

ESTIMASI RISIKO KEGAGALAN DAN PENENTUAN UMUR EKONOMIS MESIN INJEKSI PLASTIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* (RBM) DAN *REPLACEMENT ANALYSIS* DI CV XYZ

FAILURE RISK ESTIMATION AND DETERMINATION ECONOMIC LIFE OF THE PLASTIC INJECTION MACHINE USING THE METHOD OF RISK BASED MAINTENANCE (RBM) AND REPLACEMENT ANALYSIS AT CV XYZ

Mohammad Tajudin¹, Judi Alhilman², Endang Budiasih³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹mohammadtajudin.01@gmail.com, ²judi.alhilman@telkomuniversity.ac.id,
³endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

CV XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi *spare part* dari *shockbreaker* yaitu *spring guide*. Mesin yang digunakan CV XYZ untuk memproduksi *spare part* tersebut adalah mesin Injeksi Plastik. Mesin Injeksi Plastik memiliki peranan penting dalam mengolah biji plastik polypropylene menjadi *spring guide* yang mendukung proses usaha dalam CV XYZ, apabila mesin tersebut mengalami kerusakan maka proses produksi akan berhenti dan akan menimbulkan kerugian. Untuk dapat menjaga atau mengembalikan mesin agar tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya maka dapat dilakukan kegiatan *maintenance* oleh perusahaan. Metode *maintenance* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Replacement Analysis*. Metode *Risk Based Maintenance* (RBM) digunakan untuk mengetahui nilai risiko kegagalan dari mesin Injeksi Plastik yang diterima perusahaan. Berdasarkan metode *Risk Based Maintenance* diperoleh nilai risiko sebesar Rp 439,313,212. Metode *Replacement Analysis* digunakan untuk menentukan kebijakan kapan mesin Injeksi Plastik harus dilakukan penggantian dan umur ekonomis dari mesin tersebut. Berdasarkan metode *Replacement Analysis* diperoleh kebijakan waktu penggantian dan umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik adalah 8 tahun lagi.

Kata kunci: Mesin Injeksi Plastik, *Maintenance*, *Risk Based Maintenance*, *Replacement Analysis*

Abstract

CV XYZ is a company producing spare parts of the shockbreaker that is spring guide. The machine used CV XYZ to manufacture the spare part is the Plastic Injection machine. Plastic Injection machine has an important role in the processing of plastic pellets polypropylene into a spring guide that supports the business processes in CV XYZ, if the engine is damaged then the production process will stop and will cause any harm. To be able to keep or restore the machine to continue to operate in accordance with its function then it can be done the activities of the maintenance by the company. The method of maintenance used in this study is a Risk Based Maintenance (RBM) and Replacement Analysis. Methods of Risk Based Maintenance (RBM) is used to determine the value of the risk of failure of the Plastic Injection machine received by the company. Based on the methods of Risk Based Maintenance obtained risk value of Rp 439,313,212. The method of Replacement Analysis is used to determine the policy of when the Plastic Injection machine to do the replacement and the economic life of the machine. Based on the method of Replacement Analysis obtained policy the time of replacement and the economic life of the Plastic Injection machine is 8 years old again.

Keywords: Plastic Injection Machine, *Maintenance*, *Risk Based Maintenance*, *Replacement Analysis*

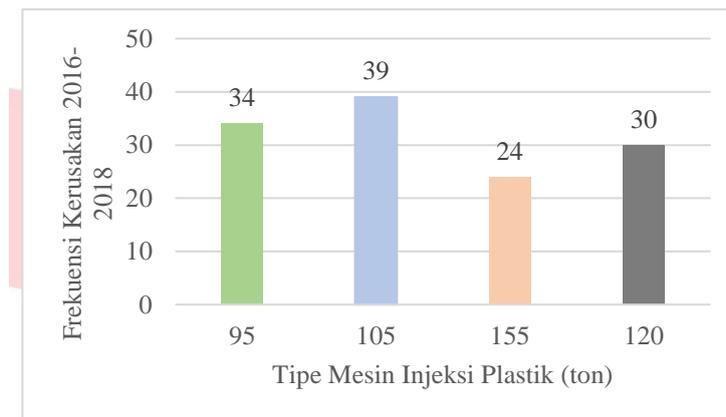
1. Pendahuluan

CV XYZ merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang industri pengadaan produk dan penyedia jasa perawatan *mold*, *part*, dan injeksi sejak tahun 1987. Salah satu produk *spare part* yang diproduksi oleh CV XYZ adalah *spring guide* yang berfungsi untuk meminimasi gesekan dan debu yang masuk yang terjadi pada *shockbreaker*.

Produksi *spring guide* tersebut menggunakan material biji plastik yang disebut *polypropylene* yang diproduksi dengan menggunakan mesin Injeksi Plastik yang terdiri dari beberapa tipe dengan berat 95 ton, 105 ton, 155

ton, dan 120 ton. Proses produksi diawali dengan memasukkan biji plastik kedalam hopper, lalu biji tersebut turun ke barell untuk dilakukan pengadukkan, kemudian dilanjutkan dengan proses pelelehan oleh heater, hasil pelelehan tersebut ditekan oleh barell hingga memasuki *mold*, sehingga menghasilkan produk *spring guide*. Hasil produksi tersebut kemudian akan dikirimkan ke salah satu *supplier* komponen kendaraan roda dua yang terdapat di Indonesia.

Mesin Injeksi Plastik memiliki peranan penting dalam mendukung proses usaha dalam menghasilkan produk yang terdapat pada CV XYZ, apabila mesin tersebut mengalami kerusakan maka proses produksi akan berhenti dan akan menimbulkan kerugian. Berikut merupakan data frekuensi kerusakan dari masing-masing tipe mesin Injeksi Plastik dari tahun 2016 hingga 2018:



Gambar I Data Frekuensi Kerusakan

Berdasarkan data frekuensi kerusakan, mesin Injeksi Plastik dengan tipe 105 ton mengalami kerusakan yang paling sering, sehingga mesin Injeksi Plastik tipe 105 ton tersebut akan dijadikan objek dalam penelitian. Adapun penyebab kerusakan dari mesin Injeksi Plastik selain dari pengoperasian yang terus-menerus, terdapat beberapa faktor lain yaitu dari kegiatan *maintenance* yang dilakukan, kemampuan operator dalam mengoperasikan mesin, lingkungan, sistem temperatur, serta kualitas oli.

Dengan adanya kerusakan pada mesin Injeksi Plastik diperlukan suatu kegiatan untuk menjaga atau mengembalikan mesin dari rusak kedalam kondisi semula atau dalam kondisi operasi lagi agar dapat memenuhi kebutuhan produk sesuai dengan permintaan dari konsumen dari CV XYZ. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan melakukan *maintenance* atau pemeliharaan secara berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan ataupun mengatasi kerusakan yang terjadi disuatu perusahaan.

Pada penelitian ini digunakan metode untuk mengetahui perkiraan risiko yang diterima perusahaan pada saat mesin yang digunakan mengalami kerusakan yang dapat menjadi pertimbangan bagi perusahaan dalam melakukan kegiatan *maintenance* yaitu dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance*. *Risk Based Maintenance* (RBM) Pemeliharaan berbasis risiko merupakan pendekatan keandalan dan strategi penilaian risiko yang membantu dalam proses pengambilan keputusan terkait kebijakan perawatan aset untuk menjaga fungsi aset selama beroperasi [1]. Selain itu penting bagi perusahaan untuk mengetahui masa ekonomis pemakaian dari mesin yang digunakan dalam mendukung kegiatan perusahaan, apabila penggunaan mesin melebihi masa ekonomis maka biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam menggunakan mesin tersebut akan semakin meningkat [2], oleh karena itu digunakan metode *Replacement Analysis* untuk memperoleh kebijakan waktu penggantian dan umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik. *Replacement Analysis* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis suatu fasilitas yang ada dan memperoleh kebijakan apakah fasilitas tersebut harus diganti dengan yang baru atau tidak [3].

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Maintenance

Perawatan atau *maintenance* akan sangat penting dalam arti luas dan kebijakannya dalam melakukan perawatan harus ditetapkan dengan benar dan cepat [4]. Salah satu penelitian yang dilakukan J. Alhilman, R. R. Saedudin, F. Tatas, D. Atmaji, dan A. G. Suryabrata menentukan kebijakan perawatan dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* untuk mengetahui umur optimal dan jumlah *maintenance set crew* optimal [5].

2.2 Risk Based Maintenance (RBM)

Penelitian yang dilakukan Dhamayanti, Alhilman and Athari mengkolaborasikan RBM dengan metode *Reliability Centered Maintenance* pada suatu mesin untuk mengetahui *preventive task* masing-masing komponen dan nilai risiko yang diterima perusahaan ketika mesin mengalami kegagalan [6]. Penelitian yang dilakukan L. Wang, M. An, Y. Qin, dan L. Jia menyajikan metodologi pemodelan pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis risiko untuk optimisasi pemeliharaan aset kereta api, yang mempertimbangkan risiko dan biaya pemeliharaan menjadi pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan [7]. M. Khalifa, F. Khan, dan J. Thorp dalam penelitiannya menghasilkan model pemeliharaan berbasis risiko dan penilaian sisa umur hidup yang digunakan untuk memperoleh sisa umur dari suatu turbin yang sudah tua [1]. Selain itu, penelitian yang dilakukan F. I. Khan dan M. R. Haddara memperkenalkan metodologi dalam *Risk Based Maintenance*, metodologi tersebut terdiri dari tiga modul utama yaitu, modul estimasi risiko, modul evaluasi risiko, dan modul optimasi pemeliharaan [8]. Pada penelitian ini metode RBM hanya berfokus pada modul estimasi risiko dengan menggunakan kegagalan historis tanpa perlu memperhatikan alasan fisik dari kegagalan yang terjadi untuk mengetahui risiko akibat kegagalan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh M. Khalifa, F. Khan, dan J. Thorp dijelaskan bahwa risiko kegagalan sistem diperkirakan sebagai multiplikasi probabilitas kegagalan sistem dan konsekuensi kegagalan [1]. Peluang kegagalan merupakan peluang kejadian dari kegagalan yang dilambangkan dengan (P_f) [1]. Pencarian nilai konsekuensi kegagalan suatu sistem untuk mengetahui kerugian untuk performansi sistem yang disebabkan kegagalan dari sistem dapat menggunakan *system performance loss* [8].

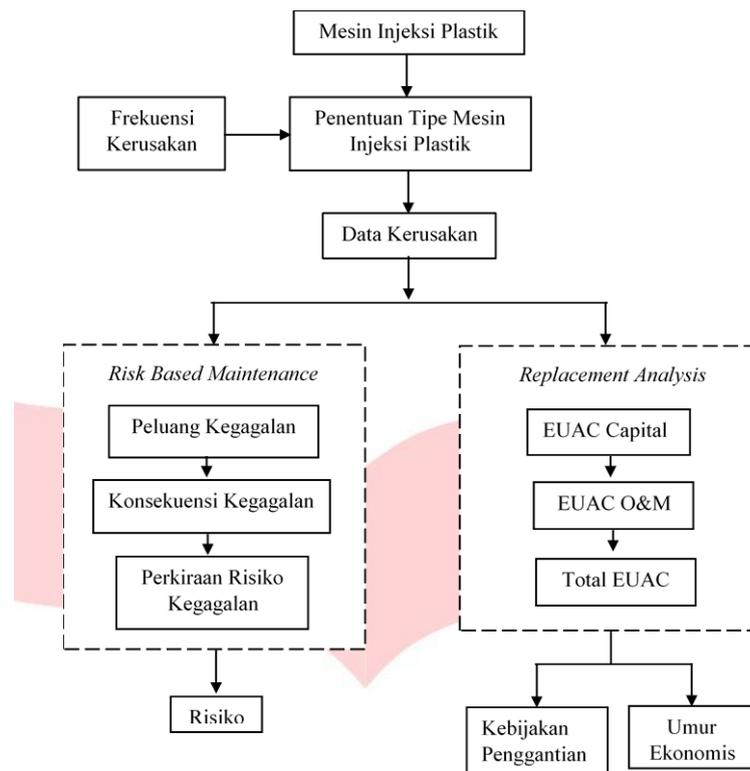
2.3 Replacement Analysis

Replacement Analysis merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis suatu fasilitas yang ada dan memperoleh kebijakan apakah fasilitas tersebut harus diganti dengan yang baru atau tidak [3]. Tujuan dari *Replacement Analysis* untuk mengetahui kapan suatu fasilitas, peralatan, atau mesin dilakukan penggantian, dan umur ekonomisnya. Salah satu penelitian yang dilakukan G. Iben Dahl, M. Farrell, S. Spurlock, dan J. Tack menggunakan metode penggantian untuk menentukan usia penggantian dari alat pemetik kapas konvensional [9].

Dalam perhitungan metode *Replacement Analysis* menggunakan pendekatan dari *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) merupakan pengeluaran atau *cash out* tahunan yang merata. Dalam pengambilan keputusan dilakukan dengan memperhitungkan total *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) untuk beberapa tahun berikutnya yang kemudian dipilih nilai total EUAC minimum. Komponen yang terdapat dalam perhitungan total EUAC adalah EUAC *Capital* dan EUAC *Operational* dan *Maintenance* [2].

2.4 Model Konseptual

Model konseptual ini merupakan aliran yang menunjukkan rangkaian konsep pemikiran yang dijadikan sebagai pedoman penelitian agar dapat membantu pencapaian tujuan penelitian dengan mudah. Adapun model konseptual pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 2. Tahap pertama yang dilakukan yaitu menentukan tipe mesin Injeksi Plastik yang akan dijadikan objek penelitian berdasarkan frekuensi kerusakan dari tahun 2016 hingga 2018. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan penentuan distribusi yang paling mewakili dari data TTF, TTR, dan DT dengan menggunakan uji *Anderson-Darling*, dan dilanjutkan dengan menentukan parameter dari hasil distribusi yang paling mewakili. Selanjutnya dilakukan perhitungan metode *Risk Based Maintenance* yang diawali dengan menentukan peluang kegagalan (P_f), dilanjutkan dengan perhitungan konsekuensi yang kemudian dilakukan perkiraan risiko dengan mengkalikan peluang kegagalan dengan konsekuensi kegagalan. Selain itu dilakukan juga perhitungan metode *Replacement Analysis* dengan menentukan nilai total EUAC yang melibatkan EUAC *Capital* dan EUAC O&M untuk beberapa tahun berikutnya yang kemudian dipilih total EUAC pada periode tertentu yang memiliki nilai minimum untuk mendapatkan kebijakan dan umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik.



Gambar 2 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data historis dari kegagalan mesin Injeksi Plastik yang terdapat pada CV XYZ dari tahun 2016 sampai 2018. Pengumpulan informasi dan data dilakukan dengan cara melihat langsung kondisi mesin, melihat data historis, melakukan tanya jawab dan diskusi dengan *General Manager*.

3.2 Penentuan Distribusi *Time to Failure (TTF)*, *Time to Repair (TTR)*, dan *Downtime (DT)*

Dalam penentuan distribusi dilakukan menggunakan uji *Anderson Darling*, dengan tujuan untuk memperoleh distribusi yang paling mewakili dari data TTF, TTR, dan DT pada mesin Injeksi Plastik. Untuk mengetahui distribusi yang paling mewakili dapat diketahui melalui nilai AD terlebih dahulu, yang merupakan nilai yang menunjukkan apakah suatu distribusi dapat mewakili penyebaran suatu data. Oleh karena itu, semakin kecil nilai AD yang diperoleh maka semakin mewakili distribusi tersebut terhadap penyebaran data. Kemudian digunakan nilai *P-Value* untuk mengetahui apakah suatu hipotesis ditolak atau diterima, dimana nilai *P-Value* harus lebih besar dari α . Berikut merupakan hasil penentuan distribusi TTF, TTR, dan DT:

Tabel 1 Penentuan Distribusi Data

Mesin	Data	Distribusi
Injeksi Plastik	<i>Time to Failure</i>	Weibull
	<i>Time to Repair</i>	Weibull
	<i>Downtime</i>	Weibull

3.3 Penentuan *MTTF*, *MTTR*, dan *MDT*

Penentuan *Mean Time to Failure (MTTF)*, *Mean Time to Repair (MTTR)*, dan *Mean Downtime (MDT)* dilakukan berdasarkan distribusi yang terpilih dari masing-masing data TTF, TTR, dan DT. Dalam perhitungannya melibatkan parameter dari distribusi yang mewakili masing-masing data. Adapun hasil perhitungan *MTTF*, *MTTR*, dan *MDT* sebagai berikut:

Tabel 2 Perhitungan Waktu Rata-rata

	Distribusi	Parameter		
		η atau α	β	
MTTF	Weibull	η atau α	576.077	694.2090622
		β	0.739285	
MTTR	Weibull	η atau α	27.0355	36.50188407
		β	0.657065	
MDT	Weibull	η atau α	30.1772	37.10613399
		β	0.722368	

3.4 Perhitungan Risk Based Maintenance

3.4.1 Perhitungan Peluang Kegagalan

Perhitungan peluang kegagalan atau analisis kegagalan probabilistik yang terjadi pada mesin Injeksi Plastik selama satu tahun waktu operasional 7152 jam. Perhitungan peluang kegagalan pada mesin Injeksi Plastik dengan parameter α (576.077) dan β (0.739) sesuai dengan hasil penentuan distribusi yang paling mewakili pada data TTF. Dalam penentuan peluang kegagalan terlebih dahulu dilakukan perhitungan *reliability* (Rm) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Rm(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

Kemudian, nilai *reliability* (Rm) disubstitusikan dalam persamaan $Pf = 1 - Rm$. Adapun hasil perhitungan dari peluang kegagalan mesin Injeksi Plastik sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Peluang Kegagalan

Mesin	Parameter Distribusi		Periode (Jam)	Rm	Pf
	η atau α	β			
Injeksi Plastik	576.077	0.739	7152	0.002	0.998

3.4.2 Perhitungan Konsekuensi Kegagalan

Perhitungan konsekuensi ini dilakukan pada mesin Injeksi Plastik. Perhitungan konsekuensi bertujuan untuk mengetahui kerugian atau konsekuensi yang diterima perusahaan akibat kegagalan yang terjadi, yang diperoleh dari perhitungan *system performance loss*. Perhitungan *system performance loss* (SPL) melibatkan penjumlahan kerugian selama *downtime* (MDT), *engineer cost* (EC) selama MTTR, *material cost* (MC), dan harga mesin (HK). Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$SPL = (MDT \times LOR) + (MTTR \times EC) + MC + HK$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai konsekuensi kegagalan sebagai berikut:

Tabel 4 Perhitungan Konsekuensi Kegagalan

Mesin	MDT (Jam)	System Performance Loss
Injeksi Plastik	37.106	Rp 440,017,194

3.4.3 Perkiraan Risiko Kegagalan

Perhitungan perkiraan risiko kegagalan (Rf) yang dilakukan pada mesin Injeksi Plastik ini bertujuan untuk mengetahui risiko yang harus diterima perusahaan yang dikarenakan terjadinya kegagalan diperoleh dari hasil perkalian peluang kegagalan (Pf) dengan *system performance loss*, semakin besar peluang kegagalannya maka semakin besar risiko yang diterima perusahaan. Berikut merupakan hasil perhitungan perkiraan risiko:

Tabel 5 Perkiraan Risiko Kegagalan

Mesin	Pf	System Performance Loss	Rf
Injeksi Plastik	0.998	Rp 440,017,194	Rp 439,313,212

3.5 Perhitungan *Replacement Analysis*

3.5.1 Perhitungan *EUAC Capital*

Perhitungan *Equivalent Uniform Annual Cost Capital* ini merupakan nilai sisa mesin pada periode tertentu yang dapat diperoleh melalui perhitungan atau harga jual dari mesin Injeksi Plastik. Biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk mendapatkan mesin Injeksi Plastik adalah sebesar Rp 420,000,000. Setelah pemakaian dari tahun 2013 hingga 2018 (tahun penelitian) diasumsikan mengalami penyusutan sebesar 12.5% setiap tahunnya. Berikut hasil perhitungan nilai sisa mesin Injeksi Plastik pada tahun 2018:

Tabel 6 Penyusutan Harga Mesin Tahun 2018

Harga Beli		Rp 420,000,000
12.50%	2013	Rp 367,500,000
	2014	Rp 321,562,500
	2015	Rp 281,367,188
	2016	Rp 246,196,289
	2017	Rp 215,421,753
	2018	Rp 188,494,034

Nilai sisa mesin Injeksi Plastik pada tahun 2018 didapatkan sebesar Rp 188,494,034. Berdasarkan data nilai sisa mesin pada tahun 2018, dilakukan perhitungan nilai *EUAC Capital* untuk tahun ke-1 hingga ke-15 setelah tahun 2018 dengan tingkat penyusutan yaitu 12.5% untuk setiap tahunnya. Adapun hasil perhitungan *EUAC Capital* untuk 15 tahun kedepan sebagai berikut:

Tabel 7 *EUAC Capital* 15 tahun kedepan

n	Tahun	<i>EUAC Capital</i>
1	2019	Rp 164,932,280
2	2020	Rp 144,315,745
3	2021	Rp 126,276,277
4	2022	Rp 110,491,742
5	2023	Rp 96,680,274
6	2024	Rp 84,595,240
7	2025	Rp 74,020,835
8	2026	Rp 64,768,231
9	2027	Rp 56,672,202
10	2028	Rp 49,588,177
11	2029	Rp 43,389,654
12	2030	Rp 37,965,948
13	2031	Rp 33,220,204
14	2032	Rp 29,067,679
15	2033	Rp 25,434,219

Hasil perhitungan *EUAC Capital* di atas menurun seiring bertambahnya waktu dikarenakan mengalami penyusutan akibat pemakaian. Nilai *EUAC Capital* tersebut akan digunakan dalam perhitungan total *EUAC* untuk 15 tahun kedepan.

3.5.2 Perhitungan *EUAC O&M*

Perhitungan *Equivalent Uniform Annual Cost O&M* ini dilakukan untuk memperhitungkan peningkatan biaya *operational* dan *maintenance* dengan mempertimbangkan jumlah biaya periode sebelumnya. Dalam perhitungannya melibatkan hasil penjumlahan *operational cost* dengan *maintenance cost* (O&M) ditahun 2018 dan peningkatan (G) setiap tahunnya diasumsikan berdasarkan tingkat inflasi Bank Indonesia tahun 2018 sebesar 3.2%, berikut hasil perhitungan jumlah *operational cost* dengan *maintenance cost* (O&M) dan peningkatan biaya (G):

Tabel 8 Perhitungan Total O&M dan G

<i>Operational Cost</i>	Rp 555,018,960
<i>Maintenance Cost</i>	Rp 203,311,000
Total O&M	Rp 758,329,960
Peningkatan Inflasi 3.2% (G)	Rp 24,266,559

Hasil perhitungan total O&M dan peningkatan (G) digunakan dalam memperhitungan EUAC O&M untuk 15 tahun kedepan dengan suku bunga untuk setiap tahunnya diasumsikan berdasarkan ketentuan bank Indonesia sebesar 10%. Dengan menggunakan persamaan $O\&M + G (A/G, 10\%, n)$ atau $Rp\ 722,130,000 + Rp\ 23,108,160 (A/G, 10\%, n)$, dimana nilai $(A/G, 10\%, n)$ didapatkan dari tabel bunga majemuk. Berikut adalah hasil EUAC O&M untuk 15 tahun kedepan:

Tabel 9 Perhitungan EUAC O&M

n	Tahun	(A/G, 10%, n)	EUAC O & M	
			Rp 722,130,000 + Rp 23,108,160 (A/G,10%,n)	
1	2019	0	Rp	722,130,000
2	2020	0.476	Rp	733,129,484
3	2021	0.937	Rp	743,782,346
4	2022	1.381	Rp	754,042,369
5	2023	1.810	Rp	763,955,770
6	2024	2.224	Rp	773,522,548
7	2025	2.622	Rp	782,719,596
8	2026	3.004	Rp	791,546,913
9	2027	3.372	Rp	800,050,716
10	2028	3.725	Rp	808,207,896
11	2029	4.064	Rp	816,041,562
12	2030	4.388	Rp	823,528,606
13	2031	4.699	Rp	830,715,244
14	2032	4.996	Rp	837,578,367
15	2033	5.279	Rp	844,117,977

Berdasarkan tabel di atas diperoleh hasil perhitungan EUAC O&M meningkat seiring bertambahnya waktu akibat biaya tahunan yang merata yang dipengaruhi suku bunga dan periode. Nilai EUAC O&M tersebut akan digunakan dalam perhitungan total EUAC untuk 15 tahun kedepan.

3.5.3 Perhitungan Total EUAC

Perhitungan total *Equivalent Uniform Annual Cost* pada penelitian ini untuk mengetahui total biaya tahunan yang dikeluarkan perusahaan dalam menggunakan mesin Injeksi Plastik. total EUAC diperoleh dari hasil penjumlahan EUAC *Capital* dengan EUAC O&M yang telah didapatkan pada bab sebelumnya yang perkiraan untuk 15 tahun kedepan dengan bertujuan untuk mengetahui umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik dan kebijakan waktu penggantian mesin berdasarkan total EUAC minimum. Hasil perhitungan total EUAC dapat dilihat pada tabel berikut:

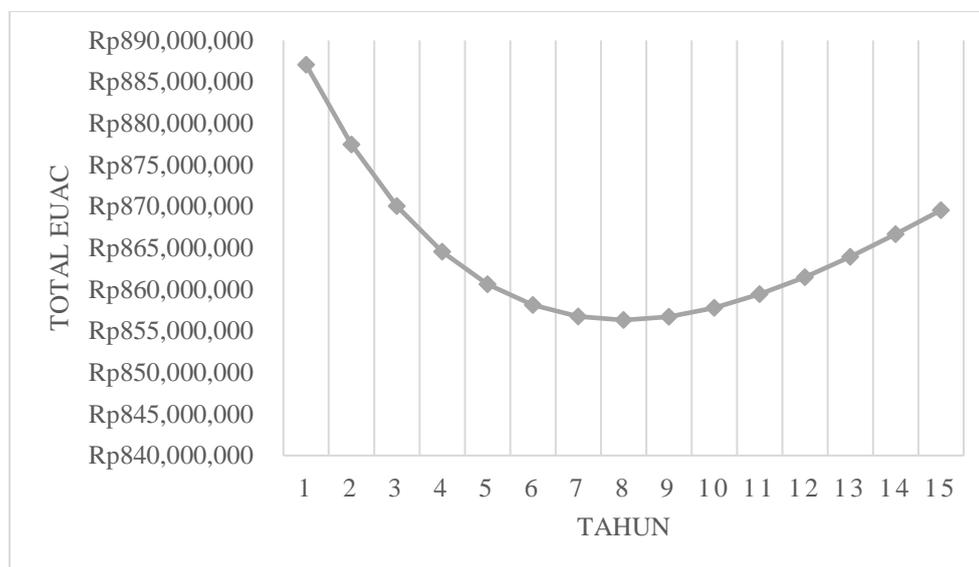
Tabel 10 Perhitungan Total EUAC

year (n)	useful life	Total EUAC	
		EUAC Capital + EUAC O&M	
1	7	Rp	887,062,280
2	8	Rp	877,445,229
3	9	Rp	870,058,622
4	10	Rp	864,534,111
5	11	Rp	860,636,044

Tabel 11 Perhitungan Total EUAC (Lanjutan)

year (n)	useful life	Total EUAC	
		EUAC Capital + EUAC O&M	
6	12	Rp	858,117,788
7	13	Rp	856,740,430
8	14	Rp	856,315,143
9	15	Rp	856,722,917
10	16	Rp	857,796,073
11	17	Rp	859,431,217
12	18	Rp	861,494,554
13	19	Rp	863,935,448
14	20	Rp	866,646,046
15	21	Rp	869,552,195

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai total EUAC minimum sebesar Rp 856,315,143 terletak pada tahun ke-8 setelah tahun 2018. Kebijakan perawatan yang harus dilakukann perusahaan adalah melakukan penggantian mesin Injeksi Plastik setelah beroperasi selama 8 tahun sejak tahun 2019 atau tepatnya dilakukan penggantian setelah tahun 2026. Hal ini juga berarti umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik adalah selama 8 tahun operasi lagi setelah tahun 2018. Adapun grafik dari total EUAC selama 15 tahun setelah penelitian sebagai berikut:



Gambar 3 Perbandingan EUAC Capital, O&M, dan Total

4. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan di CV XYZ dengan objek penelitian mesin Injeksi Plastik, serta metode yang digunakan adalah *Risk Based Maintenance* dan *Replacement Analysis* yang digunakan untuk mengetahui nilai risiko akibat kegagalan, kebijakan waktu penggantian dan umur ekonomis mesin Injeksi Plastik. Berdasarkan metode *Risk Based Maintenance* didapatkan hasil perkiraan risiko yang diterima perusahaan akibat adanya kegagalan pada mesin Injeksi Plastik sebesar Rp 439,313,212. Berdasarkan metode *Replacement Analysis* didapatkan kebijakan waktu penggantian dari mesin Injeksi Plastik yaitu dilakukan penggantian setelah beroperasi selama 8 tahun kedepan sejak tahun 2019 atau tepatnya dilakukan penggantian setelah tahun 2026. Selain itu didapatkan umur ekonomis dari mesin Injeksi Plastik adalah 8 tahun operasi lagi setelah tahun 2018.

5. Daftar Pustaka

- [1] M. Khalifa, F. Khan, and J. Thorp, "Risk-based maintenance and remaining life assessment for gas turbines," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 100–111, Mar. 2015.
- [2] D. G. Newnan, T. G. Eschenbach, and J. P. Lavelle, *Economic Analysis Ninth Edition*, 9th ed. New York: Oxford University Press, 2004.
- [3] M. Giatman, *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT Raja Ghafindo Persada, 2006.
- [4] T. Nakagawa, *Advanced Reliability Models and Maintenance Policies*. London: Springer London, 2008.
- [5] J. Alhilman, R. R. Saedudin, F. Tatas, D. Atmaji, and A. G. Suryabrata, "LCC Application for Estimating Total Maintenance Crew and Optimal Age of BTS Component," pp. 543–547, 2015.
- [6] 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.
- [7] L. Wang, M. An, Y. Qin, and L. Jia, "A Risk-Based Maintenance Decision-Making Approach," vol. 28, no. 4, pp. 453–483, 2018.
- [8] F. I. Khan and M. R. Haddara, "Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities," *J. Hazard. Mater.*, 2004.
- [9] G. Ibendahl, M. Farrell, S. Spurlock, and J. Tack, "Optimal replacement age of a conventional cotton harvester system," no. 1986, 2013.