

USULAN KEBIJAKAN OPTIMASI SISTEM PERAWATAN PADA MESIN ILA-0005 TURNING P GROOVES DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* (RBM) DAN *COST OF UNRELIABILITY* (COUR) DI PT XYZ

PROPOSED OPTIMIZATION POLICY MAINTENANCE SYSTEM MACHINE ILA-0005 TURNING P GROOVES USING THE METHOD RISK-BASED MAINTENANCE (RBM) AND COST OF UNRELIABILITY (COUR) PT XYZ

Riztan Anggitya Sihombing¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Endang Budiasih³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, ³ Universitas Telkom

¹riztananggitya14@gmail.com ²Franstatas@tekcomuniversity.ac.id

³endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan otomotif terbesar di Indonesia. PT XYZ memproduksi berbagai macam mobil dan mesin yang berbeda. Proses produksi di PT XYZ merupakan proses yang paling utama, karena pada tahap ini proses pembuatan mesin mobil yang dilakukan dengan tahap proses produksi pada beberapa tempat yaitu TR Crank Shaft Line, TR Cam Shaft Line, TR Cilynder Block Line, TR Cilynder Head Line dan Assembly. Mesin ILA-0005 merupakan salah satu mesin di TR Crank Shaft Line. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metode *Risk-Based Maintenance* mesin I LA-0005 memiliki risiko sebesar Rp 991.271.047 (1,076%). Risiko tersebut melewati kriteria penerimaan perusahaan yaitu Rp 921.600.000 (1% pendapatan per tahun). Interval perawatan yang dihasilkan berupa *rstoration task* dan *discard task*. Interval perawatan pada subsistem detector adalah 395,04 jam, Mechanic adalah 1415,95 jam, spindel adalah 452,666jam, Jig adalah 834,231 jam dan fixture adalah 496,008 jam. Pada metode *Cost Of Unreliability* didapatkan biaya yang disebabkan oleh ketidakhandalan sistem sebesar Rp 273.703.696 berdasarkan active repair time Rp 346.986.572

Kata Kunci – *Preventive Maintenance, Reliability-Centered Maintenance, Risk Based Maintenance.*

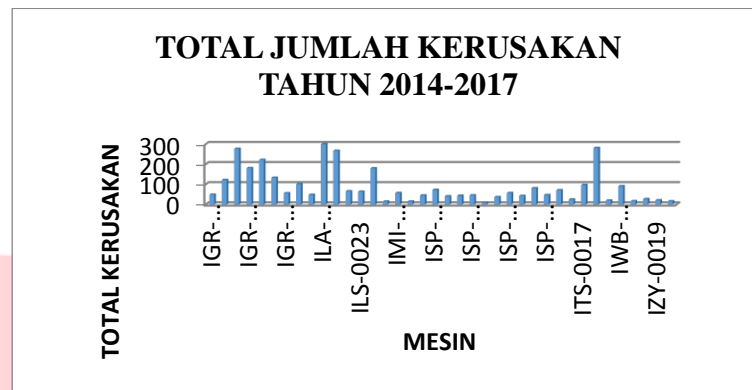
Abstract

PT XYZ is one of the companies in the field of the largest automotive in Indonesian. Process production in PT.XYZ is the most important process, because at this stage the process of making a car engine is done with the production process stages in some plan that is TR Crank Shaft Line, TR Cam Shaft Line, TR Cylinder Block Line, TR Cylinder Head Line, and Assembly. ILA-0005 engine is one of the machines that are TR Crank Shaft Line. From the result of the date processing is carried out for the calculation of the risk based maintenance ILA-0005 mechine has risk of Rp 991.271.047 (1,076%). The risk goes beyond the criteria for comparate earning's Rp 921.600.000 (1% of income per year). The resulting maintenance interval is a Restoration and a discard task. The maintenance interval for the detectore subsystem is 395,04 hour, mechanic is 1415,95 hour, spindel is 452,666 hour, Jig is 834,231 hour, and fixture subsystem is 496,008 hour. For the calculation of the Cost Of Ureliability is obtained the cost caused by unreliability Rp 273.703.696 system based on active repaire time and Rp 346.986.572 based on downtime.

Keywords – *Preventive Maintenance, Reliability-Centered Maintenance, Risk Based Maintenance.*

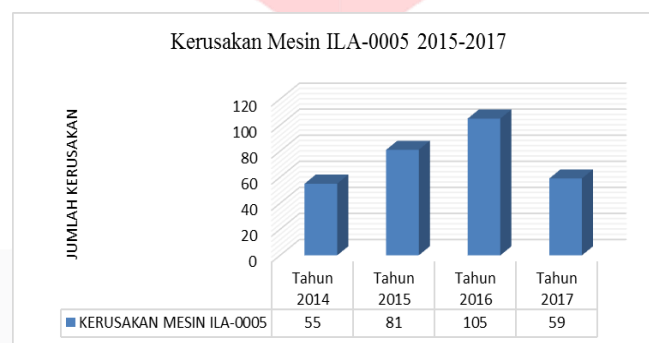
1. Pendahuluan

PT XYZ adalah salah satu perusahaan otomotif terbesar di Indonesia. Perusahaan tersebut didirikan pada tahun 1971. PT XYZ memproduksi berbagai macam mobil dan mesin. Proses yang dilakukan pada PT XYZ yaitu *Engine mach, Assembly dan packing vaning division* (CEVD). PT XYZ sebagai industri papan atas di Indonesia tentunya sudah memiliki sistem kerja dan sistem manajemen yang baik. Data produksi PT XYZ mulai tahun 2010 hingga tahun 2016 sangat meningkat mencapai 3300 unit mobil. Proses produksi di PT XYZ memiliki enam proses yaitu TR Crank Shaft Line, TR Cam Shaft Line, TR Cilynder Block Line, TR Cilynder Head Line dan Assembly. Pada proses TR Crank Shaft Line paling sering mengalami kerusakan pada mesin saat melakukan proses produksi.



Gambar 1 Jumlah Kerusakan Mesin PT XYZ

Hal tersebut dikarenakan semakin banyak permintaan konsumen, maka *provider* terus berlomba untuk memenuhi kebutuhan layanan dalam sistem produksi. Pada kerusakan mesin maka sebagian komponen-komponen akan tidak dapat berfungsi yang mengakibatkan mesin *down*. Dari 38 mesin pada TR Crank Shaft Line maka mesin yang sering mengalami kerusakan adalah ILA-0005 dilihat dari tahun 2014-2017.



Gambar 2 Total Downtime (Jam) Tahun 2014-2017

Untuk mesin ILA-0005 jumlah *downtime* mesin yang diakibatkan oleh komponen cukup tinggi setiap tahunnya.. Hal ini dikarenakan kurang adanya *maintenance* yang efektif. Agar mesin tidak mudah rusak kembali diperlukan kegiatan *maintenance* yang efektif dan efisien pemeliharaan dan optimasi penentuan waktu perawatan mesin dengan mempertimbangkan biaya perawatan mesin tersebut berbasis metode *Risk-Based Maintenance* dan untuk mengetahui berapa besar biaya yang dihasilkan oleh masalah ketidakhandalan sistem diperlukan metode *Cost Of Unreliability*.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Perawatan adalah aktivitas suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu [3]. Tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kerusakan mesin. Tujuan utama dari kegiatan perawatan bukan hanya untuk mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) pada biaya yang minimum.

2.1.1.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi [9]. Tujuan *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Mencegah atau meminimasi terjadinya kegagalan (*prevent failure*).
2. Mendeteksi apabila terjadinya kegagalan (*detect onset of failure*).
3. Menemukan kegagalan yang tersembunyi (*discover a hidden failure*).
4. Meningkatkan *reliability* dan *availability* komponen atau sistem tersebut.

2.1.1.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem kefungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut [5].

2.1.2 Risk Based Maintenance (RBM)

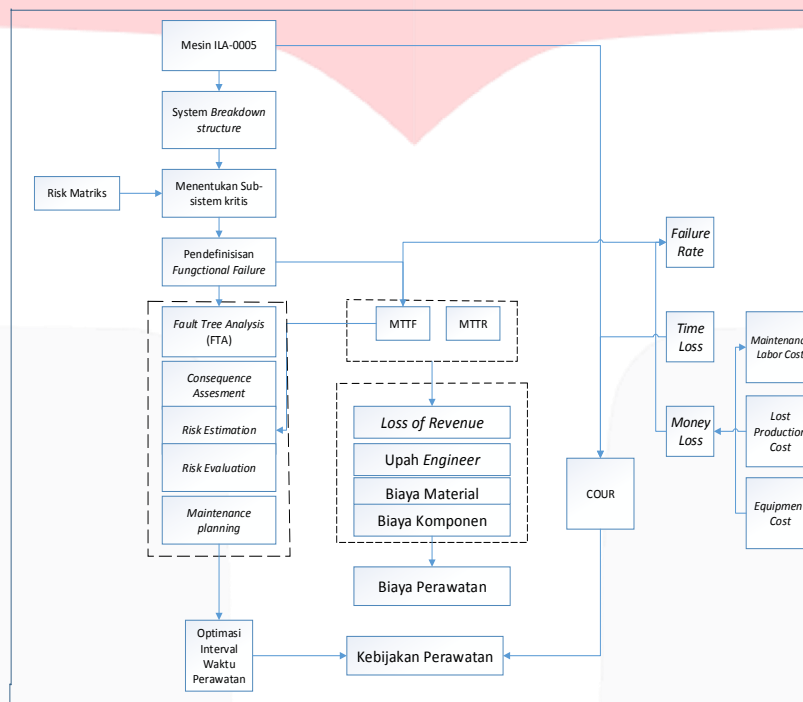
Risk Based Maintenance (RBM) merupakan suatu metode kuantitatif hasil integrasi antara pendekatan reliabilitas dan strategi pendekatan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* yang optimal [1]. RBM bertujuan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi pada fasilitas operasi. Nilai kuantitatif dari risiko merupakan dasar untuk memprioritaskan kegiatan *maintenance* dan inspeksi [4].

2.1.3 Cost Of Unreliability (COUR)

Cost Of Unreliability (COUR) merupakan perhitungan biaya yang muncul dari masalah keandalan, dimana akan menunjukkan biaya yang dihasilkan oleh masing-masing *equipment* mesin dalam sistem. Untuk menentukan *Cost Of Unreliability* maka dilakukan dengan gambaran besar dengan mengidentifikasi sumber masalah biaya, level masalah yang muncul, yaitu menghitung *failure rate*, *time lost* dan *money lost* [2].

2.2 Model Konseptual

Berdasarkan metode konseptual dimulai dengan pemilihan subsistem kritis pada mesin ILA-0005. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Cost Of Unreliability* (COUR) sehingga berdasarkan *maintenance cost* sebelumnya menghasilkan *preventive maintenance cost* usulan, *Cost Of Unreliability*, dan kebijakan perawatan yang efektif.



Gambar 3 Model Konseptual

3. Pembahasan

Pada tahap pengolahan data terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data. Data yang dibutuhkan adalah struktur sistem dari mesin, MTTF, MTTR, data kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*, harga komponen dari mesin, upah gaji *engineer*, biaya material, biaya gaji pekerja, dan data *Loss of Revenue*. Selanjutnya dilakukan pemilihan subsistem kritis pada mesin ILA-0005 [8].

a). Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Sebelum menentukan parameter distribusi, data TTF dan TTR di uji Anderson Darling dengan menggunakan *software* Minitab 17 untuk memperoleh distribusi masing-masing komponen. Setelah itu dilakukan penentuan parameter dari distribusi yang terpilih dengan menggunakan *software* AvSim+9.0.

b) Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR disesuaikan dengan distribusi yang telah terpilih sebelumnya. Apabila distribusi yang terpilih adalah normal maka μ merupakan MTTF dari komponen tersebut. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull maka perhitungan MTTF harus menggunakan rumus yang tertera di bawah.

$$MTTF = \eta \cdot \Gamma (1 + 1/\beta)$$

Tabel 1 Distribusi MTTF

MTTF						
Subsistem	Distribusi	Parameter		(1/ β +1)	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
DETECTOR	Weibull	η	652,602	2,459513	1,21065	790,0733
		β	0,68516			
MECHANIC	Weibull	η	797,08	3,565023	3,55286	2831,914
		β	0,38986			
SPINDEL	Weibull	η	799,058	2,259034	1,133	905,3327
		β	0,79426			
JIG	Weibull	η	1386,86	2,350986	1,20305	1668,462
		β	0,7402			
FIXTURE	Weibull	η	850,267	2,307275	1,16671	992,015
		β	0,76495			

Tabel 2 Parameter distribusi MTTR

MTTR						
Subsistem	Distribusi	Parameter		(1/ β +1)	Tabel Gamma	MTTR (Jam)
DETECTOR	Weibull	η	0,165254	1,620409	0,89592	0,148055
		β	1,61184			
MECHANIC	Weibull	η	0,431267	2,053148	1,02218	0,440833
		β	0,949534			
SPINDEL	Weibull	η	0,372079	1,854832	0,94561	0,351842
		β	1,16982			
JIG	Weibull	η	0,260468	1,75244	0,91906	0,239386
		β	1,32901			
FIXTURE	Weibull	η	0,323649	2,141196	1,067514	0,3455
		β	0,876274			

c) Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

Dengan menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM) menghasilkan risiko akibat kerusakan dan kriteria penerimaan risiko. RBM menggunakan beberapa parameter seperti MTTR, MTTF dalam penentuan interval perawatan. Ada tiga tahap penentuan interval perawatan optimal, yaitu penyusunan skenario, evaluasi risiko, dan perancangan perawatan. Perhitungan risiko diperoleh dengan persamaan berikut [7]:

$$Risk = Probability\ of\ Failure \times System\ Performance\ Loss$$

$$System\ Performance\ Loss = Loss\ Production + (Mean\ Time\ To\ Repair \times Engineer\ Cost) + Material\ Cost + \text{Harga Komponen.}$$

Tabel 3. System Performance Loss

No	Komponen	Waktu Downtime	MTTR	Loss of Revenue	Engineer Cost	Material Cost	Harga Komponen	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Detector	8,60	0,14806	Rp 24.000.000,00	Rp 75.000,00	Rp 725.450	Rp 3.540.000	Rp 210.676.554	0,965537	Rp 203.416.047
2	Mechanic	11,58	0,44083	Rp 24.000.000,00	Rp 75.000,00	Rp 725.450	Rp 2.089.000,00	Rp 280.847.512	0,842117	Rp 236.506.356
3	Spindel	12,00	0,35184	Rp 24.000.000,00	Rp 75.000,00	Rp 725.450	Rp 3.950.000,00	Rp 292.701.838	0,96917	Rp 283.677.935
4	Jig	5,7	0,23939	Rp 24.000.000,00	Rp 75.000,00	Rp 725.450	Rp 3.930.000,00	Rp 140.273.404	0,880585	Rp 123.522.634
5	Fixture	6,03	0,3455	Rp 24.000.000,00	Rp 75.000,00	Rp 725.450	Rp 4.926.000,00	Rp 150.477.362	0,957939	Rp 144.148.074
Total										Rp 991.271.047

1. Analisis Evaluasi Risiko

Tahap awal dalam evaluasi risiko adalah menentukan kriteria penerimaan. Dalam menentukan kriteria penerimaan dilakukan dengan cara wawancara dengan pihak perusahaan. Hal yang didapat kriteria penerimaan sebesar 1% dari pendapatan perusahaan Rp 921.600.000, tahap kedua membandingkan dengan kriteria. Pada tahap ini, risiko yang telah didapatkan akan dibandingkan dengan kriteria risiko yang telah ditentukan. Jika risiko melebihi kriteria penerimaan maka dilakukan perencanaan perawatan interval waktu perawatan.

Tabel 4. Kriteria Penerimaan

Periode 1 tahun (Hour)	Hourly Rate	Kapasitas Produksi Mesin Selama 1 Tahun	Total Risiko	Persentase	Kriteria Penerimaan	kriteria penerimaan
3840	Rp 24.000.000	Rp 92.160.000.000	Rp 991.271.047	1,076%	1,00%	Rp921.600.000,00

2. Interval Waktu Perawatan

Tahap perhitungan waktu interval perawatan yaitu menentukan selang waktu perbaikan yang dapat dilakukan oleh pihak *maintenance* berdasarkan *failure mode* masing-masing komponen sesuai dengan *preventive task selection* yang telah ditentukan pada analisis kualitatif RCM II.

1. Perhitungan Interval Waktu Perawatan *Scheduled On Condition*

Perhitungan interval waktu perawatan untuk *Scheduled on Condition* dilakukan dengan $\frac{1}{2}$ dari P-F Interval masing-masing komponen tersebut [5].

2. Perhitungan Interval Waktu Perawatan *Scheduled Restoration Task* dan *Scheduled Discard Task*

Scheduled Restoration Tasks merupakan kegiatan perawatan secara *preventive* yang dilakukan untuk mengembalikan kemampuan komponen atau sebelum batas umurnya tanpa memperhatikan kondisinya. *Scheduled Discard Tasks* merupakan kegiatan perawatan secara *preventive* yang melakukan penggantian komponen sebelum batas umurnya habis dan tidak memperhatikan kondisinya. Untuk perhitungan interval waktu perawatan *Scheduled Restoration Tasks* dan *Scheduled Discard Tasks* diperlukan parameter MTTF dan MTTR yang selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau pergantian akibat rusaknya komponen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6].

$$Cf = Cr + MTTR (Co + Cw)$$

Cf = Biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen setiap siklus perawatan

Cr = Biaya pergantian kerusakan komponen

Co = Biaya kerugian produksi (*hourly rate*)

Cw = Biaya tenaga kerja

$$TM = \eta x \left(\frac{Cm}{Cf (\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Cm = biaya yang dikeluarkan untuk perawatan (biaya tenaga kerja + biaya *downtime (loss revenue)* + biaya perbaikan).

Tabel 5 Interval Waktu Perawatan

Interval Perawatan Schedule On Condition Tasks							
No	Subsistem	Information Reference			P-F Interval (MTTF)	Initial Interval (Hour)	Initian Interval (Month)
		F	FF	FM			
1	Detector	1	1.9	9	790,07	395,04	1,23
2	Mechanic	2	1.6	6	2831,91	1415,95	4,42
3	Spindel	3	1.3	26	905,33	452,666	14,1
4	Jig	4	1.4	16	1668,46	834,23	2,61
5	Fixture	5	1.5	15	992,02	496,01	1,55

3. Perhitungan Biaya Perawatan Usulan Komponen Kritis

Biaya perawatan dihitung sesuai dengan kegiatan perawatan yang telah ditentukan sebelumnya dan disesuaikan dengan interval waktu perawatan yang dimiliki masing-masing komponen.

$$T_c = (CM + Cr) \times F_m$$

CM = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan

Cr = Biaya Komponen

Fm = Frekuensi pelaksanaan *preventive maintenance* (per tahun)

Tabel 6 Perhitungan Biaya Exsisting dan Usulan

	Biaya Perawatan (Exsisting)	Biaya Perawatan (Usulan)
Biaya Total	Rp 56.378.983.200	Rp 26.997.478
Selisih	Rp 29.381.504.535	

g). Perhitungan *Cost Of Unreliability* (COUR)

1. Perhitungan *Failure Rate*

Data yang diperlukan untuk mengitung COUR data unit mesin ILA-0005 di tahun 2014-2017. Pada perhitungan *failure rate* dibutuhkan *study interval*, *number of failure* dan *MTTF*. Nilai dari *study interval* 15360 jam, dan *failure rate* didapat dari *study interval/ number of failures*.

Tabel 7 *Failure Rate*

	Detector	Mechanic	Spindel	Jig	Fixture
<i>Study Interval (hrs)</i>	15360	15360	15360	15360	15360
<i>Number of Failures</i>	7	7	7	6	8
MTTF	790,0733	2831,914	905,3327	1668,462	992,015
<i>Failure Rate</i>	0,000456	0,000456	0,000456	0,000391	0,000521

2. Perhitungan *Time Lost*

Tahap kedua adalah menghitung nilai *lost time* selama waktu observasi . Dengan waktu observasi yang ditentukan 16896 jam maka, data yang dibutuhkan adalah data *failure rate* dan *number of failures* yang dihitung dari sebelumnya dan data *Corrective Time/Failure*. Pada perhitungan *time lost* akan dilakukan perhitungan terhadap *downtime* dan *corrective time*.

Tabel 8 Hasil Perhitungan *Corective Lost Time*

	Detectore	Mechanic	Spindel	Jig	Fixture
<i>Failure Rate</i>	0,00045573	0,000456	0,000456	0,000391	0,000521
<i>Number of Failure(s)</i>	7	7	7	6	8
<i>Corrective Time/Failure</i>	0,148055	0,440833	0,351842	0,239386	0,3455
<i>Corrective Lost Time Hrs/Years</i>	1,036385	3,085831	2,462894	1,436316	2,764

Tabel 9 Hasil Perhitungan *Downtime Lost Time*

	Detectore	Mechanic	Spindel	Jig	Fixture
<i>Failure Rate</i>	0,00045573	0,000456	0,000456	0,000391	0,000521
<i>Number of Failure(s)</i>	7	7	7	6	8
<i>Downtime/Failure</i>	0,2297	0,5434	0,4478	0,3139	0,4054
<i>DT Lost time Hrs/Years</i>	1,6081	3,8035	3,1349	1,8834	3,2432

3. Perhitungan *Money Lost*

Tahap terakhir perhitungan COUR adalah *Money lost*. Dimana data yang dibutuhkan yaitu *downtime lost time* dan *corrective lost time* yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya. Lalu dibutuhkan data *lost production cost* dan *equipment/spare part* dan juga *labor maintenance*. Nilai COUR yang ditanggung perusahaan adalah nilai *Downtime COUR* sedangkan nilai *Corrective COUR* adalah nilai COUR pada *unplanned downtime*.

Tabel 10 Hasil Perhitungan *Corrective* COUR

	Detector	Mechanic	Spindel	Jig	Fixture
<i>Corrective Lost Time Hrs/4 Years</i>	1,036385	3,085831	2,462894	1,436316	2,764
<i>Loss Profit</i>	Rp 24.873.240,00	Rp 74.059.944,00	Rp 59.109.456,00	Rp 34.471.584,00	Rp 66.336.000,00
<i>Equipment/Spare Part Cost</i>	Rp 1.356.627,97	Rp 4.039.352,78	Rp 3.223.928,25	Rp 1.880.137,64	Rp 3.618.076,00
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 70.660,73	Rp 210.391,96	Rp 167.920,11	Rp 97.928,02	Rp 188.449,52
<i>Corrective COUR</i>	Rp 26.300.528,69	Rp 78.309.688,74	Rp 62.501.304,36	Rp 36.449.649,67	Rp 70.142.525,52

Tabel 11 Hasil Perhitungan *Downtime* COUR

	Detector	Mechanic	Spindel	Jig	Fixture
<i>DT Lost time Hrs/4Years</i>	1,6081	3,8035	3,1349	1,8834	3,2432
<i>Loss Profit</i>	Rp 38.595.480,00	Rp 91.284.648,00	Rp 75.237.624,00	Rp 45.201.600,00	Rp 77.836.800,00
<i>Equipment/Spare Part Cost</i>	Rp 2.105.061,81	Rp 4.978.816,84	Rp 4.103.585,41	Rp 2.465.370,60	Rp 4.245.348,80
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 109.643,33	Rp 259.324,47	Rp 213.737,55	Rp 128.410,21	Rp 221.121,38
<i>DT COUR</i>	Rp 40.810.185,13	Rp 96.522.789,31	Rp 79.554.946,96	Rp 47.795.380,81	Rp 82.303.270,18

Tabel 11 menunjukkan hasil akumulasi biaya dari seluruh subsistem, yang dapat dibandingkan dengan *actual maintenance cost*

Tabel 12. *Cost Overview*

Jenis Biaya	Jumlah
<i>Corrective COUR</i>	IDR 273.703.697
<i>DT COUR</i>	IDR 346.986.572
<i>Hourly Rate</i>	IDR 24.000.000
<i>Actual Maintenance</i>	IDR 1.390.000
COUR	IDR 620.690.269

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan risiko mesin ILA-0005, mesin ini memiliki Risiko Rp 991.271.047. Interval perawatan pada setiap subsistem atau komponen, yaitu subsistem detector memiliki interval perawatan selama 395,037 jam, pada subsistem mechanic memiliki interval perawatan selama 1415,95 jam, sedangkan pada subsistem spindel memiliki interval waktu perawatan selama 452.666, pada subsistem jig memiliki interval waktu perawatan selama 834.231 jam dan yang terakhir pada subsistem fixture memiliki interval waktu perawatan selama 496.008 jam. Berdasarkan perhitungan *Cost Of Unreliability* biaya yang disebabkan oleh masalah reliability sistem adalah Rp 273.703.696, berdasarkan active repair time dan Rp 346.986.572 berdasarkan pada *downtime*. Maka diperoleh Rp 73.282.875. biaya *waste* yang harus ditanggung oleh perusahaan akibat ketidakhandalan sistem selama 4 tahun terakhir.

Daftar Pustaka

- [1] Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin KOMORI LS440 dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT ABC. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(April), 31–37.
- [2] Sujatman, E. S., Tatas, F., Atmaji, D., Supratman, N. A., Studi, P., Industri, T., ... Diagram, R. B. (2016). Performance Assessment Berbasis Reliability Menggunakan Metode Reliability, Availability, Maintainability (Ram) Dan Cost of Unreliability (Cour) Pada Mesin Cincinnati Milacron Di, 3(2), 2478–2484.
- [3] Ebeling, Charles E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc
- [4] Khan, Faisal I., dan Mamoud Haddara. (2004). *Risk-Based Maintenance of Ethylene Oxide Production Facilities*. Journal of Hazardous Materia
- [5] Marquez, A. (2007). *The Maintenance Management Framework*. Spain. Moubray, John. 1991. *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.
- [6] Moubray, John. (1991). *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: ButterworthHeineman, Ltd.
- [7] Singgih, M. L. (2012). Risk Based Maintenance (Rbm) Untuk Natural Gas Pipeline Pada Perusahaan X Dengan Menggunakan Metode Kombinasi Ahp-Index Model, 1–8.
- [8] Kirana, U. T., & Alhilman, J. (2015). Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza Ff100

Pada Line 3 Pt . Xyz Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii Maintenance Policy Planning Corazza Ff100 Machine on Line 3 Pt . Xyz Using Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii Metho, 2(2), 4854–4861.

- [9] Praesita, I., Alhilman, J., Industri, F. R., Telkom, U., Indicator, K. P., & Diagram, R. B. (2017). PENILAIAN KINERJA BERBASIS RELIABILITY PADA CONTINUOUS CASTING MACHINE 3 (CCM 3) PT KRAKATAU STEEL (Persero) Tbk MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY (RAM) DAN COST OF UNRELIABILITY (COUR) CASTING MACHINE 3 (CCM 3) IN PT K, 4(2), 2884–2891.

