

**USULAN KEBIJAKAN PERAWATAN OPTIMAL PADA *HYDRAULIC LUBRICATION PNEUMATIC (HLP) SYSTEM* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DAN *RISK BASED MAINTENANCE (RBM)* DI PT KRAKATAU STEEL (PERSERO), TBK**

***PROPOSED OF OPTIMAL MAINTENANCE POLICY IN HYDRAULIC LUBRICATION PNEUMATIC (HLP) SYSTEM USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) AND RISK BASED MAINTENANCE (RBM) AT PT KRAKATAU STEEL (PERSERO), TBK***

<sup>1</sup>Nadia Ulfa, <sup>2</sup>Judi Alhilman, <sup>3</sup>Nopendri

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>[nadiaaaulfa@gmail.com](mailto:nadiaaaulfa@gmail.com), <sup>2</sup>[judi.alhilman@gmail.com](mailto:judi.alhilman@gmail.com), <sup>3</sup>[nopendri@telkomuniversity.ac.id](mailto:nopendri@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak**

Industri baja merupakan salah satu bagian dari industri strategis di Indonesia. PT Krakatau Steel (Persero) merupakan salah satu perusahaan penghasil baja terbesar di Indonesia. *Hot Strip Mill* merupakan fasilitas produksi perusahaan yang memiliki kapasitas produk tertinggi sebesar 1,55 juta ton, yang menghasilkan *Hot Rolled Coil (HRC)* dan *Hot Rolled Plate (HRP)*. *Hydraulic Lubrication Pneumatic (HLP)* berfungsi dalam menghilangkan *scale* selama proses pembuatan HRC dan HRP, sehingga HLP harus mampu dioperasikan secara optimal guna mencegah terjadinya kerusakan yang menghambat proses produksi. Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Risk Priority Number*, *Water System* terpilih sebagai subsistem kritis yang perlu ditentukan kebijakan perawatan yang sesuai dengan karakteristik kerusakan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* serta konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan menggunakan metode *Risk Based Maintenance (RBM)*. Hasil pengolahan didapatkan kegiatan *preventive maintenance* yang tepat yaitu 12 *scheduled on-condition tasks*, 14 *scheduled restoration tasks*, dan 1 *scheduled discard tasks*. Interval waktu perawatan tiap subsistem berbeda-beda sesuai dengan *task* yang diperoleh. Hasil dari metode RBM diperoleh nilai risiko sebesar Rp Rp 70.465.063.812,86. Total biaya perawatan usulan didapatkan berdasarkan interval waktu yang optimal yaitu sebesar biaya perawatan usulan adalah sebesar Rp 227.703.139.578,47.

**Kata kunci:** *Maintenance, Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Risk Based Maintenance*

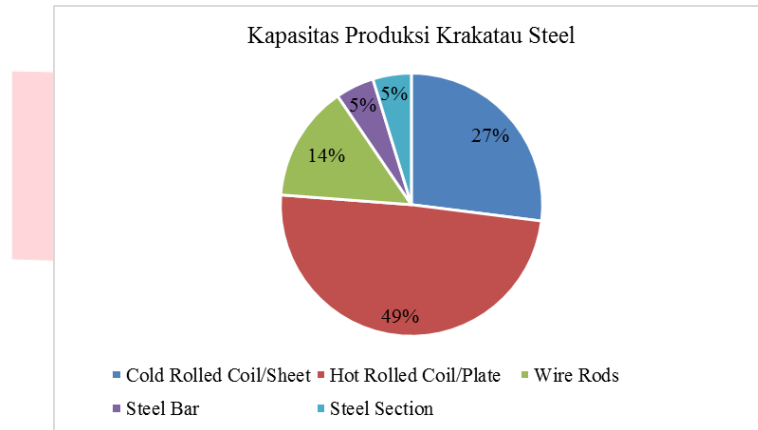
**Abstract**

*Steel industry is one of strategic industry in Indonesia. PT Krakatau Steel (Persero) Tbk is one of the largest steel maker in Indonesia. Hot Strip Mill has the highest production capacity compared to others, it is 1.55 million tons a year, to produces products of Hot Rolled Coil (HRC) and Hot Rolled Plate (HRP). Hydraulic Lubrication Pneumatic (HLP) has a function in scale removing during HRC and HRP being produced, therefore HLP must be optimally operated to prevent the damage of the system. After the calculate using Risk Priority Number method, it was found that the Water System was chosen as a critical system not only needs to be determined the optimal of preventive maintenance using Reliability Centered Maintenance (RCM) method, but also the consequences and risks caused by damage using Risk Based Maintenance (RBM) method. The results of RCM calculation it was obtained the optimal of preventive maintenance tasks, there are 12 of scheduled on-condition tasks, 14 of scheduled restoration tasks, and 1 of scheduled discard tasks. The interval of each subsystem depends on the task that had been determining. According to the result of RBM method, the risk value of the subsystem is Rp 70.465.063.812,86 Total cost of maintenance based on the task that had been determining, the mount of the total cost is Rp 227.703.139.578,47.*

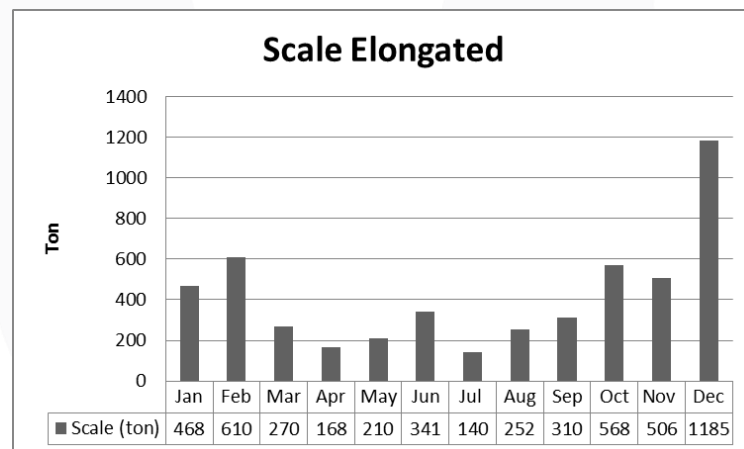
**Key words:** *Maintenance, Preventive Maintenance, Reliability-Centered Maintenance, Risk Based Maintenance.*

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi serta penduduk di Indonesia, mengindikasikan bahwa Indonesia adalah negara yang berkembang sehingga diperlukan pembangunan ekonomi yang baik guna mencapai kesejahteraan masyarakat. Industri baja merupakan salah satu bagian dari industri strategis di Indonesia, berupa industri logam dasar. PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. merupakan salah satu perusahaan penghasil baja terbesar di Indonesia. Dengan kapasitas produksi yang mencapai 3,15 juta ton per tahun, perusahaan menghasilkan produk-produk unggulannya dan menjadi produsen baja dengan kapasitas terbesar di seluruh Indonesia. Salah satu fasilitas produksi perusahaan dalam proses produksi besi dan baja yaitu Pabrik Baja Lembaran Panas (*Hot Strip Mill*), memiliki kapasitas produksi tertinggi dibandingkan pabrik pada Krakatau Steel (Persero), Tbk. lainnya yaitu sebesar 1,55 juta ton pertahunnya, dengan menghasilkan produk HRC (*Hot Rolled Coil*) dan HRP (*Hot Rolled Plate*). Pada Gambar 1 menunjukkan kapasitas produksi pada perusahaan.



Gambar 1 Kapasitas Produksi PT Krakatau Steel (Persero) Tbk



Gambar 2 Grafik *Scale Elongated* Tahun 2016

Pada Gambar 2 menunjukkan jumlah data klaim yang diterima oleh perusahaan atas produk *reject* yang disebabkan adanya *scale* pada hasil produk. Produk *reject* ini dapat menimbulkan kerugian terhadap perusahaan, antara lain produsen dapat mengembalikan barang ke perusahaan dengan biaya-biaya yang harus dikeluarkan dan nilai denda yang harus diberikan perusahaan terhadap produsen. *Scale* merupakan suatu lapisan endapan/kerak berwarna hitam yang muncul pada permukaan baja diakibatkan pada saat proses pembentukan.

*Hydraulic Lubrication Pneumatic* (HLP) merupakan suatu sistem mesin yang berfungsi dalam penghilangan *scale* selama proses pembuatan HRC/HRP, maka HLP harus mampu dioperasikan secara optimal untuk dapat menghasilkan produk dengan mutu tinggi dan memuaskan keinginan customer. Oleh karena itu, diperlukan adanya kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang optimal guna mencegah terjadinya kerusakan yang menghambat proses produksi. Berdasarkan hasil penentuan sistem kritis, *Water System* terpilih sebagai sistem kritis yang perlu ditentukan kebijakan perawatan yang sesuai dengan karakteristik kerusakan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) serta konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM).

## 2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

### 2.1 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM merupakan suatu metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang berkenaan dengan keandalan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien, dan mudah untuk dilaksanakan [1]. Metode RCM terdapat 7 tahapan (Moubray, 1991), yaitu :

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
2. Definisi batasan sistem
3. Deskripsi sistem
4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
6. *Logic Tree Analysis* (LTA)
7. *Task Selection* (Pemilihan Kebijakan Perawatan)

### 2.2 Preventive Tasks

Metode RCM membagi *preventive tasks* ke dalam tiga kategori (Moubray, 1991), yaitu *Scheduled On-condition Tasks*, *Scheduled Restoration Tasks*, dan *Scheduled Discard Tasks* [10].

### 2.3 Risk Priority Number

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi komponen kritis dari suatu sistem, karena tidak semua sistem memiliki tingkat kekritisitas yang sama [6]. Perhitungan RPN ini didasarkan pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

### 2.4 Risk Based Maintenance (RBM)

RBM merupakan suatu metode kuantitatif hasil integrasi antara pendekatan reliabilitas dan strategi pendekatan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* yang optimal. 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 [2].

## 3 Pembahasan

### 3.1 Penentuan Sistem Kritis pada HLP System

Pada HLP terdapat beberapa sistem pendukung guna mendukung proses kerja HLP ini antara lain *Pneumatic System*, *Lubrication System*, *Hydraulic System*, dan *Water System*. Adapun penentuan sistem kritis tersebut dengan menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN), setelah dianalisis ditunjukkan bahwa sistem yang memiliki risiko tertinggi adalah *Water System* yaitu sebesar 441. Penilaian dilakukan secara subjektif oleh pegawai bagian produksi pada perusahaan.

### 3.2 Penentuan Distribusi Time to Failure Subsistem Kritis

Penentuan distribusi *Time to Failure* dilakukan menggunakan data historis kerusakan HSM dari perusahaan. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari Januari 2016 – Desember 2016. Perhitungan *Time to Failure* (TTF) pada *Water System* menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan *tools software* Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Distribusi Time to Failure dan MTTF Water System

| Subsistem         | Distribusi | Parameter |         | MTTF (hour) |
|-------------------|------------|-----------|---------|-------------|
| Work Roll Cooling | Weibull    | $\eta$    | 329,089 | 305,755     |
|                   |            | $\beta$   | 1,26379 |             |
| Water Descaler    | Weibull    | $\eta$    | 382,088 | 346,782     |
|                   |            | $\beta$   | 1,44002 |             |
| Pompa Power Water | Weibull    | $\eta$    | 230,733 | 218,553     |
|                   |            | $\beta$   | 1,16927 |             |

Distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem *Work Roll Cooling*, *Water Descaler*, dan *Pompa Power Water* berdistribusi Weibull yang seluruh subsistem memiliki nilai parameter  $\beta > 1$  yang berarti subsistem memiliki laju kerusakan tinggi dikarenakan usia mesin yang berada pada fasa *wear out*.

### 3.3 Penentuan Distribusi Time to Repair Subsistem Kritis

Penentuan distribusi *Time to Repair* dilakukan menggunakan data historis kerusakan HSM dari perusahaan. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari Januari 2016 – Desember 2016. Perhitungan *Time to Repair* (TTR) pada *Water System* menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan tools software Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Distribusi Time to Repair dan MTTR Water System

| Subsistem                | Distribusi | Parameter |         | MTTR (hour) |
|--------------------------|------------|-----------|---------|-------------|
| <i>Work Roll Cooling</i> | Weibull    | $\eta$    | 1,11868 | 1,018       |
|                          |            | $\beta$   | 1,41415 |             |
| <i>Water Descaler</i>    | Weibull    | $\eta$    | 1,04455 | 0,950       |
|                          |            | $\beta$   | 1,42111 |             |
| <i>Pompa Power Water</i> | Weibull    | $\eta$    | 1,602   | 1,553       |
|                          |            | $\beta$   | 1,08577 |             |

Distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem *Work Roll Cooling*, *Water Descaler*, dan *Pompa Power Water* berdistribusi Weibull yang seluruh subsistem memiliki nilai parameter  $\beta > 1$  yang berarti subsistem memiliki laju kerusakan tinggi dikarenakan usia mesin yang berada pada fasa *wear out*.

### 3.4 Failure Mode and Analysis

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menjelaskan beberapa modus kegagalan yang mungkin dapat terjadi pada subsistem kritis terpilih serta dampak yang diperoleh. FMEA terdiri dari dua bagian, yaitu modus kegagalan dan dampak kegagalan. Modus kegagalan tersebut dijelaskan pada *Information Worksheet* RCM II.

### 3.5 Penentuan 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. Scheduled On-condition Tasks

Perhitungan interval waktu perawatan *Scheduled On-Condition Task* akan menggunakan pertimbangan P-F interval (*Potential Failure to Function Failure Interval*). Perhitungan interval waktu perawatan untuk *Scheduled On-condition* dilakukan dengan setengah dari P-F Interval.

#### 2. Scheduled Restoration Tasks dan Scheduled Discard Tasks

*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. Untuk perhitungan interval waktu perawatan *Scheduled Restoration Tasks* dan *Scheduled Discard Tasks* diperlukan parameter MTTF dan MTTR yang selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian akibat rusaknya komponen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. (Harvard, 2000)

$$C_f = C_r + T_f (C_o + C_w) \quad (1)$$

$$TM = \eta \cdot \left( \frac{CM}{C_f(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2)$$

Dengan :

$C_f$  = Biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen setiap siklus perawatan

$C_r$  = Biaya pergantian kerusakan komponen

$C_o$  = Biaya kerugian produksi (*hourly rate*)

$C_w$  = Biaya tenaga kerja

TM = *Initial Interval*

CM = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan ((biaya tenaga kerja + biaya *downtime*)MTTR + biaya material)

Tabel 3 Task dan Interval Waktu Perawatan Water System

| No. | Subsistem         | Information Reference |     |    | Task                         | TM (jam) |
|-----|-------------------|-----------------------|-----|----|------------------------------|----------|
|     |                   | F                     | FF  | FM |                              |          |
| 1   | Work Roll Cooling | 1                     | 1.1 | 1  | Scheduled On-condition Tasks | 152,878  |
|     |                   |                       | 1.2 | 2  | Scheduled On-condition Tasks | 152,878  |
|     |                   |                       | 1.3 | 3  | Scheduled Restoration Tasks  | 944,615  |
|     |                   |                       | 1.4 | 4  | Scheduled Restoration Tasks  | 944,615  |
|     |                   |                       | 1.5 | 5  | Scheduled Restoration Tasks  | 944,615  |
|     |                   |                       | 1.6 | 6  | Scheduled Restoration Tasks  | 944,615  |
| 2   | Water Descaler    | 2                     | 2.1 | 1  | Scheduled On-condition Tasks | 173,391  |
|     |                   |                       | 2.2 | 2  | Scheduled On-condition Tasks | 173,391  |
|     |                   |                       | 2.3 | 3  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
|     |                   |                       | 2.4 | 4  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
|     |                   |                       | 2.5 | 5  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
|     |                   |                       |     | 6  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
|     |                   |                       | 2.6 | 7  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
|     |                   |                       | 2.7 | 8  | Scheduled Restoration Tasks  | 675,692  |
| 3   | Pompa Power Water | 3                     | 3.1 | 1  | Scheduled Restoration Tasks  | 1054,034 |
|     |                   |                       |     | 2  | Scheduled Restoration Tasks  | 1054,034 |
|     |                   |                       | 3.2 | 3  | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       |     | 4  | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       |     | 5  | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       | 3.3 | 6  | Scheduled Discard Tasks      | 946,925  |
|     |                   |                       | 3.4 | 7  | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       | 3.5 | 8  | Scheduled Restoration Tasks  | 1054,034 |
|     |                   |                       | 3.6 | 9  | Scheduled Restoration Tasks  | 1054,034 |
|     |                   |                       | 3.7 | 10 | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       |     | 11 | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       |     | 12 | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |
|     |                   |                       | 3.8 | 13 | Scheduled On-condition Tasks | 109,276  |

### 3.6 Penentuan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya perawatan dihitung dari perawatan usulan telah ditentukan sebelumnya. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan rumus dibawah ini

$$TC = (CM + Cr).Fm \quad (3)$$

dengan :

CM = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan

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

Fm = Frekuensi pelaksanaan *preventive maintenance*

Dari hasil perhitungan, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* eksisting yang dilakukan sebesar Rp 315.292.368.885,52, sedangkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan terhadap task usulan yang telah dihitung didapatkan nilai sebesar Rp 227.703.139.578,47. Biaya *preventive maintenance* usulan lebih rendah daripada *preventive maintenance* eksisting menunjukkan interval waktu yang dikeluarkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan merupakan hasil yang optimal.

### 3.7 Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

Perhitungan risiko ini merupakan risiko yang diterima perusahaan ketika sistem mengalami kegagalan. Langkah pertama yang dapat dilakukan yaitu dengan menyusun skenario kegagalan, dengan memperlihatkan *failure mode* dan *failure effect*. Setelah menyusun skenario kegagalan, kemudian ditentukan seberapa besar nilai kegagalan tersebut.

Tabel 4 Normalisasi Konsekuensi Kegagalan

| No | Subsistem         | Kegagalan Fungsional yang mungkin terjadi |                   | Normalisasi Konsekuensi |
|----|-------------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1  | Work Roll Cooling | 1                                         | Nozzle tersumbat  | 8                       |
|    |                   | 2                                         | Bocor pada Header | 8                       |

Tabel 4 Normalisasi Konsekuensi Kegagalan (Lanjutan)

| No | Subsistem         | Kegagalan Fungsional yang mungkin terjadi |                                            | Normalisasi Konsekuensi |
|----|-------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|    |                   | 3                                         | Valve patah                                | 4                       |
|    |                   | 4                                         | Flank/Handle Bocor                         | 3                       |
|    |                   | 5                                         | Flow Meter Kotor                           | 8                       |
|    |                   | 6                                         | Control Valve Macet                        | 3                       |
| 2  | Water Descaler    | 7                                         | Nozzle Tersumbat                           | 8                       |
|    |                   | 8                                         | Bocor pada flank                           | 8                       |
|    |                   | 9                                         | Silinder tidak bisa di control             | 6                       |
|    |                   | 10                                        | Silinder tidak bisa di control             | 5                       |
|    |                   | 11                                        | Filter tersumbat                           | 8                       |
|    |                   | 12                                        | Filter tersumbat                           | 8                       |
|    |                   | 13                                        | Block Valve tidak bisa ditutup             | 6                       |
|    |                   | 14                                        | Block Valve tidak bisa dibuka              | 6                       |
| 3  | Pompa Power Water | 15                                        | Pompa memberikan cairan yang tidak memadai | 4                       |
|    |                   | 16                                        | Pompa memberikan cairan yang tidak memadai | 7                       |
|    |                   | 17                                        | Driver (daya penggerak kelebihan beban)    | 3                       |
|    |                   | 18                                        | Driver (daya penggerak kelebihan beban)    | 3                       |
|    |                   | 19                                        | Tekanan pada discharge pompa berlebihan    | 2                       |
|    |                   | 20                                        | Temperatur pada bearing berlebihan         | 8                       |
|    |                   | 21                                        | Kebocoran pada pompa                       | 4                       |
|    |                   | 22                                        | Kebocoran berlebihan pada shaft            | 4                       |
|    |                   | 23                                        | Pompa berjalan dengan kasar/buruk          | 8                       |
|    |                   | 24                                        | Suhu berlebihan didalam pompa              | 8                       |

Tabel 4 memperlihatkan berapa nilai setiap masing-masing kerusakan. Rentang nilai pada normalisasi kerusakan yaitu dari 0 – 10. Nilai nol merupakan kerusakan yang tidak menyebabkan pengaruh terhadap kegiatan operasional perusahaan. Akan tetapi, sepuluh merupakan nilai tertinggi yang berarti dengan adanya kerusakan tersebut dapat menghentikan proses produksi pada perusahaan. Langkah ketiga dalam menentukan risiko antara lain menghitung *probabilistic hazard assessment* yang dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis (FTA)*, yaitu analisis gambaran skenario kerusakan yang mungkin terjadi pada subsistem kritis.

Lalu dilakukan perhitungan *quantitative hazard assessment*, dengan perhitungan risiko diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Risk = Probability of Failure \times System Performance Loss \quad (4)$$

$$System Performance Loss = (Downtime \times Loss of Revenue) + (MTTR \times Engineer Cost) + Material Cost + Harga Komponen \quad (5)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Risk* pada *Water System* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Risiko Akibat Kerusakan Subsistem Kritis

| No           | Subsistem         | System Performance Loss | Q(T)   | Risk Estimation             |
|--------------|-------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|
| 1            | Work Roll Cooling | Rp 10.758.696.018,03    | 0,6418 | Rp 6.904.736.254,23         |
| 2            | Water Descaler    | Rp 13.240.979.331,14    | 0,5644 | Rp 7.473.153.367,62         |
| 3            | Pompa Power Water | Rp 71.320.713.961,15    | 0,7864 | Rp 56.087.174.191,01        |
| <b>Total</b> |                   |                         |        | <b>Rp 70.465.063.812,86</b> |

#### 4 Kesimpulan

Melalui hasil penelitian dan analisis serta pembahasannya, didapatkan kegiatan *preventive maintenance* yang tepat untuk subsistem kritis pada *Water System* yaitu 12 *scheduled on-condition tasks*, 14 *scheduled restoration tasks*, dan 1 *scheduled discard tasks*. Subsistem yang dikategorikan sebagai subsistem dari subsistem kritis antara lain *Work Roll Cooling*, *Water Descaler*, dan *Pompa Power Water*. Total biaya perawatan untuk *Water System* dapat dihitung setelah ditentukan interval perawatan waktu yang optimal. Kegiatan *preventive maintenance* ini membutuhkan biaya sebesar Rp 227.703.139.578,47. Dengan perhitungan dengan metode *Risk Based Maintenance* (RBM), perhitungan konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan dapat dihitung. Sehingga diperoleh nilai risiko sebesar Rp 70.465.063.812,86 jika subsistem atau mesin mengalami kerusakan.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. R. Eliyus and J. Alhilman, "Estimasi Biaya Maintenance Yang Optimal Dengan ( Studi Kasus : Pt Toa Galva )," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, pp. 48–54, 2014.
- [2] Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Khan, F. I. and Haddara, M. R. (2004) 'Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities', *Journal of Hazardous Materials*, 108(3), pp. 147–159. doi: 10.1016/j.jhazmat.2004.01.011.
- [4] Moubray, John. (1991). *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: ButterworthHeinemann, Ltd.
- [5] N. A. S. Saputra, Muhammad Tamami Dwi, Judi Alhilman, "Maintenance Policy Suggestion on Printing Machine GOSS Universal Using Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis And Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *Int. J. Innov. Enterp. Syst.*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [6] Havard, T.J., (2000). *Determination of a Cost Optimal, Predetermined Maintenance Schedule*.
- [7] J. Alhilman, R. Saedudin, and F. Tatas, "LCC application for estimating total maintenance crew and optimal age of BTS component," *Inf. Commun. Technol.*, vol. 3, 2015.
- [8] Rahmawan, R. (2014). *Optimasi Kebijakan Perawatan Base Transceiver Station (BTS) dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT Telkomsel*. Bandung: Telkom University.
- [9] U. T. Kirana, "Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, 2016.
- [10] N. Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin KOMORI LS440 dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT ABC," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.