

USULAN KEBIJAKAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN WALDRICH SIEGEN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE (RBM)* DAN *LIFE CYCLE COST (LCC)* DI PT XYZ (PERSERO)

PROPOSED PREVENTIVE MAINTENANCE POLICY OF WALDRICH SIEGEN MACHINE USING RISK BASED MAINTENANCE (RBM) AND LIFE CYCLE COST (LCC) METHOD IN PT XYZ (PERSERO)

Noviyanti Permata Sari¹, Judi Alhilman², Nurdinintya Athari S³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹noviyantipermata311@gmail.com, ²judi.alhilman@gmail.com, ³nurdinintya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan penjualan alat utama sistem senjata, produk industri, serta beberapa produk komersial. Produk-produk unggulan yang dihasilkan seperti produk konstruksi, pertanian, perkapalan, pertambangan dan kelistrikan. Produk unggulan dengan ukuran yang mayoritas besar diproduksi oleh bagian divisi alat berat. Mesin Waldrich Siegen merupakan mesin produksi yang memiliki *downtime* tertinggi sehingga mesin tidak dapat bekerja optimal dan memerlukan kebijakan perawatan. Metode yang digunakan pada penelitian adalah *Risk Based Maintenance (RBM)* dan *Life Cycle Cost (LCC)*. Metode *Risk Based Maintenance* digunakan untuk mengetahui seberapa besar konsekuensi dan nilai risiko yang dihasilkan akibat kerusakan mesin Waldrich Siegen. Metode *Life Cycle Cost (LCC)* digunakan untuk menentukan *retirement age*, *maintenance set crew*, dan mengetahui total *life cycle cost* optimal pada mesin Waldrich Siegen. Berdasarkan metode RBM, didapatkan nilai konsekuensi dan risiko sebesar Rp 284.817.600,00 dengan persentase 0,90%. Risiko ini melewati batas kriteria penerimaan risiko yaitu 0,40% pada mesin Waldrich Siegen. Berdasarkan metode LCC, didapatkan *retirement age* mesin Waldrich Siegen selama tiga tahun dengan jumlah *maintenance set crew* yang terdiri dari satu orang, dan total *life cycle cost* yang minimum sebesar Rp 413.882.541,00.

Kata Kunci: *Risk Matrix, Risk Based Maintenance, Life Cycle Cost, Retirement Age, Maintenance Set Crew*

Abstract

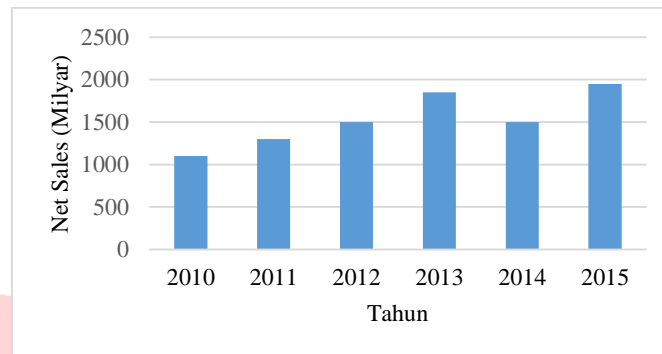
PT XYZ (Persero) is a company engaged in the production and sales of main tool weapon systems, industrial products, and some commercial products. Excellent products are produced such as construction products, agriculture, shipping, mining and electricity. Excellent products with a large sizes produced by heavy equipment division. Waldrich Siegen engine is the production machine that has the highest downtime so that the machine can not work optimally and require maintenance policy. The method used in this research is *Risk Based Maintenance (RBM)* and *Life Cycle Cost (LCC)*. *Risk Based Maintenance* method is used to find out how big the consequences and the value of risk resulting from damage to engine Waldrich Siegen. *Life Cycle Cost (LCC)* method is used to determine retirement age, maintenance set crew, and know the total life cycle cost optimal on Waldrich Siegen machine. Based on RBM method, we get the value of consequence and risk of Rp 284.817.600,00 with percentage 0,90%. This risk exceeds the risk acceptance criteria of 0.40% on the Waldrich Siegen engine. Based on the LCC method, there was a retirement age of Waldrich Siegen engine for four years, with maintenance crew consisting of one person, and a minimum life cycle cost of Rp 413.882.541,00.

Keyword : *Risk Matrix, Risk Based Maintenance, Life Cycle Cost, Retirement Age, Maintenance Set Crew*

1. Pendahuluan

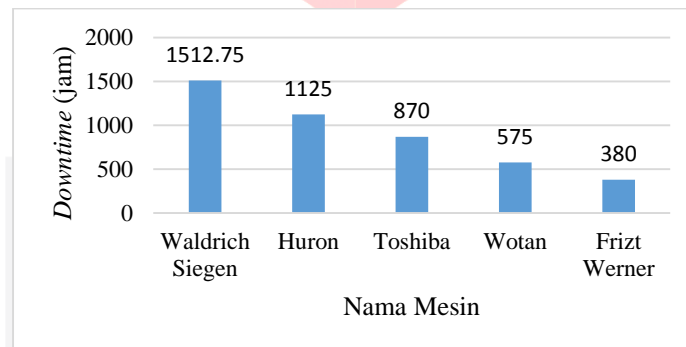
Indonesia sebagai salah satu negara berkembang tentu tidak terlepas dari aktifitas ekspor dan impor. Sarana transportasi memegang kendali yang besar dalam keberlangsungan ekspor dan impor. Kapal adalah salah satu moda transportasi yang menunjang kegiatan pendistribusian barang dalam kegiatan ekspor dan impor dari satu pulau ke pulau yang lain. Dalam hal ini kapal berperan penting dalam pengangkutan dan pemindahan barang dari kapal atau menuju kapal. Pemindahan barang dari kapal atau menuju kapal menggunakan alat bantu berupa *towing winch*. PT XYZ (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan penjualan alat utama

sistem senjata dan produk industri dan beberapa produk komersial. Salah satu produk yang dihasilkan PT XYZ (Persero) adalah Alat dan Peralatan Kapal Laut (APKL). PT XYZ (Persero) mengalami pertumbuhan yang cukup baik dalam hal penjualan. Gambar 1 memperlihatkan bahwa tren penjualan cenderung semakin meningkat setiap tahunnya.



Gambar 1 Data *Net Sales* PT XYZ (Persero)

Mesin yang digunakan untuk memproduksi produk alat berat tersebut diantaranya mesin Waldrich Siegen, mesin Huron, mesin Toshiba, mesin Wotan, dan mesin Fritzt Werner. Gambar 2 memperlihatkan *downtime* yang terjadi pada kelima mesin. Dapat diketahui bahwa *downtime* yang paling tinggi terjadi pada mesin Waldrich Siegen.



Gambar 2 *Downtime* Mesin Divisi Alat Berat

Mesin merupakan salah satu faktor produksi yang berperan penting terhadap jalannya proses produksi. Perawatan mesin bertujuan untuk mempertahankan keandalan mesin produksi. *Maintenance* didefinisikan sebagai suatu kegiatan untuk memastikan atau memperbaiki suatu sistem atau komponen ke fungsi semula serta menjaga peralatan dalam kondisi baik di mana ia dapat bekerja pada kondisi operasi [1].

Untuk mengantisipasi kerusakan pada mesin Waldrich Siegen maka dilakukan penentuan kebijakan yang optimal dalam perawatan mesin dengan mempertimbangkan resiko yang merupakan akibat dari kegagalan yang tidak diperkirakan dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) [2]. Selain melakukan penentuan kebijakan yang optimal berdasarkan nilai resiko, analisis mengenai pendekatan biaya diperlukan untuk mengetahui *retirement age* dan jumlah optimal *maintenance crew* berdasarkan biaya yang dikeluarkan dari awal pembelian dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC). Model LCC merupakan sebuah pendekatan total biaya yang dikeluarkan dari awal sampai akhir yang mempertimbangkan berbagai variabel karena pada metode ini dilakukan perhitungan terhadap *maintenance cost*, *operating cost*, *shortage cost*, *population cost* dan *purchasing cost* [3].

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Manajemen perawatan dapat digunakan untuk membuat suatu kebijakan mengenai aktivitas perawatan dengan melibatkan aspek teknis dan pengendalian manajemen ke dalam program sebuah perawatan [4].

2.1.2 Risk Matrix

Risk matrix adalah matriks yang digunakan pada *risk assessment* untuk menentukan tingkat risiko dari berbagai kategori probabilitas bahaya dan dampak yang ditimbulkan dari risiko tersebut [5]. Dalam pembuatan risk matrix harus didefinisikan terlebih dahulu risiko-risiko apa saja yang mungkin akan terjadi.

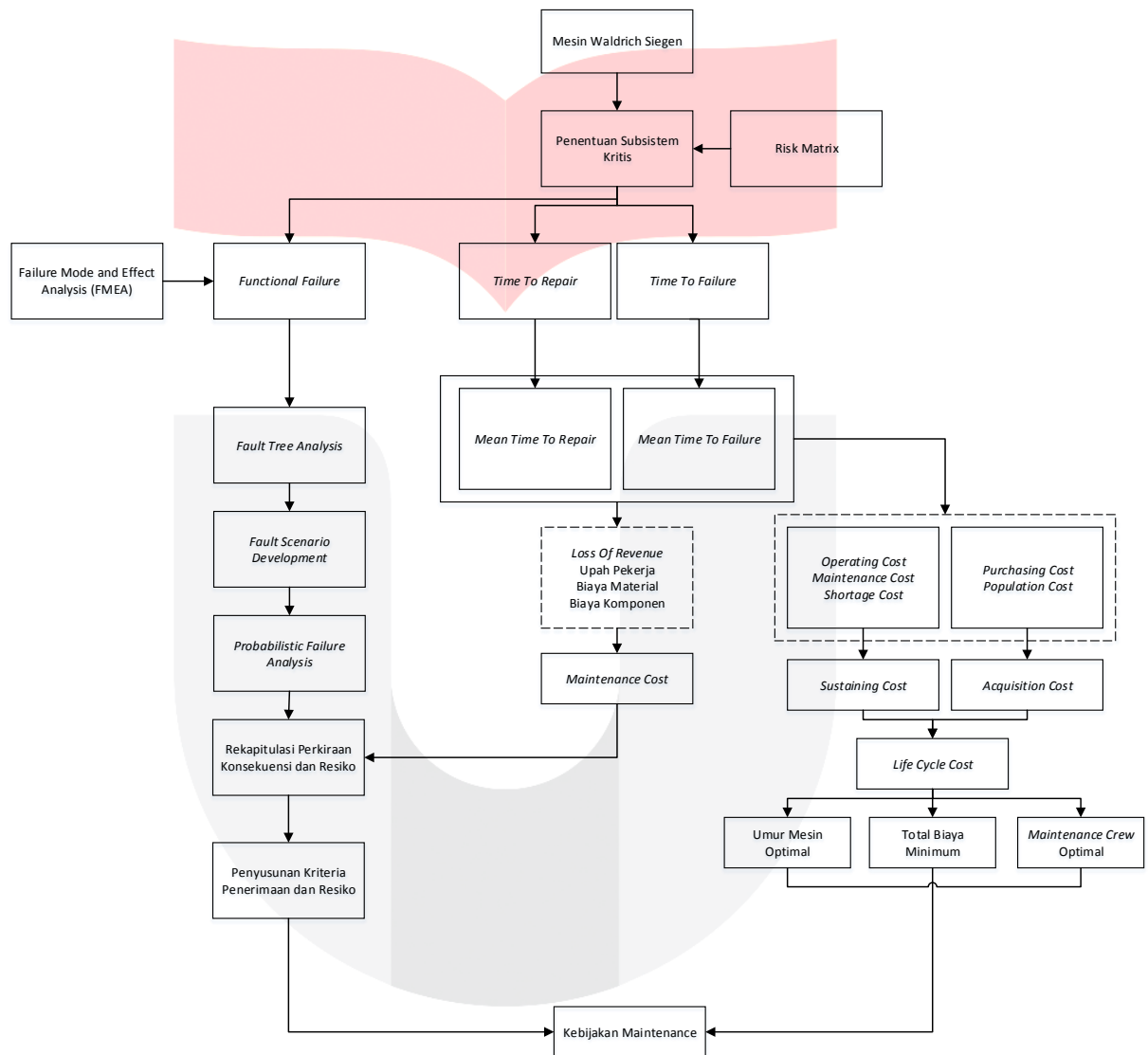
2.1.3 Risk based Maintenance (RBM)

Risk Based Maintenance (RBM) adalah suatu pendekatan yang dapat membantu untuk pengambilan keputusan mengenai perbaikan atau penggantian suatu komponen asset untuk menjaga integritas suatu asset selama operasi dan digunakan untuk merancang program inspeksi dan perawatan yang optimal. Metodologi ini terdiri dari tiga modul yaitu *risk estimation*, *risk evaluation*, dan *perencanaan maintenance* [6].

2.1.4 Life Cycle Cost (LCC)

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 [7].

2.2 Model Konseptual



Gambar 3 Model Konseptual

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui yang menjadi objek dalam permasalahan adalah mesin Waldrich Siegen yang selanjutnya ditentukan subsistem kritis menggunakan *risk matrix*. Subsistem kritis yang terpilih digunakan untuk pengukuran pada metode *Risk Based Maintenance* untuk mengetahui nilai resiko keseluruhan. Pengukuran kuantitatif selanjutnya adalah menggunakan data *time to repair* dan data *time to failure* dari mesin Waldrich Siegen. Pengukuran lainnya adalah perhitungan *Life Cycle Cost* sehingga diperoleh usulan *retirement age* dari mesin yang terpilih serta *maintenance crew* yang optimal untuk melakukan *maintenance*.

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Subsistem Kritis pada Mesin Waldrich Siegen

Penentuan subsistem kritis menggunakan *risk matrix* bertujuan untuk memfokuskan ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan sehingga dapat diketahui subsistem mana saja yang memerlukan penanganan lebih lanjut. Dalam melakukan perhitungan *risk matrix* terlebih dahulu ditentukan besar *severity* dan *likelihood* dari setiap subsistem. Tabel 1 menunjukkan bahwa subsistem *coolant*, *control panel*, dan *electrical cabinet* berada pada tingkat resiko yang rendah (*low risk*) sedangkan subsistem *hidrolik*, *arm*, dan *table* berada pada tingkat resiko yang tinggi (*high risk*). Maka subsistem yang akan diteliti adalah subsistem pada tingkat resiko yang tinggi yaitu *hidrolik*, *arm*, dan *table*.

Tabel 1 *Risk Matrix* Mesin Waldrich Siegen

<i>Likelihood</i>		<i>Severity</i>				
		<i>Insignificant</i> 1	<i>Minor</i> 2	<i>Moderate</i> 3	<i>Major</i> 4	<i>Catastrophic</i> 5
<i>Almost Certain</i>	5				Table	
<i>Likely</i>	4			Hidrolik, Arm		
<i>Possible</i>	3					
<i>Unlikely</i>	2	Coolant	Control Panel			
<i>Rare</i>	1			Electrical Cabinet		

3.2 Analisis Risk Based Maintenance

Perhitungan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* bertujuan untuk menentukan nilai resiko perusahaan sehingga dapat ditentukan kebijakan perawatan. Tahap awal RBM adalah menyusun skenario kegagalan untuk subsistem kritis untuk mengetahui dampak kegagalan fungsional terhadap mesin, kemudian melakukan normalisasi konsekuensi terhadap kegagalan yang telah didefinisikan.

Tabel 2 Normalisasi Konsekuensi

Subsistem	Jenis Kegagalan yang mungkin terjadi	Dampak Kegagalan Fungsional	Normalisasi Konsekuensi
Table	Ballscrew aus	Pergerakan table terhambat	8
	Bearing aus	Tidak dapat menahan beban ketika table bergerak	6
	Steelball hancur	Tidak dapat menahan beban ketika table bergerak	6
	Joint patah	Komponen mesin tidak dapat menjalankan fungsinya	5
	Kupling macet	Gigi tidak dapat berpindah	4
	Motor panas	Ballscrew tidak berfungsi	6
Hidrolik	Solenoid Valve macet	Over pressure (tegangan tersalur ke bagian lain)	4
	Selang bocor	Sistem hidrolik tidak jalan	5
	Selang regas	Sistem hidrolik tidak jalan	5
	Konektor rusak/mampet	Pressure-nya tertutup sehingga oli tidak jalan	5
Arm	Bearing	Pergerakan arm melebihi batas	5
	Ballscrew aus	Pergerakan arm melebihi batas	5
	Rel (Linier Motion Guide) macet	Tidak dapat membaca indikator kecepatan	6

Tabel 2 menunjukkan nilai dari masing-masing kegagalan dari subsistem kritis yang menunjukkan seberapa pengaruh terhadap kegiatan operasional. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *system performance loss* dengan menggunakan rumus $(loss\ production \times downtime) + (Mean\ Time\ To\ Repair \times$

Engineer Cost + Material Cost + Harga Komponen. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari probabilitas kegagalan pada setiap subsistem kritis (Q(T)) seperti dapat dilihat pada Tabel 3. Sehingga dapat dihitung besar resiko yang ditanggung perusahaan yang didapatkan dari perkalian antara probabilitas kegagalan dengan *system performance loss*

Tabel 3 Perhitungan Nilai Resiko

No	Subsistem	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Table	Rp 97.613.534	0,999999872	Rp 97.613.521
2	Hidrolik	Rp 49.413.477	0,999995496	Rp 49.413.255
3	Arm	Rp 137.790.888	0,999999537	Rp 137.790.824
Total				Rp 284.817.600

Tabel 4 menunjukkan penerimaan nilai resiko kegagalan mesin terhadap kriteria penerimaan resiko yang ditetapkan perusahaan. Dapat diketahui bahwa resiko yang ditanggung perusahaan telah melebihi batas kriteria penerimaan sehingga diperlukan penentuan kebijakan *maintenance* untuk mengurangi resiko yang harus ditanggung perusahaan.

Tabel 4 Penyusunan Penerimaan Resiko

Periode (hours)	Loss of Revenue	Kapasitas mesin 1 tahun	Risk	%risk	Kriteria Penerimaan
5040	Rp 6.617.555	Rp 33.352.478.914	Rp 284.817.600	0,9%	0,4%

3.3 Analisis Life Cycle Cost

Tabel 5 Hasil Perhitungan Life Cycle Cost

Life Cycle Cost						
M	1	2	3	4	5	6
1	Rp 508.417.826	Rp 591.480.869	Rp 688.164.793	Rp 788.276.266	Rp 889.762.356	Rp 991.936.756
2	Rp 428.486.159	Rp 512.507.034	Rp 612.129.925	Rp 715.681.582	Rp 820.809.302	Rp 926.726.324
3	Rp 413.882.541	Rp 498.579.835	Rp 601.145.299	Rp 708.213.569	Rp 817.088.733	Rp 926.868.953
4	Rp 416.645.882	Rp 501.682.542	Rp 607.178.716	Rp 717.835.017	Rp 830.562.677	Rp 944.328.054
5	Rp 427.314.830	Rp 512.289.929	Rp 620.686.691	Rp 734.996.104	Rp 851.679.831	Rp 969.553.296
6	Rp 442.862.256	Rp 527.301.671	Rp 638.547.443	Rp 756.567.181	Rp 877.308.220	Rp 999.413.179
7	Rp 462.116.867	Rp 545.462.754	Rp 659.480.845	Rp 781.258.483	Rp 906.154.766	Rp 1.032.614.512
8	Rp 484.621.010	Rp 566.219.947	Rp 682.904.376	Rp 808.475.810	Rp 937.620.807	Rp 1.068.557.827
9	Rp 510.252.374	Rp 589.342.014	Rp 708.552.760	Rp 837.939.862	Rp 971.421.241	Rp 1.106.956.395
10	Rp 539.075.134	Rp 614.769.256	Rp 736.326.845	Rp 869.534.770	Rp 1.007.432.851	Rp 1.147.684.410
11	Rp 571.274.832	Rp 642.546.616	Rp 766.225.979	Rp 903.240.084	Rp 1.045.626.048	Rp 1.190.708.571
12	Rp 607.128.430	Rp 672.791.822	Rp 829.033.948	Rp 954.557.462	Rp 1.095.339.778	Rp 1.242.273.603
13	Rp 646.990.875	Rp 705.679.900	Rp 832.709.521	Rp 977.194.732	Rp 1.128.722.821	Rp 1.283.789.357
14	Rp 691.290.207	Rp 741.436.086	Rp 869.564.475	Rp 1.017.655.336	Rp 1.173.807.791	Rp 1.334.012.550
15	Rp 740.527.480	Rp 780.333.454	Rp 909.073.992	Rp 1.060.636.128	Rp 1.221.423.635	Rp 1.386.851.014
16	Rp 795.279.649	Rp 822.693.420	Rp 951.469.006	Rp 1.106.325.013	Rp 1.271.735.278	Rp 1.442.457.027
17	Rp 856.204.439	Rp 868.888.183	Rp 997.018.708	Rp 1.154.941.480	Rp 1.324.935.172	Rp 1.501.007.721
18	Rp 924.046.622	Rp 919.344.598	Rp 1.046.032.980	Rp 1.206.738.188	Rp 1.381.244.320	Rp 1.562.705.715
19	Rp 999.645.360	Rp 974.549.204	Rp 1.098.865.889	Rp 1.262.003.510	Rp 1.440.914.211	Rp 1.627.780.618
20	Rp 1.083.942.350	Rp 1.035.054.258	Rp 1.155.920.079	Rp 1.321.064.913	Rp 1.504.229.501	Rp 1.696.491.221
21	Rp 1.177.990.586	Rp 1.101.484.694	Rp 1.217.652.019	Rp 1.384.293.074	Rp 1.571.511.381	Rp 1.769.128.330

Total *Life Cycle Cost* (LCC) merupakan perhitungan total biaya keseluruhan sistem mulai dari awal pembelian sampai dengan akhir hidup sistem. Total LCC diperoleh dari hasil penjumlahan *annual sustaining cost* dengan *annual acquisition cost*. Tabel 5 menunjukkan bahwa dari hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah *maintenance crew* yang optimal yaitu sebanyak $M=1$ yang artinya sebanyak satu orang untuk setiap *shift*. Usulan ini berdasarkan pada perhitungan total biaya yang dikeluarkan. Biaya *life cycle cost* mencapai biaya paling minimal yaitu sebesar Rp 413.882.541,00 dengan *retirement age* mesin selama 3 tahun.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance*, didapatkan bahwa mesin Waldrich Siegen memiliki resiko sebesar Rp 284.817.600,00 dengan presentase 0,9%. Resiko yang dialami oleh mesin Waldrich Siegen telah melebihi kriteria penerimaan resiko yang telah ditetapkan perusahaan sebesar 0,40% dari kapasitas produksi. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan *life cycle cost* maka diperoleh total *life cycle cost* untuk mesin Waldrich Siegen yang paling minimum adalah sebesar Rp 413.882.541,00 dengan jumlah *maintenance crew* yang optimal adalah satu *maintenance crew* untuk setiap *shift* dengan *retirement age* yang paling optimal dari mesin Waldrich Siegen yaitu pada tahun ke-3 atau tiga tahun.

Daftar Pustaka:

- [1] Dhillon, B. S., 2009. *Life Cycle Costing For Engineers*. s.l.:doi:10.1201/9781439816899.
- [2] Khan, I. F. & Haddara, M. M., 2003. *Risk-Based Maintenance (RBM): A Quantitative Approach for Maintenance/inspection Scheduling and Planning*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 16(6):561–73 ed. s.l.:s.n.
- [3] Barringer, H., 2003. *Life Cycle Cost Summary*. s.l.:s.n.
- [4] Marquez, A. C. (2007) *The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance*, *Springer series in reliability engineering CN - TS192 .C72 2007*. doi: 10.1007/978-1-84628-821-0.
- [5] Sernhed, K. and Jönsson, M. (2017) 'Risk management for maintenance of district heating networks', *Energy Procedia*. Elsevier B.V., 116, pp. 381–393. doi: 10.1016/j.egypro.2017.05.085.
- [6] Khalifa, M., Khan, F. and Thorp, J. (2015) 'Risk-based maintenance and remaining life assessment for gas turbines', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(1), p. 100. doi: 10.1108/13552510810877674.
- [7] Alhilman, J., Dwi Atmaji, F. T. & Saedudin, R. R., 2015. LCC Application for Estimating Total Maintenance Crew and Optimal Age of BTS Component. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 4(2).