

**ANALISA BIAYA PERAWATAN SISTEM PNEUMATIC DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RISK BASED MAINTENANCE DAN COST OF  
UNRELIABILITY**

**MAINTENANCE COST ANALYSIS OF PNEUMATIC SYSTEM USING RISK  
BASED MAINTENANCE METHOD AND COST OF UNRELIABILITY**

**Ardita Maharani <sup>a</sup>, Ira Wahyuli <sup>a</sup>, Supriyadi <sup>a</sup>, Ahmad Nalhadi <sup>a</sup>, Fathurohman <sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya  
email: [arditamaharaniez86@gmail.com](mailto:arditamaharaniez86@gmail.com), [irawahyuli00@gmail.com](mailto:irawahyuli00@gmail.com),  
[supriyadi@unsera.ac.id](mailto:supriyadi@unsera.ac.id), [irqi02@gmail.com](mailto:irqi02@gmail.com)

<sup>b</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan  
Karawang  
email: [fathurohman@ubpkarawang.ac.id](mailto:fathurohman@ubpkarawang.ac.id)

**Abstract**

**Problems:** *Pneumatic is the system equipment that is most frequently damaged in the tinsplate production process. In a year, pneumatics are damaged for as much as 50.37 hours. Pneumatic damage impacts disruption to the production process and requires repair time.*

**Purpose:** *This research aims to determine the magnitude of the consequences and risks generated by the pneumatic system and to determine the unreliability cost of the pneumatic system against failures that occur.*

**Methodology:** *The research uses risk-based maintenance (RBM) to assess the risk due to pneumatic unreliability and Cost of Unreliability (COUR) to assess the costs incurred due to pneumatic unreliability.*

**Results/Findings:** *The results of this study indicate the consequences and risks generated by the pneumatic system using Risk Based Maintenance (RBM) are Rp. 2,416,875,500,783. The cost of the unreliability of the pneumatic system against failures that occur using the COUR calculation obtained two types of costs, namely corrective COUR of Rp. 6,410,733,139,799 and downtime COUR of Rp. 316,623,348,438,960. This approach is able to save maintenance costs of Rp. 310.212.615.299.161 if equipment failure that causes the production process to stop can be minimized.*

**Paper Type:** *Field Research*

**Keywords:** *Cost of Unreliability; Risk Based Maintenance; Pneumatic*

## Abstrak

**Masalah:** *Pneumatic* merupakan peralatan sistem yang paling sering mengalami kerusakan pada proses produksi tinsplate. Dalam setahun *pneumatic* mengalami kerusakan sebanyak 50.37 jam. Kerusakan *pneumatic* berdampak pada gangguan pada proses produksi dan membutuhkan waktu perbaikan.

**Tujuan:** Tujuan penelitian adalah untuk menentukan besarnya konsekuensi dan risiko yang dihasilkan oleh sistem *pneumatic* dan mengetahui biaya *unreliability* dari sistem *pneumatic* terhadap kegagalan yang terjadi.

**Metodologi:** Penelitian menggunakan *Risk Based Maintenance* (RBM) untuk menilai risiko akibat ketidakandalan *pneumatic* dan *Cost of Unreliability* (COUR) untuk menilai besar biaya yang harus ditanggung akibat ketidakandalan *pneumatic*.

**Temuan/Hasil Penelitian:** Hasil penelitian ini menunjukkan konsekuensi dan risiko yang dihasilkan oleh sistem *pneumatic* dengan menggunakan *Risk Based Maintenance* (RBM) adalah sebesar Rp 2.416.875.500.783. Biaya *unreliability* dari sistem *pneumatic* terhadap kegagalan yang terjadi dengan menggunakan perhitungan COUR, didapatkan 2 jenis biaya yaitu *corrective* COUR sebesar Rp 6.410.733.139.799 dan *downtime* COUR sebesar Rp 316.623.348.438.960. Pendekatan ini mampu menghemat biaya perawatan sebesar Rp 310.212.615.299.161 jika kegagalan peralatan yang menyebabkan berhentinya proses produksi dapat diminimalkan.

**Jenis penelitian:** Penelitian Lapangan

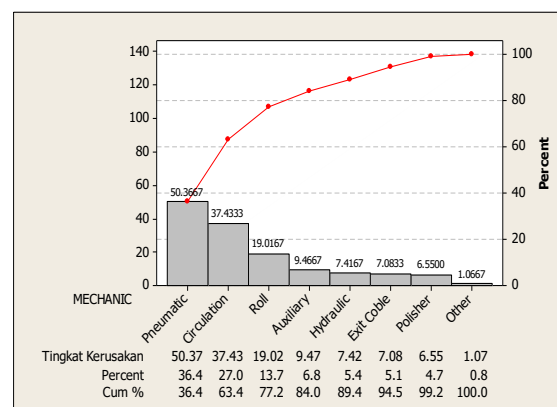
**Kata kunci** *Cost of Unreliability; Risk Based Maintenance; Pneumatic*

### A. PENDAHULUAN

Tinsplate adalah substrat baja yang dilapisi dengan timah. Tinsplate menjadi alternatif pilihan sebagai bahan baku kemasan seperti bahan produk susu kaleng, bahan makanan dan minuman maupun industri yang berbasis bahan kemasan kaleng. Tinsplate mempunyai ciri khas sebagai bahan kemasan yang aman, higienis serta anti karat, dan oleh karenanya penggunaan tinsplate dapat diandalkan.

PT ABC merupakan produsen tunggal penghasil tinsplate di Indonesia yang terus berfokus pada pengembangan kemampuan dan teknologi produksi. Perusahaan memiliki kemampuan memproduksi 160.000 ton tinsplate per tahun. Proses perawatan atau *maintenance mechanical* yang berada pada Perusahaan memiliki beberapa bagian sistem yang digunakan yaitu *hydraulic, pneumatic, exit coble, circulation, roll, polisher, lubrication, auxiliary, splashing guard* / talang, dan *side timer / double cut shear*. *Pneumatic*

adalah sistem yang paling sering mengalami kerusakan. Dalam setahun *pneumatic* mengalami kerusakan sebanyak 50.37 jam (Gambar 1). Ketika *pneumatic* mengalami kerusakan, maka dapat menghambat proses produksi dan memerlukan waktu untuk perbaikannya.



Gambar 1. Tingkat Downtime Perawatan Mechanical

Salah satu metode yang dapat mengidentifikasi tingkat kegagalan suatu mesin adalah *Risk Based*

*Maintenance* (RBM). Metode ini berbasis alat untuk perencanaan pemeliharaan dan pengambilan keputusan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan peralatan dan konsekuensi dari kegagalan. Program perawatan yang dihasilkan bertujuan memaksimalkan keandalan peralatan dan meminimalkan biaya dari total biaya perawatan (Krishnasamy et al., 2005).

Implementasi metode RBM mampu mengidentifikasi potensi kehilangan kinerja sistem (Islamy et al., 2019; Krishnasamy et al., 2005). Potensi ini dapat dianalisa sehingga tingkat potensi kehilangan kinerja sistem dapat diminimalkan. Nilai risiko yang besar tentu akan merugikan perusahaan.

Metode RBM masih berfokus pada potensi risiko dan belum memperhitungkan biaya perawatan. Metode *Cost of Unreliability* (COUR) digunakan untuk memperbaiki hasil *Risk Based Maintenance* (RBM) dari sisi keuangan dengan cara melakukan perhitungan biaya yang muncul dari masalah keandalan, yang dihasilkan oleh setiap komponen mesin dalam sistem. Metode COUR menganalisa berdasarkan potensi kerugian yang diakibatkan kegagalan peralatan dengan menggunakan data history downtime yang terjadi.

Implementasi RBM dan COU dapat meningkatkan efektivitas perawatan peralatan melalui penurunan tingkat risiko dan biaya perawatan akibat ketidakandalan mesin (Bintarum et al., 2018; Sihombing et al., 2018). Identifikasi potensi risiko kegagalan *pneumatic* perlu dilakukan sedini mungkin karena akan berdampak pada biaya operasional perawatan mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya konsekuensi dan risiko

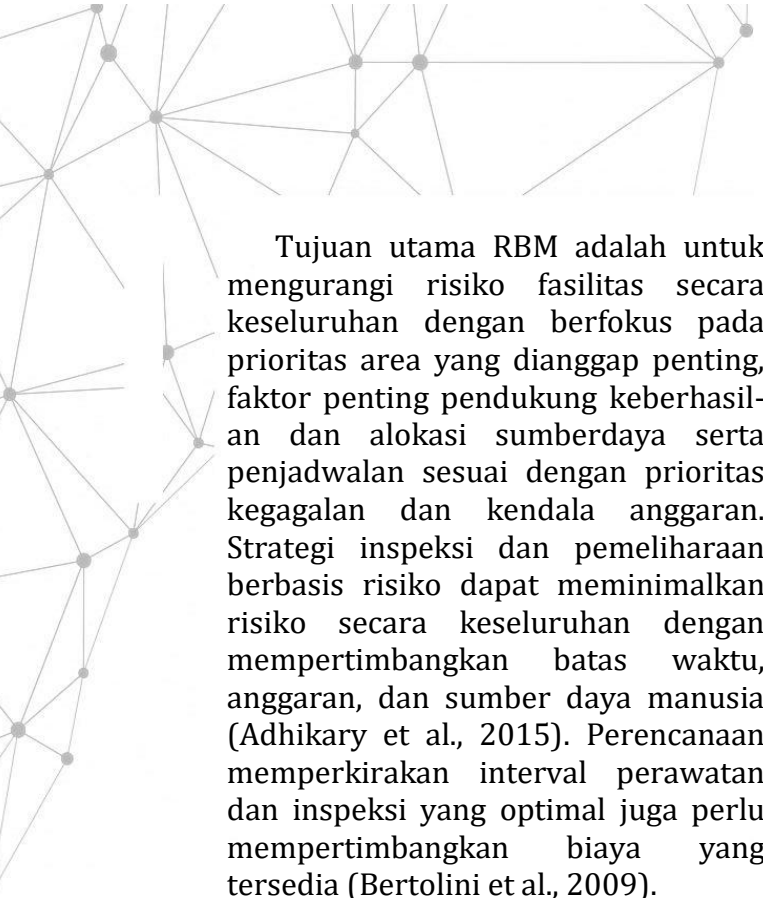
yang dihasilkan oleh sistem *pneumatic* dan mengetahui biaya *unreliability* dari sistem *pneumatic* terhadap kegagalan yang terjadi. Hasil identifikasi tersebut diharapkan menjadi masukan manajemen dalam mengelola potensi risiko yang terjadi sehingga biaya perawatan bisa diminimalkan.

## **B. KERANGKA TEORI**

### ***Risk Based Maintenance* (RBM)**

Kerangka kerja RBM terdiri dari penilaian risiko dan perencanaan pemeliharaan berdasarkan risiko (Arunraj & Maiti, 2010). Evaluasi risiko umumnya dengan membandingkan risiko yang dihitung dari suatu unit dengan standar (kriteria penerimaan). Jika risiko yang dihitung melebihi kriteria penerimaan, maka risiko harus dikurangi melalui perencanaan pemeliharaan yang efektif. Oleh karena itu, pertimbangan risiko sebagai kriteria untuk memilih kebijakan pemeliharaan sangat penting.

Tujuan utama dari metodologi ini adalah untuk mengurangi keseluruhan risiko yang mungkin timbul sebagai akibat dari kegagalan tak terduga dari fasilitas operasi (Khan & Haddara, 2004). Kegiatan prioritas inspeksi dan pemeliharaan berdasarkan risiko yang diakibatkan oleh kegagalan komponen, sehingga risiko total dapat diminimalkan dengan menggunakan pemeliharaan berbasis risiko. Komponen berisiko tinggi diperiksa dan dipelihara dengan frekuensi dan ketelitian yang lebih besar dan dipelihara dengan cara yang lebih baik, untuk mencapai kriteria risiko yang dapat ditoleransi (Brown & Le May, 2000). Dengan memodelkan risiko kegagalan, biaya pemeliharaan dan waktu tidak produktif operasi diminimalkan secara signifikan (Leoni et al., 2019).



Tujuan utama RBM adalah untuk mengurangi risiko fasilitas secara keseluruhan dengan berfokus pada prioritas area yang dianggap penting, faktor penting pendukung keberhasilan dan alokasi sumberdaya serta penjadwalan sesuai dengan prioritas kegagalan dan kendala anggaran. Strategi inspeksi dan pemeliharaan berbasis risiko dapat meminimalkan risiko secara keseluruhan dengan mempertimbangkan batas waktu, anggaran, dan sumber daya manusia (Adhikary et al., 2015). Perencanaan memperkirakan interval perawatan dan inspeksi yang optimal juga perlu mempertimbangkan biaya yang tersedia (Bertolini et al., 2009).

### **Cost of Unreliability (COUR)**

COUR mempunyai fungsi meminimalkan biaya perawatan yang diakibatkan oleh ketidakandalan peralatan (Izzaqi et al., 2019). Keandalan peralatan mempunyai peranan yang sangat besar dalam menjaga kelancaran proses produksi. COUR juga dapat digunakan untuk mengestimasi kerugian biaya perawatan akibat kegagalan peralatan terkait dengan biaya *unreliability* dan *downtime* peralatan (alhilman, 2017).

COUR menganalisa keseluruhan biaya termasuk biaya yang diakibatkan program keandalan dan pekerjaan perawatan yang kurang baik (Vicente, 2012). Metode ini akan menghitung biaya masing-masing komponen dalam sistem peralatan sehingga memudahkan menganalisa biaya perawatan yang terjadi. Perhitungan COUR dilakukan dengan cara mengidentifikasi level permasalahan yang terjadi dan biaya yang menjadi sumber permasalahan (Sihombing et al., 2018)

### **C. METODE PENELITIAN**

Pengumpulan data penelitian dilakukan selama pada tahun 2020 berdasarkan kerusakan *pneumatic* yang terjadi. Pengolahan data dengan metode RBM dimulai dengan mengolah data *time to failure* (TTF), *downtime* (DT) dan *time to repair* (TTR) dari komponen-komponen pompa untuk selanjutnya digunakan untuk menentukan distribusi TTF, DT dan TTR dari subsistem tersebut.

*Time to Failure*, *Downtime* dan *Time to Repair* pada tahap ini akan diidentifikasi karakteristik distribusi waktu antar kerusakan (TTF), *downtime* (DT) dan waktu perbaikan (TTR). Uji distribusi ini dilakukan menggunakan uji Anderson Darling dengan menggunakan software Minitab 16. Pada uji distribusi ini akan dilakukan perbandingan antara distribusi normal, eksponensial dan weibull. Distribusi yang memiliki nilai AD terkecil dan P-value > 0,05 (tingkat kepercayaan 95%), maka distribusi tersebut yang akan terpilih dan akan mewakili data TTF dan TTR. Penentuan Parameter Distribusi *Time To Failure* dan *Time To Repair* menggunakan software minitab 16. Setiap distribusi memiliki parameter yang berbeda-beda. Untuk distribusi eksponensial parameter diwakili oleh  $\mu$ , untuk distribusi normal diwakili oleh  $\mu$  dan  $\sigma$ , sedangkan untuk distribusi Weibull diwakili oleh  $\beta$ ,  $\gamma$ , dan  $\eta$ .

Langkah selanjutnya adalah menentukan *reliabilitas* sistem berdasarkan distribusi yang mewakili yang sebelumnya telah didapatkan dan tahap *consequence assessment* untuk menentukan nilai konsekuensi yang diperoleh dari skenario yang telah



disusun dan berfokus pada kategori *system performance loss* (Setiawan & Al Ghofari, 2019). Tujuannya adalah untuk memprioritaskan peralatan dan komponennya berdasarkan kontribusinya terhadap kegagalan sistem (Khan & Haddara, 2003).

Tahap akhir RBM adalah *risk estimation* dan *risk evaluation*. *Risk estimation* merupakan skenario kegagalan yang dikembangkan untuk menentukan hubungan sebab dan akibat antara kejadian potensial dan kegagalan akhir sesuai dengan karakteristik operasional, fisik dan logis dari sistem. Skenario kegagalan terjadi ketika sistem gagal bekerja sesuai kebutuhan; sistem mungkin berhenti, keluaran mungkin berkurang, atau keluaran mungkin berkualitas lebih rendah. Estimasi risiko dilakukan pada setiap subsistem adalah peralatan berdasarkan tingkat probabilitas dan konsekuensi kegagalannya (Hu et al., 2009). Tujuan dari *risk evaluation* adalah untuk memutuskan apakah risiko tersebut dapat diterima yaitu dengan kriteria risiko yang diperoleh tidak lebih besar daripada kriteria penerimaan. Kriteria risiko menentukan seberapa besar risiko/probabilitas dalam periode tertentu yang dapat diterima.

Perhitungan COUR yaitu dengan perhitungan dari *failure rate*, *time lost*, *money lost* dan *cost overview*. *Failure Rate* adalah tingkat laju kegagalan suatu sistem dan cenderung bersifat konstan serta sama dengan kebalikan dari "*Mean Time To Failure*" (MTTF) (Chiodo & Lauria, 2015). MTTF merupakan jarak waktu antara kerusakan satu dengan kerusakan berikutnya. Subsistem dikatakan *reliabel* jika nilai MTTF semakin besar.

*Time Lost* merupakan kerugian yang ditanggung perusahaan akibat hilangnya waktu yang disebabkan kegiatan *corrective* dan *downtime* peralatan. Hasil *corrective time failures* adalah nilai MTTR sedangkan *downtime time failures* merupakan hasil nilai dari MDT. *Money lost* berasal dari biaya peralatan, biaya perawatan tenaga kerja, dan data biaya produksi yang hilang. *Cost overview* adalah nilai *waste cost* yang merupakan selisih dari *downtime* dan *corrective* COUR.

#### D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal untuk perhitungan *Risk Based Maintenance* ini, penentuan subsistem kritis dipilih dari komponen mesin yang sering terjadi kerusakan. Dalam penelitian ini data yang diambil adalah data dari sistem *Pneumatic*. Sistem *Pneumatic* memiliki beberapa sub sistem kritis diantaranya *Compressor* (0 kerusakan), *Solenoid Valve* (25 kerusakan), *Cylinder* (13 kerusakan) dan *Piping* (9 kerusakan).

Perhitungan *Time To Repair* (TTR) dilakukan dengan menghitung selisih antara waktu selesai kerusakan dengan waktu mulai kerusakan. Nilai TTF adalah penjumlahan waktu akhir kerusakan dengan waktu awal kerusakan dan dengan jumlah hari. Nilai TTF *Solenoid Valve* adalah 5776 menit, *Cylinder* sebesar 11055 menit, dan *Piping* sebesar 167212 menit. Perhitungan total *downtime*, yang mana dalam perhitungannya yaitu menjumlah hasil keseluruhan dari perhitungan pada *Time To Repair* (TTR). *Downtime* komponen *Solenoid Valve* adalah 1898 menit, *Cylinder* sebesar 740 menit, dan *Piping* sebesar 265 menit.

Pengujian distribusi data dengan menggunakan uji distribusi *Anderson*

*Darling* bertujuan untuk mencari distribusi yang dapat mewakili data TTR dan TTF. Pada penelitian ini nilai kepercayaan yang digunakan adalah tingkat kepercayaan 95%. Distribusi data diuji dengan menggunakan distribusi normal, *Lognormal*, *Ekspontensial*, dan *weibull*. Hasil pengolahan data dengan menggunakan software minitab diketahui bahwa distribusi yang mempunyai nilai AD terkecil yaitu *eksponensial* untuk nilai MTTR dan distribusi *Lognormal* untuk nilai MTTF.

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai MTTR dan MTTF berdasarkan distribusi data yang terpilih. Nilai MTTR untuk *Solenoid Valve* adalah 59,39, komponen *Cylinder* sebesar 43,11 dan *piping* dengan nilai sebesar 21,86. Nilai MTTR untuk *Solenoid Valve* adalah 0,88, komponen *Cylinder* sebesar 1,06 dan *piping* dengan nilai sebesar 0,70.

Peluang kegagalan bertujuan untuk mengetahui kelayakan sub-sistem dengan adanya kegagalan yang sering terjadi dalam periode tertentu. Pada penelitian ini menggunakan estimasi operasional mesin selama satu tahun. Hasil dari peluang terjadinya kegagalan adalah untuk *Solenoid Valve* adalah 0,12, komponen *Cylinder* sebesar 0,09 dan *piping*

dengan nilai sebesar 0,14. Semakin kecil nilai peluang kegagalan yang terjadi maka dianggap peralatan masih layak karena jarang terjadi kerusakan.

Perhitungan perkiraan terhadap konsekuensi dan risiko dilakukan untuk mengetahui nilai *system performance loss*. Nilai ini dipengaruhi oleh *lost revenue*, *engineer cost*, *material cost*, dan harga komponen.  $System\ performance\ loss = (MDT \times loss\ revenue) + (MTTR \times Engineer\ Cost) + Material\ Cost + Harga\ Komponen$ . Dari 3 komponen sub sistem yang diteliti menunjukkan bahwa komponen *piping* mempunyai nilai *loss* yang paling tinggi (Tabel 1). Nilai ini berbanding dengan nilai perhitungan risiko dimana komponen *piping* mempunyai risk sebesar Rp 1.528.141.797.740 (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana dengan menggunakan RBM dapat diketahui nilai risiko masing-masing komponen yang diteliti (Islamy et al., 2019; Putra et al., 2018) sehingga memudahkan pihak manajemen dalam memprioritaskan kebijakan perawatan yang akan diterapkan. Risiko kegagalan peralatan yang terjadi akan berdampak pada rata-rata biaya tetap, biaya variabel dan waktu tidak beroperasi suatu proses produksi (Hu et al., 2009).

Tabel 1.  
Perhitungan *System Performance Loss*

Subsistem	DT	MTTR	Loss of Revenue	Engineer Cost	Material Cost	Harga Komponen	System Performance Loss
<i>Solenoid Valve</i>	1898	59,39	Rp 3.019.200.000	Rp 21.230	Rp 867.000	Rp 8.950.000	Rp 5.730.452.677.850
<i>Cylinder</i>	740	43,11	Rp 3.019.200.000	Rp 21.230	Rp 937.000	Rp 5.500.000	Rp 2.234.215.352.225
<i>Piping</i>	6265	21,86	Rp 3.019.200.000	Rp 21.230	Rp 912.000	Rp 10.000.000	Rp 10.915.298.555.280

Tabel 2.  
Perhitungan Risiko

<i>subsistem</i>	<i>System Performance Loss</i>	<i>Q(T)</i>	<i>Risk</i>
<i>Solenoid Valve</i>	Rp 5.730.452.677.850	0,12	Rp 687,654,321,342
<i>Cylinder</i>	Rp 2.234.215.352.225	0,09	Rp 201,079,381,700
<i>Piping</i>	Rp 10.915.298.555.289	0,14	Rp 1,528,141,797,740
Total Risk			Rp 2.416.875.500.783

Perhitungan *Cost Of Failure* terdiri dari *Study Interval (hours)*, *Number of Failures*, *MTTF* dan *Failure Rate*. Komponen *Solenoid Valve* mempunyai *study interval* ditetapkan sebesar 8784 jam, *Number of Failures* sebesar 24, nilai *MTTF* sebesar 0,88 dan *Failure Rate* sebesar 1,14. Komponen *Cylinder* mempunyai *study interval* sebesar 8784 jam, *Number of Failures* sebesar 12, nilai *MTTF* sebesar 1,06 dan *Failure Rate* sebesar 0,94. Komponen *Piping* mempunyai *study interval* sebesar 8784 jam, *Number of Failures* sebesar 8, nilai *MTTF* sebesar 0,70 dan *Failure Rate* sebesar 1,43.

*Corrective Time Lost* komponen *Solenoid Valve* mempunyai *Failure Rate* sebesar 1,14, *Number of Failures* sebesar 24, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 59,39 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 1425,36. Komponen *Cylinder* mempunyai *Failure Rate* sebesar 0,94, *Number of Failures*

sebesar 12, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 43,11 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 517,32. Komponen *Piping* mempunyai *Failure Rate* sebesar 1,43, *Number of Failures* sebesar 8, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 21,86 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 174,88.

*Downtime Lost* Komponen *Solenoid Valve* mempunyai *Failure Rate* sebesar 1,14, *Number of Failures* sebesar 24, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 1898 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 4552. Komponen *Cylinder* mempunyai *Failure Rate* sebesar 0,94, *Number of Failures* sebesar 12, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 740 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 8880. Komponen *Piping* mempunyai *Failure Rate* sebesar 1,43, *Number of Failures* sebesar 8, nilai *Corrective Time/Hours* sebesar 6265 dan *Corrective Lost Time Hrs/Years* sebesar 50120.

Tabel 3.  
*Corrective Time COUR*

	<i>Solenoid Valve</i>	<i>Cylinder</i>	<i>Piping</i>
<i>Corrective Lost Time Hrs/Years</i>	1425,36	517,32	174,88
<i>Loss Profit</i>	Rp 4.303.446.912.000	Rp 1.561.892.544.000	Rp 527.997.696.000
<i>Equipment / Sparepart Cost</i>	Rp 12.756.972.000	Rp 2.845.260.000	Rp 1.748.800.000
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 30.260.392.80	Rp 10.982.703.60	Rp 3.712.702.40
<i>Corrective COUR</i>	Rp 4.316.234.144.392.80	Rp 1.564.748.786.703.60	Rp 529.750.208.702.40

Tabel 4.  
*Downtime COUR*

	<i>Solenoid Valve</i>	<i>Cylinder</i>	<i>Piping</i>
<i>Downtime Lost Time / Year (hours)</i>	45552	8880	50120
<i>Loss Profit</i>	Rp 137.530.598.400.000	Rp 26.810.496.000.000	Rp 151.322.304.000.000
<i>Equipment / Sparepart Cost</i>	Rp 407.690.400.000	Rp 48.840.000.000	Rp 501.200.000.000
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 967.068.960	Rp 188.522.400	Rp 1.064.047.600
<i>Downtime COUR</i>	Rp 137.939.255.868.960	Rp 26.859.524.522.400	Rp 151.824.568.047.600

Perhitungan terakhir dalam COUR adalah *money lost*. Dimana pada *money lost* terdapat *corrective COUR* dan *downtime COUR*. Nilai *corrective* paling besar pada komponen *Solenoid Valve* (Tabel 3) dan *downtime COUR* terbesar terjadi pada komponen *piping* (Tabel 4). COUR digunakan untuk menghitung biaya ketidakandalan dari sistem *Pneumatic* didapatkan biaya sebesar Rp 6,410,733,139,799 untuk *Corrective COUR* dan biaya *downtime COUR* yang terjadi yaitu sebesar Rp 316,623,348,438,960 sehingga terdapat selisih biaya perawatan sebesar Rp 310,212,615,299,161.

Tingginya biaya *downtime COUR* bisa menjadi perhatian pihak manajemen karena dengan meminimalkan potensi *downtime* yang terjadi akan berdampak pada penghematan biaya *downtime*. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem *pneumatic* belum berjalan dengan efektif dan membutuhkan model kebijakan perawatan yang sesuai dengan kondisi peralatan (Maryami et al., 2019).

#### E. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perhitungan menggunakan *Risk Based Maintenance* menunjukkan komponen *piping* merupakan komponen yang menyumbang *system*

*performance loss* paling besar diantara sub sistem dalam peralatan *pneumatic*. *Loss* yang terjadi berdampak pada tingginya risiko yang dialami pada subsistem *piping*. Secara keseluruhan konsekuensi dan resiko yang dihasilkan oleh sistem *pneumatic* adalah sebesar Rp 2,416,875,500,783. Biaya *unreliability* sistem *pneumatic* terhadap kegagalan yang terjadi menunjukkan nilai *downtime* lebih besar daripada nilai *corrective*. Nilai ini menunjukkan sistem yang berjalan masih belum efektif sehingga perlu dilakukan sistem *maintenance* yang lebih terencana. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada model *maintenance* masing-masing subsistem dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* untuk menentukan jenis perawatan sesuai dengan karakteristik setiap komponen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhikary, P., Roy, P. K., & Mazumdar, A. (2015). Maintenance Contractor Selection for Small Hydropower Project: a Fuzzy Multi-Criteria Optimization Technique Approach. *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, 9(2), 174–181.  
<https://doi.org/10.15866/ireme.v>



- 9i2.5319
- alhilman, J. (2017). Cost of unreliability method to estimate loss of revenue based on unreliability data: Case study of Printing Company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 277, 12072.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/277/1/012072>
- Arunraj, N. S., & Maiti, J. (2010). Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming. *Safety Science*, 48(2), 238–247.  
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.09.005>
- Bertolini, M., Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2009). Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(2), 244–253.  
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.01.003>
- Bintarum, S., Alhilman, J., & Supratman, N. A. (2018). Usulan Interval Waktu Perawatan Dan Penilaian Biaya Ketidakandalan Excavator Kobelco Sk200 Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (rbm) Dan Cost Of Unreliability (cour) Di Po Rajawali Project. *EProceedings of Engineering*, 5(2), 2926–2933.  
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6991>
- Brown, S. J., & Le May, I. (2000). Risk-Based Hazardous Release Protection and Prevention by Inspection and Maintenance. *Journal of Pressure Vessel Technology*, 122(3), 362–367.  
<https://doi.org/10.1115/1.55619>
- 3
- Chiodo, E., & Lauria, D. (2015). Some Basic Properties of the Failure Rate of Redundant Reliability Systems in Industrial Electronics Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(8), 5055–5062.  
<https://doi.org/10.1109/TIE.2015.2404306>
- Hu, H., Cheng, G., Li, Y., & Tang, Y. (2009). Risk-based maintenance strategy and its applications in a petrochemical reforming reaction system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 392–397.  
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.02.001>
- Islamy, M. R., Budiasih, E., & Pamoso, A. (2019). Usulan Kebijakan Perawatan Mesin Bartek Pada Proses Produksi Esgotado Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM). *EProceedings of Engineering*, 6(2), 7466–7473.  
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/10962>
- Izzaqi, P. D., Alhilman, J., & Pamoso, A. (2019). Penilaian Kinerja Berbasis Reliability Menggunakan Metode Cost of Unreliability (Cour) Pada Mesin Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper Di PT Xyz. *Jurnal PASTI*, 13(2), 167–176.  
<https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i2.006>
- Khan, F. I., & 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), 561–573.  
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.200>

- 3.08.011
- Khan, F. I., & Haddara, M. R. (2004). Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities. *Journal of Hazardous Materials*, 108(3), 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.01.011>
- Krishnasamy, L., Khan, F., & Haddara, M. (2005). Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18(2), 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.01.002>
- Leoni, L., BahooToroody, A., De Carlo, F., & Paltrinieri, N. (2019). Developing a risk-based maintenance model for a Natural Gas Regulating and Metering Station using Bayesian Network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 57, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.11.003>
- Maryami, W. R., Alhilman, J., & Athari, N. (2019). Analisis Umur Mesin, Maintenance Crew, Serta Total Money Lost Menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) Dan Cost Of Unreliability (COUR) Pada Mesin Eurosicma E75 DS (4)/A Di PT Konimex. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 6(1), 24–30. <https://doi.org/10.25124/jrsi.v6i1.335>
- Putra, G. A., Budiasih, E., & Pamoso, A. (2018). Penerapan Metode Reliability-centered Maintenance Dan Risk-based Maintenance Untuk Usulan Kebijakan Maintenance Komponen Kritis Sistem Reformer (studi Kasus: Pt Pupuk Kalimantan Timur). *EProceedings of Engineering*, 5(3), 6742–6749. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/7889>
- Setiawan, D., & Al Ghofari, A. K. (2019). Usulan Perancangan Pemeliharaan Mesin Ajl Tsudakoma Za-205 Dengan Metode Risk Based Maintenance Dan Cost Of Unreliability (Studi Kasus: PT XYZ). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://eprints.ums.ac.id/79054/>
- Sihombing, R. A., Atmaji, F. T. D., & Budiasih, E. (2018). Usulan Kebijakan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin Ila-0005 L-turning Grooves Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (rbm) Dan Cost Of Unreliability Di Pt. xyz. *EProceedings of Engineering*, 5(2), 2944–2951. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6993>
- Vicente, F. (2012). Assessing the cost of unreliability in gas plant to have a sustainable operation. *2012 Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings (PCIC EUROPE)*, 1–11. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6243271>