

PERENCANAAN PENGGANTIAN MESIN *CUTTING* MENGUNAKAN METODE *REPLACEMENT ANALYSIS* DALAM PENDEKATAN EKONOMI TEKNIK PADA CV. MUSTA'IM

Ana Koamri¹, Venus Khatta Salsabillah², Lolyka Dewi Indrasari³, Johan Alfian Pradana⁴,
Afiff Yudha Tripariyanto⁵

^{1,2,3,4,5}Progam Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri

Email: ana@unik-kediri.ac.id¹, venus@unik-kediri.ac.id², Lolyka@unik-kediri.ac.id³, zoehuntz34@gmail.com⁴,
afiff@unik-kediri.ac.id⁵

ABSTRAK

CV. Mustaim merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai jenis cetakan kue. Permasalahan yang sedang di hadapi oleh perusahaan ini adalah menyangkut mesin *cutting* yang dimiliki. Mesin ini sudah berusia cukup tua, pemilik perusahaan beranggapan bahwa mesin ini sudah tidak layak untuk di pakai lagi, karena ada beberapa hal yang di rasa merugikan perusahaan. Penggantian asset tetap berupa mesin produksi harus di pertimbangkan dengan teliti, karena banyak terjadi penggantian mesin yang dilakukan malah mengakibatkan kerugian besar bagi perusahaan. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengambil keputusan kapan waktu yang tepat untuk dilakukan penggantian mesin, penelitian ini menggunakan metode total biaya tahunan rata-rata (*Equivalent Uniform Annual Cost*). Serta melibatkan konsep asset *defender* dan *challenger* untuk keputusan dalam membeli mesin baru atau menggunakan mesin yang sudah ada. Hasil dari penelitian ini adalah untuk biaya tahunan rata-rata mesin pada tahun 2003 hingga 2006 mengalami penurunan, dan mengalami peningkatan lagi secara flutuatif pada tahun 2007 hingga tahun 2022. Nilai tahunan rata-rata paling minimum di dapat pada tahun 2006 sebesar Rp. 7.153.339 yang berarti bahwa umur ekonomis dari mesin ini adalah 5 tahun.

Kata kunci : Ekonomi Teknik; EUAC; Mesin Cutting; *Replacement Analysis*.

ABSTRACT

CV. Mustaim is a company that produces various types of cake molds. The problem that is being faced by this company is related to the cutting machine it has. This machine is quite old, the company owner thinks that this machine is no longer suitable for use, because there are several things that are felt to be detrimental to the company. Replacement of fixed assets in the form of production machines must be considered carefully, because many machine replacements are carried out, resulting in large losses for the company. The purpose of this study is To make a decision on when is the right time to replace the machine, this study uses the method of total average annual cost (Equivalent Uniform Annual Cost). As well as involving the concept of asset defenders and challengers for decisions in buying new machines or using existing machines. The result of this study is that the average annual cost of machines in 2003 to 2006 decreased, and experienced another flutuative increase in 2007 to 2022. The minimum average annual value obtained in 2006 was Rp. 7,153,339 which means that the economic life of this machine is 5 years.

Keywords : *Engineering Economics; EUAC; Cutting Machinery; Replacement Analysis.*

PENDAHULUAN

Setiap usaha yang di dirikan pastinya memiliki satu tujuan umum yaitu mencapai laba yang optimal (Safitiri, 2018). Dalam mencapai tujuan tersebut, perusahaan harus melakukan proses produksi yang di dukung oleh beberapa faktor seperti modal, mesin, tenaga kerja, bahan baku, dan lain sebagainya (Panjaitan, 2019). Salah satu aspek yang paling membutuhkan perhatian lebih dan berpengaruh terhadap jalannya suatu usaha adalah pengadaan mesin produksi (Situngkir et al., 2019). Mesin produksi merupakan asset perusahaan yang harus di awasi secara tepat untuk memberikan manfaat bagi perusahaan, sekaligus memberdayakan pencapaian tujuan perusahaan (Lahu et al., 2017) (Sumantri et al., 2020).

Bukan menjadi rahasia umum lagi bahwa banyak perusahaan manufaktur maupun non manufaktur sering di hadapkan oleh keputusan sulit mengenai apakah aset yang sudah ada saat ini harus dilakukan perbaikan, atau menggantinya dengan yang baru (Abidin, 2014) (Giatman, 2013). Oleh karena itu, masalah penggantian atau *replacement* ini sangat memerlukan analisa ekonomi teknik secara akurat guna memperoleh informasi yang diperlukan untuk membuat keputusan rasional yang selanjutnya dapat meningkatkan efisiensi dalam operasional dan daya saing perusahaan (Aviantoro, 2019).

CV. Mustaim merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai jenis cetakan kue. Dimana perusahaan ini memiliki beberapa jenis mesin produksi salah satunya adalah mesin *cutting* yang sudah dimiliki sejak perusahaan ini berdiri di tahun 2003-an. Umur mesin pada perusahaan ini dapat diperpanjang sampai jangka waktu yang lama, apabila dilakukan pemeliharaan dan reparasi secara teratur. Namun pemeliharaan dan reparasi tidak selamanya dapat dilakukan, karena pada suatu saat akan terjadi bahwa biaya operasi mesin lebih besar dibandingkan dengan biaya operasi mesin jika mesin tersebut diganti (Ahmadi & Hidayah, 2017) (Syam et al., 2019). Pada keadaan inilah suatu mesin dikatakan tidak ekonomis lagi (Nurfaizah et al., 2014) (Zamdial & Muqsit, 2021).

Permasalahan yang sedang di hadapi oleh perusahaan ini adalah menyangkut mesin *cutting* yang dimiliki. Mesin ini sudah berusia cukup tua, karena sejak perusahaan ini berdiri, pemilik perusahaan belum melakukan penggantian mesin baru hingga saat ini. Maka dari itu, pemilik perusahaan beranggapan bahwa mesin ini sudah tidak layak untuk di pakai lagi, karena ada beberapa hal yang di rasa merugikan perusahaan, seperti waktu untuk pengerjaan dari mesin ini bertambah lama, produksi yang dihasilkan menurun, kualitas menurun, dan biaya untuk perawatan mesin menjadi lebih mahal. Dari beberapa permasalahan tersebut, pemilik berencana untuk mengganti mesin lama dengan mesin yang baru.

Penggantian asset tetap berupa mesin produksi harus di pertimbangkan dengan teliti, karena banyak terjadi penggantian mesin yang dilakukan malah mengakibatkan kerugian besar bagi perusahaan (Sirang et al., 2015) (Rawung, 2016) (Parinduri et al., 2018). Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu adanya analisa penggantian mesin yang cermat dan tepat. Dimana Analisa ini menggunakan metode ekonomi teknik dengan cara menganalisa biaya yang di keluarkan untuk perawatan mesin lama dalam kurun waktu tertentu, dengan biaya untuk mengganti mesin baru. Untuk mengambil keputusan kapan waktu yang tepat untuk dilakukan penggantian mesin, penelitian ini menggunakan metode *Replacement analysis* dengan pendekatan pada perhitungan biaya tahunan rata-rata minimum. Serta melibatkan konsep asset *defender* dan *challenger* untuk keputusan dalam membeli mesin baru atau menggunakan mesin yang sudah ada.

Acuan penelitian ini adalah (Panjaitan, 2019), menyatakan keputusan penggantian mesin baru menggunakan perhitungan biaya operasional dan biaya pemeliharaan tahunan. Penelitian lain yang relevan adalah (Tajudin et al., 2020) yang melakukan Analisa umur ekonomis mesin dengan perhitungan biaya tahunan rata-rata. Dimana celah pada penelitian ini menggunakan lokasi riset di CV. Mustaim, dengan menambah Analisa penggantian mesin dengan memperhatikan konsep *defender* dan *challenger* yang belum pernah di lakukan oleh siapapun. Berdasarkan permasalahan yang digunakan untuk kasus CV. Mustaim, penyelesaian Analisa penggantian mesin menggunakan metode Ekonomi Teknik. Metode analisa ini diharapkan dapat memberikan keputusan yang tepat bagi pihak perusahaan.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian ini adalah pada CV. Musta'im, yang terletak di desa Bibis Beye, Kabupaten Kediri. Penyelesaian kasus penelitian menggunakan analisa ekonomi teknik. Analisa penggantian mesin ini didasarkan pada evaluasi umur ekonomis mesin/peralatan dengan metode biaya tahunan rata-rata. dari penggantian yang dilakukan saat ini sampai penggantian lima tahun kedepan. Sehingga dapat keputusan apakah dilakukan penggantian mesin sekarang, beberapa tahun yang akan datang, atau tidak melakukan penggantian dan tetap mempertahankan mesin lama. Data primer penelitian mencakup biaya keseluruhan operasional mesin dari pemilik CV. Musta'im. Data sekunder penelitian mencakup publikasi ilmiah yang berkaitan dengan metode *replacement analysis* dalam ekonomi Teknik.

Metode analisis pada penelitian ini adalah menggunakan pendekatan metode biaya tahunan rata-rata dimana akan di hitung total ekivalensi biaya tahunan. Setiap biaya dihitung ekivalensinya selama umur pemakaiannya. Dengan mempertimbangkan bunga uang, umur ekonomis dapat dicapai pada saat total ekivalensi biaya tahunan rata-rata minimum. Untuk menghitung total tahunan digunakan persamaan sebagai berikut (Giatman, 2013) :

$$EUAC = Capital Recovery + EAOE \quad (1)$$

$$EUAC = (P - L)(A/P, i, n\%) + Li + FW + (Operating Cost for N Year)(A/F, i, N)$$

Atau

$$EUAC = (P - L)(A/P, i, N) + Li + PW + (Operating Cost for N Year) \left(\frac{A}{P}, i, N \right)$$

Dimana :

EUAC	=	<i>Equivalensi Uniform Annual Cost</i>
CR	=	<i>Capital Recovery</i>
EAOE	=	<i>Equivalent Annual Operating Cost</i>
FW	=	<i>Future Worth</i>
PW	=	<i>Present Worth</i>

Perhitungan depresiasi berguna menentukan biaya penyusutan mesin *cutting* per tahunnya. Dalam hal ini harga awal adalah harga mesin pada saat dibeli, termasuk ongkos pengamatan, biaya pemasangan sampai mesin dapat beroperasi secara normal. Sedangkan harga akhir mesin adalah harga mesin setelah pendepresiasiannya (*depreciable life*). Untuk menentukan besar biaya deperesiasi ada beberapa metode yang antara lain adalah (Pujawan, 2019):

Metode garis lurus (*straight line*)

Pada metode ini deperesiasi dihitung berbanding langsung dengan umur peralatan. Besar depresiasi dihitung dengan cara :

$$L_n = P (1-k)^t \quad (2)$$

Dimana :

L = Harga akhir mesin pada tahun ke-n

P = Harga awal mesin

k = Konstanta ($k = 2/n = 2/10 = 0,2$)

n = Umur pakai mesin

Perhitungan Biaya *Down-Time* merupakan sejumlah waktu dimana suatu mesin tidak dapat dipergunakan, karena mesin tersebut dalam perawatan maupun perbaikan. Down time mempunyai kecendrungan naik dari tahun ke tahun, karena menurunnya kondisi mesin sebagai akibat dari pertambahan masa pakai. Biaya down time adalah biaya kerugian karena suatu mesin tidak dapat dipergunakan (Sulistiawan, 2014). Perhitungan Total Biaya Tahunan Rata-Rata dihitung dengan cara (Pujawan, 2019):

- a. Menentukan *Capital Recovery* (CR) dengan persamaan :

$$CR = (P - L) \left(\frac{A}{P}, i, n\% \right) + Li \quad (3)$$

Dimana :

P = Harga awal mesin

L = Harga akhir mesin

n = Tahun

i = Suku bunga uang

- b. Menentukan biaya *down-time* dengan persamaan :

$$Bd = jr / jk \times BO \quad (4)$$

Dimana:

Bd = Biaya down time

jr = Jam reperasi

jk = Jam kerja normal per tahun

BO = Biaya operator.

- c. Penentuan Umur Ekonomis

Umur ekonomis mesin ditentukan dari total biaya tahunan rata-rata. Penentuannya yaitu pada saat total biaya tahunan rata-rata terkecil untuk selanjutnya dilakukan replacement terhadap mesin (Pujawan, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Perhitungan Depresiasi Tahunan**

Pada perhitungan depresiasi pada penelitian menggunakan metode garis lurus dengan persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_n = P (1-k)^t \tag{5}$$

Dimana :

L = Harga akhir mesin pada tahun ke-n

P = Harga awal mesin

k = Konstanta ($k = 2/n = 2/10 = 0,2$)

n = Umur pakai mesin

Perhitungan harga akhir mesin *cutting* pada tahun pertama, yaitu pada tahun 2000 (t=1) dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perhitungan Harga Akhir

No	Tahun	Tahun ke -n	Harga Akhir
1	2003	1	Rp15.300.000
2	2004	2	Rp13.770.000
3	2005	3	Rp12.393.000
4	2006	4	Rp11.153.700
5	2007	5	Rp10.038.330
6	2008	6	Rp9.034.497
7	2009	7	Rp8.131.047
8	2010	8	Rp7.317.943
9	2011	9	Rp6.586.148
10	2012	10	Rp5.927.533
11	2013	11	Rp5.334.780
12	2014	12	Rp4.801.302
13	2015	13	Rp4.321.172
14	2016	14	Rp3.889.055
15	2017	15	Rp3.500.149
16	2018	16	Rp3.150.134
17	2019	17	Rp2.835.121
18	2020	18	Rp2.551.609
19	2021	19	Rp2.296.448
20	2022	20	Rp2.066.803

(Sumber : Olah data, 2022)

Dari tabel hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai sisa atau harga akhir dari sebuah mesin *cutting* untuk besi plat dengan masa pakai selama 20 tahun adalah senilai Rp. 2.097.744 dari harga awal mesin yaitu Rp. 17.000.000.

Perhitungan MARR

Dalam perhitungan MARR pada penelitian ini menggunakan pertimbangan tingkat suku bunga minimum dengan mempertimbangkan faktor resiko, diantaranya, tingkat inflasi dan biaya lain untuk mendapatkan investasi. Tingkat suku bunga MARR sudah mempertimbangkan hal diatas. Besarnya tingkat suku bunga MARR, dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$MARR = i + Cc + \alpha. \tag{6}$$

Dimana:

- i = Tingkat suku bunga
 C_c = Biaya untuk mendapatkan investasi = 0
 α = Tingkat inflasi

Dari persamaan diatas dapat dilakukan perhitungan untuk nilai i sebesar 5% dimana angka tersebut disesuaikan dengan suku bunga deposito salah satu bank di Kediri. Sedangkan untuk tingkat inflasi sebesar 1%. Maka jika dilakukan perhitungan MARR sesuai dengan rumus diatas, di dapat nilai MARR sebesar 6%.

Perhitungan Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata

Untuk menghitung biaya operasional sebuah mesin *cutting* memerlukan sebuah rekapitulasi data biaya operasional mesin tersebut. Berdasarkan hasil wawancara peneliti mendapatkan data operasional mesin ini dari buku besar pengeluaran dari pemilik usaha yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Biaya Operasional Mesin *Cutting* Besi Plat

Tahun	Tahun ke-n	Biaya Pelumas (Rp)	Biaya Spare Part (Rp)	Biaya Operator	Biaya Operasional (Rp)
2003	1	Rp 400.000	Rp 500.000	Rp 3.600.000	Rp 4.500.000
2004	2	Rp 400.000	Rp 550.000	Rp 3.600.000	Rp 4.550.000
2005	3	Rp 650.000	Rp 310.000	Rp 3.600.000	Rp 4.560.000
2006	4	Rp 250.000	Rp 400.000	Rp 3.600.000	Rp 4.250.000
2007	5	Rp 370.000	Rp 400.000	Rp 4.800.000	Rp 5.570.000
2008	6	Rp 1.010.000	Rp 385.500	Rp 4.800.000	Rp 6.195.500
2009	7	Rp 1.000.000	Rp 409.000	Rp 6.000.000	Rp 7.409.000
2010	8	Rp 900.000	Rp 467.000	Rp 6.000.000	Rp 7.367.000
2011	9	Rp 1.600.000	Rp 490.000	Rp 6.000.000	Rp 8.090.000
2012	10	Rp 1.735.000	Rp 535.000	Rp 6.000.000	Rp 8.270.000
2013	11	Rp 2.500.000	Rp 1.000.000	Rp 6.000.000	Rp 9.500.000
2014	12	Rp 1.987.000	Rp 850.000	Rp 9.000.000	Rp 11.837.000
2015	13	Rp 2.050.000	Rp 900.000	Rp 9.000.000	Rp 11.950.000
2016	14	Rp 2.350.000	Rp 835.000	Rp 9.000.000	Rp 12.185.000
2017	15	Rp 1.000.000	Rp 450.000	Rp 9.000.000	Rp 10.450.000
2018	16	Rp 1.250.000	Rp 675.000	Rp 10.200.000	Rp 12.125.000
2019	17	Rp 3.000.000	Rp 875.000	Rp 10.200.000	Rp 14.075.000
2020	18	Rp 3.500.000	Rp 900.000	Rp 10.200.000	Rp 14.600.000
2021	19	Rp 3.800.000	Rp 975.000	Rp 10.200.000	Rp 14.975.000
2022	20	Rp 3.800.000	Rp 865.000	Rp 10.200.000	Rp 14.865.000

(Sumber: CV Musta'im, 2022)

Dari rekapitulasi biaya operasional mesin pada tabel diatas selanjutnya dilakukan perhitungan biaya operasional tahunan rata-rata. Dengan mempertimbangkan bunga dan umur ekonomis dapat dicapai pada saat nilai ekivalensi biaya tahunan rata-rata minimum. Untuk menghitung nilai EAOE operasional dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$EAOE = PW(\text{Operating cost for } n \text{ year})(A/P.i.n) \quad (7)$$

Dimana :

EAOC = *Equivalent Annual Operating Cost*

PW = *Present worth (P/F;6%.n)*

Operating cost for n year = Total biaya operasional

(A/P;6%.n) = *Capital recovery factor*

Dari perhitungan rumus diatas dapat dihasilkan biaya operasional tahunan rata-rata selama umur mesin dari awal pembelian mesin pada tahun 2003 hingga saat ini pada tahun 2022 pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Biaya Operasional Tahunan Rata-rata Tahun 2003 – 2022

Tahun	Tahun ke-n	Biaya Operasional	PW Factor (P/F;6%,n)	PV Biaya Operasional	∑ PV Biaya Operasi	CR Factor (A/P;6%,n)	EAOC Operasional
2003	1	Rp 4.500.000	0,9434	Rp 4.245.300	Rp 4.245.300	1,06	Rp 4.500.018
2004	2	Rp 4.550.000	0,89	Rp 4.049.500	Rp 8.294.800	0,5454	Rp 4.523.984
2005	3	Rp 4.560.000	0,8396	Rp 3.828.576	Rp 12.123.376	0,3741	Rp 4.535.355
2006	4	Rp 4.250.000	0,7921	Rp 3.366.425	Rp 15.489.801	0,2886	Rp 4.470.357
2007	5	Rp 5.570.000	0,7473	Rp 4.162.461	Rp 19.652.262	0,2374	Rp 4.665.447
2008	6	Rp 6.195.500	0,705	Rp 4.367.828	Rp 24.020.090	0,2034	Rp 4.885.686
2009	7	Rp 7.409.000	0,6651	Rp 4.927.726	Rp 28.947.815	0,1791	Rp 5.184.554
2010	8	Rp 7.367.000	0,6274	Rp 4.622.056	Rp 33.569.871	0,161	Rp 5.404.749
2011	9	Rp 8.090.000	0,5919	Rp 4.788.471	Rp 38.358.342	0,147	Rp 5.638.676
2012	10	Rp 8.270.000	0,5584	Rp 4.617.968	Rp 42.976.310	0,1359	Rp 5.840.481
2013	11	Rp 9.500.000	0,5268	Rp 5.004.600	Rp 47.980.910	0,1268	Rp 6.083.979
2014	12	Rp 11.837.000	0,497	Rp 5.882.989	Rp 53.863.899	0,1193	Rp 6.425.963
2015	13	Rp 11.950.000	0,4688	Rp 5.602.160	Rp 59.466.059	0,113	Rp 6.719.665
2016	14	Rp 12.185.000	0,4423	Rp 5.389.426	Rp 64.855.485	0,1076	Rp 6.978.450
2017	15	Rp 10.450.000	0,4173	Rp 4.360.785	Rp 69.216.270	0,103	Rp 7.129.276
2018	16	Rp 12.125.000	0,3936	Rp 4.772.400	Rp 73.988.670	0,099	Rp 7.324.878
2019	17	Rp 14.075.000	0,3714	Rp 5.227.455	Rp 79.216.125	0,0954	Rp 7.557.218
2020	18	Rp 14.600.000	0,3503	Rp 5.114.380	Rp 84.330.505	0,0924	Rp 7.792.139
2021	19	Rp 14.975.000	0,3305	Rp 4.949.238	Rp 89.279.742	0,0896	Rp 7.999.465
2022	20	Rp 14.865.000	0,3118	Rp 4.634.907	Rp 93.914.649	0,0872	Rp 8.189.357

(Sumber : Olah data, 2022)

Perhitungan Biaya *Down-Time*

Pada perhitungan biaya *down-time* dilakukan berdasarkan jam perbaikan mesin pertahun dibagi dengan jam kerja mesin pertahun dikali dengan biaya operator pertahun. Rumus untuk menghitung biaya *down-time* ditahun pertama adalah sebagai berikut.

$$Bd = \frac{Jr}{Jk} \times Bo \tag{8}$$

Dimana :

Bd = Biaya *down time*

Jr = Jam reparasi mesin per tahun

Jk = Jam kerja mesin per tahun

Bo = Biaya operator

Untuk perawatan mesin di CV ini pemilik memiliki buku catatan perawatan mesin tahunan, dimana untuk menghitung biaya *down time* dapat dilihat secara rinci pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Rekapitulasi Biaya *Down Time*

Tahun	Tahun ke-n	Jam Reparasi Mesin (Jam)	Jam Kerja Mesin (Jam)	Biaya Operator	Biaya <i>Down Time</i>
2003	1	450	2304	Rp 3.600.000	Rp 703.125
2004	2	300	2304	Rp 4.800.000	Rp 625.000
2005	3	250	2304	Rp 5.400.000	Rp 585.938
2006	4	210	2304	Rp 6.000.000	Rp 546.875
2007	5	300	2304	Rp 6.600.000	Rp 859.375
2008	6	320	2304	Rp 7.200.000	Rp 1.000.000
2009	7	235	2304	Rp 7.200.000	Rp 734.375
2010	8	100	2304	Rp 8.400.000	Rp 364.583
2011	9	250	2304	Rp 9.000.000	Rp 976.563
2012	10	227	2304	Rp 9.600.000	Rp 945.833
2013	11	325	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.438.802
2014	12	200	2304	Rp 10.200.000	Rp 885.417
2015	13	300	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.328.125
2016	14	290	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.283.854
2017	15	375	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.660.156
2018	16	430	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.903.646
2019	17	450	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.992.188
2020	18	350	2304	Rp 10.200.000	Rp 1.549.479
2021	19	410	2304	Rp 10.800.000	Rp 1.921.875
2022	20	320	2304	Rp 10.800.000	Rp 1.500.000

(Sumber: Olah data, 2022)

Setelah di dapat nilai dari biaya *down time* per-tahunnya, dilanjutkan dengan menghitung biaya *down time* tahunan rata-rata. Untuk detailnya bisa dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Biaya *Down Time* Tahunan Rata-rata Tahun 2003-2022

Tahun	Tahun ke - n	Biaya <i>Down Time</i>	PW F (P/F;6%,n)	PV Biaya <i>Down Time</i>	\sum PV Biaya <i>Down Time</i>	A/P;6%,n	EAOC Biaya <i>Down Time</i>
2003	1	Rp 703.125	0,9434	Rp 663.328	Rp 663.328	1,06	Rp 703.128
2004	2	Rp 625.000	0,89	Rp 556.250	Rp 1.219.578	0,5454	Rp 665.158
2005	3	Rp 585.938	0,8396	Rp 491.953	Rp 1.711.531	0,3741	Rp 640.284
2006	4	Rp 546.875	0,7921	Rp 433.180	Rp 2.144.711	0,2886	Rp 618.964
2007	5	Rp 859.375	0,7473	Rp 642.211	Rp 2.786.922	0,2374	Rp 661.615
2008	6	Rp 1.000.000	0,705	Rp 705.000	Rp 3.491.922	0,2034	Rp 710.257

Tahun	Tahun ke - n	Biaya Down Time	PW F (P/F;6%,n)	PV Biaya Down Time	∑ PV Biaya Down Time	A/P;6%,n	EAOC Biaya Down Time
2009	7	Rp 734.375	0,6651	Rp 488.433	Rp 3.980.355	0,1791	Rp 712.882
2010	8	Rp 364.583	0,6274	Rp 228.740	Rp 4.209.094	0,161	Rp 677.664
2011	9	Rp 976.563	0,5919	Rp 578.027	Rp 4.787.122	0,147	Rp 703.707
2012	10	Rp 945.833	0,5584	Rp 528.153	Rp 5.315.275	0,1359	Rp 722.346
2013	11	Rp 1.438.802	0,5268	Rp 757.961	Rp 6.073.236	0,1268	Rp 770.086
2014	12	Rp 885.417	0,497	Rp 440.052	Rp 6.513.288	0,1193	Rp 777.035
2015	13	Rp 1.328.125	0,4688	Rp 622.625	Rp 7.135.913	0,113	Rp 806.358
2016	14	Rp 1.283.854	0,4423	Rp 567.849	Rp 7.703.762	0,1076	Rp 828.925
2017	15	Rp 1.660.156	0,4173	Rp 692.783	Rp 8.396.545	0,103	Rp 864.844
2018	16	Rp 1.903.646	0,3936	Rp 749.275	Rp 9.145.820	0,099	Rp 905.436
2019	17	Rp 1.992.188	0,3714	Rp 739.898	Rp 9.885.718	0,0954	Rp 943.098
2020	18	Rp 1.549.479	0,3503	Rp 542.783	Rp 10.428.501	0,0924	Rp 963.593
2021	19	Rp 1.921.875	0,3305	Rp 635.180	Rp 11.063.681	0,0896	Rp 991.306
2022	20	Rp 1.500.000	0,3118	Rp 467.700	Rp 11.531.381	0,0872	Rp 1.005.536

(Sumber: Olah data, 2022)

Perhitungan Pengembalian Modal (*Capital Recovery*)

Untuk menghitung biaya pengembalian modal pada setiap tahunnya digunakan metode *capital recovery* dengan rumus sebagai berikut.

$$CR = (P - L) \left(\frac{A}{P}, i, n\% \right) + Li \tag{9}$$

Dimana :

P = Harga awal mesin

L = Harga akhir mesin

n = Tahun

i = Suku bunga uang

Dengan menggunakan rumus diatas, hasil perhitungan pengembalian modal dalam setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Biaya Pengembalian Modal

Tahun	Tahun ke - n	A/P;6%,n	Bunga (i%)	Harga Akhir (L)	Harga Awal (P)	Capital Recovery
2003	1	1,06	0,06	Rp15.300.000	Rp 17.000.000	Rp 2.720.000
2004	2	0,5454	0,06	Rp13.770.000	Rp 17.000.000	Rp 2.587.842
2005	3	0,3741	0,06	Rp12.393.000	Rp 17.000.000	Rp 2.467.059
2006	4	0,2886	0,06	Rp11.153.700	Rp 17.000.000	Rp 2.356.464
2007	5	0,2374	0,06	Rp10.038.330	Rp 17.000.000	Rp 2.255.000
2008	6	0,2034	0,06	Rp9.034.497	Rp 17.000.000	Rp 2.162.253
2009	7	0,1791	0,06	Rp8.131.047	Rp 17.000.000	Rp 2.076.292
2010	8	0,161	0,06	Rp7.317.943	Rp 17.000.000	Rp 1.997.888
2011	9	0,147	0,06	Rp6.586.148	Rp 17.000.000	Rp 1.926.005
2012	10	0,1359	0,06	Rp5.927.533	Rp 17.000.000	Rp 1.860.400
2013	11	0,1268	0,06	Rp5.334.780	Rp 17.000.000	Rp 1.799.237
2014	12	0,1193	0,06	Rp4.801.302	Rp 17.000.000	Rp 1.743.383
2015	13	0,113	0,06	Rp4.321.172	Rp 17.000.000	Rp 1.691.978
2016	14	0,1076	0,06	Rp3.889.055	Rp 17.000.000	Rp 1.644.081

Tahun	Tahun ke - n	A/P;6%,n	Bunga (i%)	Harga Akhir (L)	Harga Awal (P)	Capital Recovery
2017	15	0,103	0,06	Rp3.500.149	Rp 17.000.000	Rp 1.600.494
2018	16	0,099	0,06	Rp3.150.134	Rp 17.000.000	Rp 1.560.145
2019	17	0,0954	0,06	Rp2.835.121	Rp 17.000.000	Rp 1.521.437
2020	18	0,0924	0,06	Rp2.551.609	Rp 17.000.000	Rp 1.488.128
2021	19	0,0896	0,06	Rp2.296.448	Rp 17.000.000	Rp 1.455.225
2022	20	0,0872	0,06	Rp2.066.803	Rp 17.000.000	Rp 1.426.183

(Sumber: Olah data, 2022)

Penentuan Umur Ekonomis Berdasarkan Perhitungan Total Biaya Tahunan Rata-Rata (EUAC)

Biaya total tahunan rata-rata (EUAC) dapat dihitung dengan menjumlahkan biaya operasional tahunan rata-rata (EAOC) dengan biaya pengembalian modal atau *Capital Recovery*. Secara sederhana pengertian diatas dapat dimasukkan ke dalam rumus sebagai berikut.

$$EUAC = EAOC + CR \quad (10)$$

Dimana :

EAOC = *Equivalent Uniform Annual Cost*

CR = *Capital Recovery*

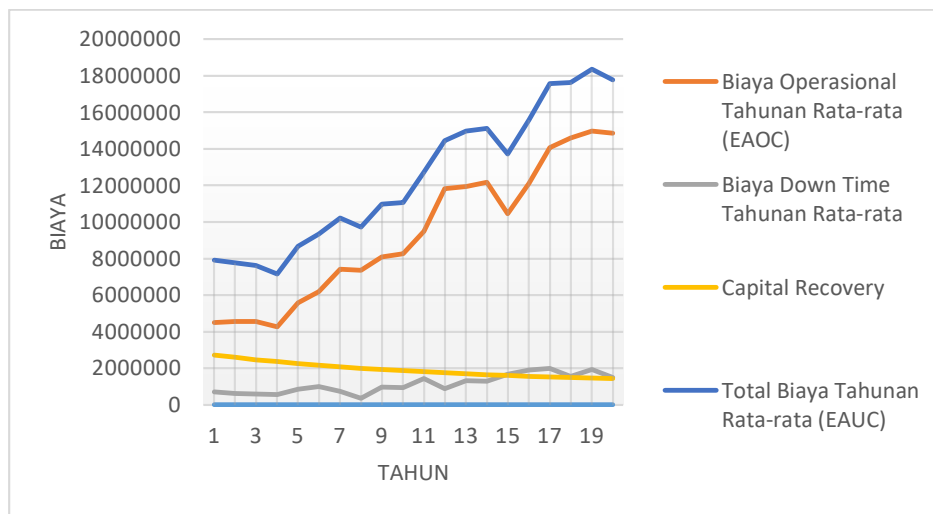
Umur ekonomis sebuah mesin diperoleh apabila total biaya tahunan rata-rata mesin tersebut mencapai titik paling minimum, dan selanjutnya terindikasi biaya tahunan rata-rata mengalami peningkatan secara fluktuatif. Namun jika dari perhitungan tahunan rata-rata belum mendapatkan biaya paling minimum, perlu dilakukan peramalan hingga diperoleh biaya paling minimum. Dengan menggunakan rumus diatas, maka nilai biaya tahunan rata-rata dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Total Biaya Tahunan Rata-Rata Mesin

Tahun	Biaya Operasional Tahunan Rata-rata (EAOC)	Biaya <i>Down Time</i> Tahunan Rata-rata	Capital Recovery	Total Biaya Tahunan Rata-rata (EAUC)
2003	Rp 4.500.000	Rp 703.125	Rp 2.720.000	Rp 7.923.125
2004	Rp 4.550.000	Rp 625.000	Rp 2.587.842	Rp 7.762.842
2005	Rp 4.560.000	Rp 585.938	Rp 2.467.059	Rp 7.612.996
2006	Rp 4.250.000	Rp 546.875	Rp 2.356.464	Rp 7.153.339
2007	Rp 5.570.000	Rp 859.375	Rp 2.255.000	Rp 8.684.375
2008	Rp 6.195.500	Rp 1.000.000	Rp 2.162.253	Rp 9.357.753
2009	Rp 7.409.000	Rp 734.375	Rp 2.076.292	Rp 10.219.667
2010	Rp 7.367.000	Rp 364.583	Rp 1.997.888	Rp 9.729.471
2011	Rp 8.090.000	Rp 976.563	Rp 1.926.005	Rp 10.992.568
2012	Rp 8.270.000	Rp 945.833	Rp 1.860.400	Rp 11.076.234
2013	Rp 9.500.000	Rp 1.438.802	Rp 1.799.237	Rp 12.738.039
2014	Rp 11.837.000	Rp 885.417	Rp 1.743.383	Rp 14.465.799
2015	Rp 11.950.000	Rp 1.328.125	Rp 1.691.978	Rp 14.970.103

Tahun	Biaya Operasional Tahunan Rata-rata (EAO)	Biaya Down Time Tahunan Rata-rata	Capital Recovery	Total Biaya Tahunan Rata-rata (EAUC)
2016	Rp12.185.000	Rp 1.283.854	Rp 1.644.081	Rp 15.112.935
2017	Rp10.450.000	Rp 1.660.156	Rp 1.600.494	Rp 13.710.650
2018	Rp12.125.000	Rp 1.903.646	Rp 1.560.145	Rp 15.588.791
2019	Rp14.075.000	Rp 1.992.188	Rp 1.521.437	Rp 17.588.624
2020	Rp14.600.000	Rp 1.549.479	Rp 1.488.128	Rp 17.637.607
2021	Rp14.975.000	Rp 1.921.875	Rp 1.455.225	Rp 18.352.100
2022	Rp14.865.000	Rp 1.500.000	Rp 1.426.183	Rp 17.791.183

(Sumber: Olah data, 2022)



Gambar 1. Grafik antara Biaya dan Umur Ekonomis Mesin Boiler
(Sumber: Olah data, 2022)

Dari tabel diatas, dilihat bawa pada setiap tahunnya biaya operasi setiap tahunnya meningkat. Berbanding terbalik dengan biaya pengembalian modal yang menurun setiap tahunnya. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk biaya tahunan rata-rata pada tahun 2003 hingga 2006 mengalami penurunan, dan mengalami peningkatan lagi secara flutuatif pada tahun 2007 hingga tahun 2022. Saat biaya tahunan rata-rata mencapai nilai paling minimum sebelum mengalami peningkatan, maka pada saat itu dapat dikatakan umur ekonomisnya. Jadi umur ekonomi mesin *cutting* yang dimiliki CV ini adalah 5 tahun yaitu pada tahun 2006.

KESIMPULAN

Dari perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan di dapat bahwa mesin *cutting* yang dimiliki oleh CV. Musta'im ini berumur ekonomis selama 5 tahun sejak mesin dibeli yaitu pada tahun 2003. Dimana total biaya tahunan rata-rata minimum adalah sebesar Rp. 7.153.339. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lama mesin beroperasi melebihi umur ekonomisnya maka biaya operasional akan semakin meningkat.

Dari pembahasan mengenai perencanaan penggantian mesin menggunakan metode *replacement analysis* dalam pendekatan ekonomi teknik di dapatkan bahwa mesin *cutting*

yang digunakan sudah melebihi umur ekonomisnya yang berakibat pada menurunnya performa mesin. Pemilik usaha dapat membuat keputusan alternatif dengan mengganti mesin lama dengan mesin yang baru yang lebih canggih atau mempertahankan mesin yang lama dengan melakukan *overhaull*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. (2014). *Analisis Pergantian Komponen Pada Intake Pump 56-GA-4001 di PT Pupuk Iskandar Muda*. 3(1), 53–57.
- Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. <https://doi.org/10.25077/josi.v16.n2.p167-176.2017>
- Aviantoro, A. W. (2019). *ANALISA TEKNIS DAN FINANSIAL PADA PENILAIAN KELAYAKAN PENGGANTIAN MESIN REAKTOR 4 DI BAGIAN RESIN PLANT UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI RESIN DAN MENURUNKAN TINGKAT LEMBUR (Studi Kasus PT. INTANWIJAYA INTERNASIONAL Tbk.)*. (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Giatman, M. (2013). Ekonomi Teknik. In A. Aliludin (Ed.), *Divisi Buku Perguruan Tinggi* (Vol. 53, Issue 9). PT Raja Grafindo Persada. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lahu, E. P., Enggar, O. :, Lahu, P., & Sumarauw, J. S. B. (2017). ANALISIS PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU GUNA MEMINIMALKAN BIAYA PERSEDIAAN PADA DUNKIN DONUTS MANADO ANALYSIS OF RAW MATERIAL INVENTORY CONTROL TO MINIMIZE INVENTORY COST ON DUNKIN DONUTS MANADO. *Analisis Pengendalian... 4175 Jurnal EMBA, b*.
- Nurfaizah, U., Adiando, H., & Prasetyo, H. (2014). Rancangan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di Bagian Press II PT. XYZ. *Reka Integra*, 2(1).
- Panjaitan, L. F. (2019). *Studi Analisis Perencanaan Penggantian mesin Pompa Distribusi di IPA PDAM Tirtanadi Sunggal*. <http://repository.uma.ac.id/handle/123456789/11304>
- Parinduri, L., Sibuea, S. R., & Suryadi, W. (2018). Analisa Umur Ekonomis Mesin Perebusan Untuk Perencanaan Replacement (Studi Kasus Di PT. PN IV Kebun Adolina Perbaungan). *Buletin Utama Teknik*, 14(1), 6-12.
- Pujawan, I. N. (2019). *Ekonomi Teknik*. repo.unikadelasalle.ac.id.
- Rawung, R. D. (2016). PENERAPAN KONSEP SUNK COST TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN AKTIVA TETAP PADA PT. TIRTA INVESTAMA. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 16(4).
- Safitiri, U. (2018). *ANALISA KELAYAKAN INVESTASI AKTIVA TETAP (PENGGANTIAN MESIN) MENGGUNAKAN CAPITAL BUDGETING PADA PT. GARAM (PERSERO) PANGARENGAN SAMPANG*. (Doctoral dissertation, Universitas Madura).
- Sirang, A. G., Saerang, D. P. E., & Mawikere, L. (2015). Penerapan Konsep Sunk Cost Terhadap Keputusan Penggantian Mesin Fotokopi Pada Toko Girsu. *Jurnal Riset Akuntansi*, 10(3).
- Situngkir, D. I., Gultom, G., & Tambunan, D. R. S. (2019). Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine. *Jurnal Teknik Mesin, Vol. V, No(2)*, 1–5.

- Sulistiawan, A. (2014). PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN FILTER AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT SEBAGAI PENGOPTIMALAN BIAYA DOWN TIME DI CV. SEGAR MURNI MOJOKERTO. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2).
- Sumantri, S., Yusdiarti, A., & Miftah, H. (2020). Studi Kelayakan Investasi Kopi Robusta (Coffea Canephora). *Jurnal Agribisains*, 6(1), 39. <https://doi.org/10.30997/jagi.v6i1.2805>
- Syam, M., Rifani, M., & Jayanti, R. D. (2019). ANALISIS UMUR EKONOMIS DAN UMUR TEKNIS KAPAL PENUMPANG MILIK PT. PELAYARAN NASIONAL INDONESIA (PERSERO). *Jurnal Venus*, 7(14), 65-96.
- Tajudin, M., Alhilman, J., & Budiasih, E. (2020). Analisis Kebijakan Perawatan Dan Penentuan Sisa Umur Hidup Mesin Injeksi Plastik Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (Rbm) Dan Replacement Analysis Di Cv Xyz. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 155. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.155-161>
- Zamdial, Z., & Muqsit, A. (2021). ANALISIS ASPEK TEKNIS DAN EKONOMIS USAHA PERIKANAN TANGKAP JARING INSANG DI DESA BANJARSARI, KECAMATAN ENGGANO, KABUPATEN BENGKULU UTARA. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 20(1).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)