akhir hidup sistem. Total Life Cycle Cost didapatkan dari hasil penjumlahan antara sustaining cost dengan acquisition cost. Tabel 11 di bawah ini merupakan hasil perhitungan Total LCC pada mesin CNC Milling

Tabel 11. Total Life Cycle Cost

Life Cycle Cost Mesin CNC Milling					
tahun	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5
2011	Rp 2.394.480.089	Rp 2.410.602.327	Rp 2.432.637.650	Rp 2.456.974.418	Rp 2.482.448.776
2012	Rp 1.364.853.388	Rp 1.385.861.117	Rp 1.408.181.433	Rp 1.433.051.395	Rp 1.459.208.092
2013	Rp 1.028.372.656	Rp 1.052.655.509	Rp 1.075.768.378	Rp 1.101.478.462	Rp 1.128.528.531
2014	Rp 864.742.596	Rp 893.576.908	Rp 917.290.720	Rp 943.724.656	Rp 971.595.062
2015	Rp 769.958.078	Rp 803.665.008	Rp 828.036.309	Rp 855.227.856	Rp 883.945.580
2016	Rp 709.391.560	Rp 748.293.808	Rp 773.391.330	Rp 801.382.371	Rp 830.979.620
2017	Rp 668.234.498	Rp 712.653.288	Rp 738.558.129	Rp 767.399.641	Rp 797.914.847
2018	Rp 639.107.973	Rp 689.360.217	Rp 716.165.526	Rp 745.918.319	Rp 777.397.097
2019	Rp 651.976.200	Rp 674.328.906	Rp 702.139.068	Rp 732.874.225	Rp 765.370.206
2020	Rp 641.335.267	Rp 611.300.406	Rp 640.229.765	Rp 672.028.713	Rp 705.604.196
2021	Rp 634.818.505	Rp 604.320.835	Rp 634.492.009	Rp 667.446.201	Rp 702.172.546
2022	Rp 631.408.980	Rp 658.519.165	Rp 690.061.082	Rp 724.271.273	Rp 760.228.998
2023	Rp 630.412.192	Rp 659.405.175	Rp 692.450.945	Rp 728.026.111	Rp 765.304.650
2024	Rp 631.340.897	Rp 662.353.613	Rp 697.038.394	Rp 734.094.346	Rp 772.791.475
2025	Rp 633.846.040	Rp 667.006.843	Rp 703.465.824	Rp 742.123.622	Rp 782.344.570
2026	Rp 637.673.608	Rp 673.101.900	Rp 711.468.524	Rp 751.852.791	Rp 793.709.109

4. Kesimpulan

Perhitungan Dynamic Maintenance Cost mempengaruhi hasil Annual Maintenance Cost pada perhitungan LCC, dengan ditambahkan perhitungan Cost of Failure dalam satu periode yaitu satu tahun, mesin mengalami kerusakan yang tidak terduga sehingga harus dilakukannya corrective maintenance. Dilakukannya corrective maintenance tentu membutuhkan biaya, sehingga biaya maintenance pada Dynamic Maintenance Cost akan berbeda dengan Maintenance Cost. Total Life Cycle Cost minimum setelah menambahkan perhitungan dynamic maintenance cost berdasarkan perhitungan yaitu sebesar Rp604.320.835,- dengan umur mesin sebelas tahun. Setelah umus mesin habis namun mesin tetap digunakan maka akan berpengaruh terhadap total life cycle cost yang akan meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan perhitungan dynamic maintenance cost serta hasil total life cycle cost, pengeluaran biaya minimum yakni dengan jumlah maintenance crew dua orang yang artinya perusahaan sebaiknya menambah

satu orang maintenance crew.

Daftar Pustaka

[1] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.

[2] U. T. judi adhilman Kirana, "Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 03, no. 1, pp. 47–53, 2016.

[3] A. R. Eliyus, J. Alhilman, and Sutrisno, "Estimasi Biaya Maintenance yang Optimal dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2014.

[4] M. Bengtsson and M. Kurdve, "Machining Equipment Life Cycle Costing Model with Dynamic Maintenance Cost," *Procedia CIRP*, vol. 48, pp. 102–107, 2016.

[5] B. Kianian, M. Kurdve, and C. Andersson, "Comparing Life Cycle Costing and Performance Part Costing in Assessing Acquisition and Operational Cost of New Manufacturing Technologies," *Procedia CIRP*, vol. 80, pp. 428–433, 2019.

[6] C. Andriyadi, F. T. D. Atmaji, and N. Athari, "Penentuan Optimasi Sistem Perawatan Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Life Cycle Cost (Lcc) Pada Mesin Cincinnati Milacron F," vol. 3, no. Lcc, pp. 1–5, 2016.

[7] A. Reina, Á. Kocsis, A. Merlo, I. Németh, and F. Aggogeri, "Maintenance Decision Support for Manufacturing Systems Based on the Minimization of the Life Cycle Cost," *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 674–679, 2016.

[8] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di Pt Ksm, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, no. April, pp. 7–11, 2015.

[9] J. Alhilman, R. R. Saedudin, F. T. D. Atmaji, and A. G. Suryabrata, "LCC application for estimating total maintenance crew and optimal age of BTS component," *2015 3rd Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2015*, pp. 543–547, 2015.

[10] M. Yildirim, X. A. Sun, and N. Z. Gebraeel, "Sensor-Driven Condition-Based Generator Maintenance Scheduling - Part I: Maintenance Problem," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 31, no. 6, pp. 1–11, 2016.

[11] D. Arisugewo *et al.*, "Perancangan Kebijakan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin Dibn (Double Indian Ballbreaker Net Sorter) Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Lcc) Dan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pt . Perkebunan Nusantara Viii Perkebunan Ciater Desi," vol. 5, no. 2, pp. 2688–2695, 2018.

[12] O. Tyas, "ANALISIS UMUR OPTIMAL DAN JUMLAH OPTIMAL MAINTENANCE SET CREW POMPA PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE COST (LCC) PT . XYZ," vol. 4, no. 1, pp. 21–25, 2018.

[13] A. P. Wibowo, F. T. D. Atmaji, and E. Budiasih, "MAINTENANCE POLICY of JET DYEING MACHINE USING LIFE CYCLE COST (LCC) AND OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN PT.XYZ," vol. 2, no. IcoIESE 2018, pp. 144–147, 2019.