

PERENCANAAN KEGIATAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *REABILITY CENTERED MAINTENANCE II* PADA STASIUN KERJA PEMBUATAN *EQUALIZER BAR* DI PT. *TEXMACO PERKASA ENGINEERING* tbk

Perbu Kartika

Perbu_kartika@yahoo.com

Progam Studi Teknik Industri

Universitas Persada Indonesia Y.A.I

ABSTRAK

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

Penerapan Sistem *Preventive Maintenance* dapat mengidentifikasi downtime yang terjadi kemudian dibuat didalam perhitungan pengukuran downtime dengan identifikasi distribusi. Lalu di buat *FMECA* untuk mengetahui kegunaan komponen – komponen serta akibat kerusakannya, nilai *Risk Priority Number* yang paling besar yang akan menjadi prioritas pengerjaan.

Dengan menggunakan metode *RCM II (Reability Centered Maintenance II)* ini diharapkan dapat mengurangi resiko terjadinya downtime dan dapat meningkatkan kualitas mesin produksi serta dapat melakukan perawatan preventive yang terjadwal pada PT. *Texmaco Perkasa Engineering*.

Kata kunci : Preventive Maintenance, Identifikasi Distribusi, FMECA, RCM II

1.1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi akhir-akhir ini berjalan dengan pesat. Hal ini dapat dirasakan diberbagai kegiatan dan bidang kehidupan, khususnya bidang industri manufaktur. Perubahan teknologi yang dipergunakan dapat menimbulkan perubahan

dari komponen input yang digunakan serta output yang dihasilkan. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan produktivitas dan penggunaan teknologi tinggi yang berupa mesin dan fasilitas produksi maka kebutuhan akan fungsi perawatan akan semakin bertambah besar. Dalam usaha

untuk dapat terus menggunakan fasilitas produksi agar kontinuitas produksi dapat terjamin, maka direncanakanlah kegiatan perawatan yang dapat menunjang keandalan suatu mesin atau fasilitas produksi. Keandalan mesin dan fasilitas produksi merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kelancaran proses produksi serta produk yang dihasilkan. Keandalan ini dapat membantu untuk memperkirakan peluang suatu komponen mesin untuk dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan dalam periode tertentu. pemeliharaan mesin adalah hal yang sangat penting bagi kelangsungan proses produksi, dengan pemeliharaan mesin yang terencana akan mengurangi dampak buruk terhadap mesin yaitu mencegah terjadinya *breakdown*.

- **Perumusan Masalah**

Menentukan jadwal interval waktu pergantian komponen kritis agar mesin tidak mengalami *downtime* yang akan menghambat jalannya proses produksi. Untuk itu diperlukan suatu kegiatan perawatan yang lebih terencana dan teratur sehingga kerusakan pada mesin dapat dicegah seminimum mungkin, dengan waktu *maintenance* yang lebih baik dan mengeluarkan biaya yang lebih optimal,

untuk itu penulis mengajukan sistem perawatan dengan metode RCM II diharapkan dapat memberikan sistem perawatan yang lebih optimal.

- **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan mesin kritis dan komponen kritis di stasiun kerja *Equalizer Bar*.
2. Menentukan penyebab kerusakan mesin dan membuat *schedule maintenance* yang lebih optimal dan komponen kritis berdasarkan *reability centered maintenance II* (RCM II).
3. Menentukan jadwal penggantian pencegahan.
4. Mengetahui biaya perawatan preventif dan korektif

2.1 Landasan Teori

Perawatan merupakan kegiatan untuk merawat atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya operasi produksi memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. “(Sofjan Assauri,1999).

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau

keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. (Drs. Harsono,1984 : 147)

Data yang digunakan dalam perhitungan dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu data diskrit dan data kontinyu. Data diskrit adalah data yang berupa atribut (seperti baik atau buruk, tolak atau terima), atau kejadian (seperti kecelakaan, kelahiran). Sedangkan data kontinyu adalah yang merupakan hasil dari perhitungan kuantitas. Karena data waktu kerusakan merupakan hasil pengukuran maka data yang digunakan dalam perhitungan kerusakan dan reabilitas adalah kontinyu, sehingga distribusi yang sesuai dengan data kontinyu yaitu distribusi eksponensial weibull, dan log normal, sedangkan data *Downtime* menggunakan distribusi eksponensial dan lognormal.

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam penyusunan laporan penelitian ini metode pengumpulan data dan informasi yang berkaitan dengan masalah – masalah yang dihadapi, diperoleh dengan cara :

1. Studi Pustaka

Kegiatan mengumpulkan data dan informasi yang diperoleh berdasarkan landasan teori, serta bahan-bahan perkuliahan yang

berhubungan dengan pokok permasalahan yang dibahas pada laporan penelitian.

2. Interview

Dalam hal ini dilakukan dengan berinteraksi secara langsung kepada staf bagian produksi dan Maintenance yang dianggap dapat memberikan penjelasan tentang masalah yang sedang diteliti.

3.2 Desain Penelitian

Pada teori yang telah dijelaskan dijadikan pedoman sebagai acuan untuk melakukan pemecahan masalah dalam penelitian karena keberhasilan suatu penelitian sangat dipengaruhi oleh penentuan tahapan dengan penentuan yang cermat. Tahapan proses ini dideskripsikan dalam suatu kerangka pemecahan masalah. Pada tahap ini merupakan kerangka pemecahan masalah yang berisikan penjelasan mengenai tahapan dari penelitian yang dilakukan. Adapun tahapan penelitian yang tersusun adalah sebagai berikut :

1. Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan, peneliti melakukan studi pustaka dan studi lapangan. Studi Pustaka Pada tahap ini peneliti melakukan studi pustaka dengan cara melakukan pengumpulan sementara dan referensi yang sesuai dengan topik

permasalahan yang akan diambil melalui buku-buku yang berhubungan dengan penelitian. Studi Lapangan Dalam hal ini peneliti melakukan peninjauan langsung ke pabrik dengan berinteraksi langsung kepada staf bagian produksi dan bagian Maintenance yang dianggap dapat memberikan penjelasan tentang masalah yang sedang diteliti.

2. Identifikasi Masalah

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah. Peneliti melakukan perumusan masalah yang terjadi pada suatu aktifitas kegiatan kerja, salah satunya yaitu bagaimana menyusun jadwal induk produksi yang tepat sehingga dapat menyelesaikan permasalahan Downtime mesin.

3. Tujuan penelitian

Dari perumusan masalah yang ditetapkan tujuan penelitian agar masalah yang diteliti mempunyai arah yang jelas dan tidak menyimpang dari jalur penelitian.

4. Pengumpulan data

Pada bab ini merupakan bagian pengumpulan data atau informasi yang nantinya akan diolah pada bagian pengolahan data. Dan berikut ini adalah data yang dikumpulkan oleh peneliti sebagai berikut :

- Data Primer

Dilakukan untuk membantu proses pengolahan data pada tahap berikutnya. Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan kepala bagian produksi dan *maintenance* serta dokumentasi perusahaan. Berikut adalah data-datanya :

1. Data mesin dan komponen mesin.
2. Data frekuensi kegagalan.
3. Data historis total *downtime* mesin.
4. Data historis total *downtime* komponen mesin.
5. Data kegagalan dan penyebab kegagalan.
6. Data waktu antar kerusakan mesin dan waktu perbaikan.
7. Data biaya tenaga kerja.
8. Data harga barang jadi.

- Data Sekunder

Dilakukan untuk memberikan pemahaman mengenai keadaan perusahaan secara umum untuk membantu penelitian yang sesuai dengan kebutuhan dan keadaan perusahaan.

Data sekunder yang dikumpulkan meliputi :

1. Sejarah perusahaan
2. Struktur organisasi
3. Aktivitas perusahaan
4. Proses produksi

5. Pengolahan Data

Setelah melakukan pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah bagian pengolahan data. Bagian ini merupakan pengolahan data mengenai Penentuan Mesin Kritis, penentuan mesin kritis, uji penentuan distribusi, uji kecocokan distribusi, uji MTTR dan MTTF, menentukan interval penggantian dengan Age Replacement, menentukan Availability, dan menentuka total harga Preventive maintenance dan corrective maintenance.

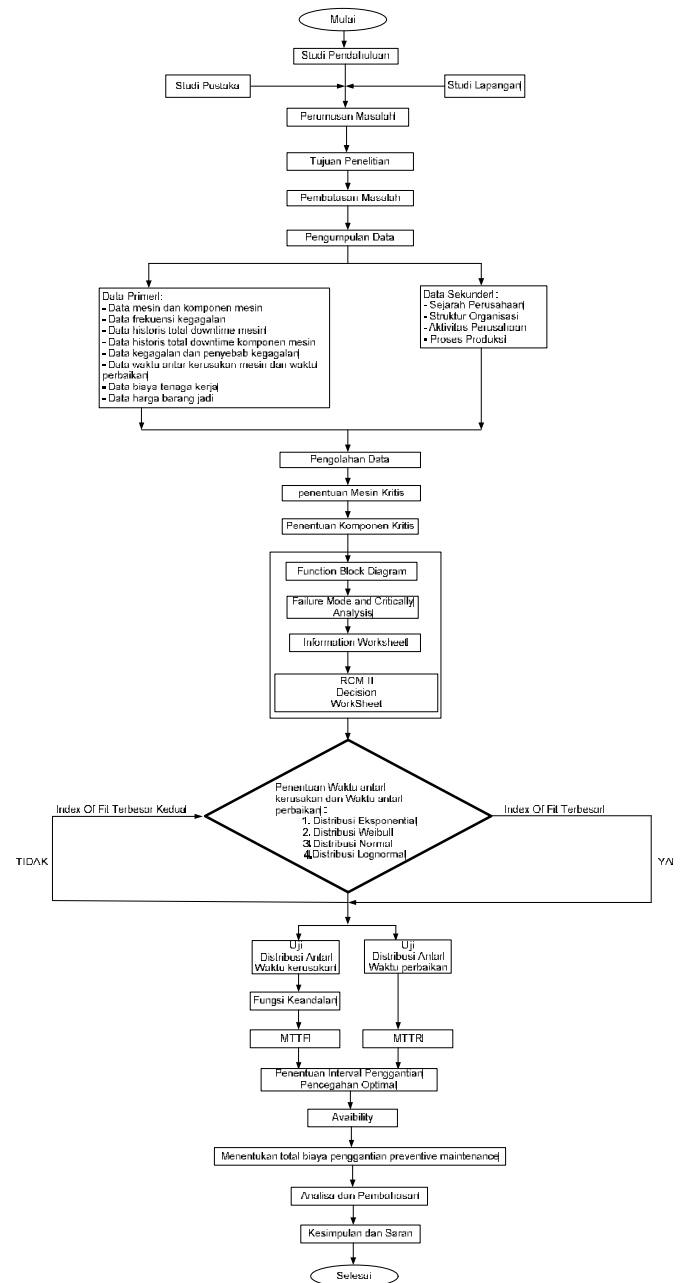
6. Analisis dan Pembahasan

Tahap selanjutnya adalah bagian analisis dan pembahasan. Pada bagian ini dilakukan untuk memperjelas permasalahan yang ada berdasarkan pada maksud dan tujuan penelitian ini dilakukan. Pada tahap ini dilakukan pembahasan menghitung Mesin Kritis, penentuan mesin kritis, uji penentuan distribusi, uji kecocokan distribusi, uji MTTR dan MTTF, menentukan interval penggantian dengan Age Replacement, menentukan Availability, dan menentuka total harga Preventive maintenance.

7. Kesimpulan dan saran

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan, maka tahap terakhir adalah

kesimpulan dan saran. Merupakan bagian penutup yang berisikan kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah

4.1 Pengolahan Data

Stasiun *Equalizer bar* merupakan stasiun pembuatan *Spare part* alat berat *Exavator*, yang nantinya material tersebut akan menjadi *Equalier bar*.

Tabel dibawah ini adalah data downtime mesin distasiun *Equalizer bar* selama periode bulan januari 2012 – januari 2013.

Tabel 4.2 Data Downtime Mesin di stasiun *Equalizer bar*

| No | Nama Mesin | Downtime (Menit) | Downtime (Jam) |
|--------------|----------------|--------------------|------------------|
| 1 | Mazak H.1000-1 | 5402.7 | 90.04 |
| 2 | Textron | 4018 | 66.96 |
| 3 | Mazak H.1000-2 | 3073.5 | 51.22 |
| 4 | Mazak H.1000-3 | 2813 | 46.88 |
| Total | | | 255.1 |

Sumber : Data Perusahaan

| No | Nama Komponen | Downtime (Jam) |
|--------------|----------------------------|------------------|
| 1 | Valve Z Axis | 18.33 |
| 2 | Pbc Encoder | 17.96 |
| 3 | Ball Screw | 11.45 |
| 4 | Proximity | 9.89 |
| 5 | Magazine Drive Malfingtion | 8.56 |
| 6 | Pallet | 7.20 |
| 7 | Mayor Belt | 6.18 |
| 8 | Moulding | 4.67 |
| 9 | Bearing | 4.12 |
| 10 | Bevel Gear | 2.80 |
| 11 | Gear Box | 1.79 |
| Total | | 92.95 |

| No | Nama Komponen | Downtime (Jam) |
|--------------|------------------------|------------------|
| 1 | Pump Motor Lubricasion | 21.58 |
| 2 | Clutch | 18.16 |
| 3 | Headstock Vertical | 10.35 |
| 4 | Pulley | 7.3 |
| 5 | Bearing | 4.5 |
| 6 | Cutter | 2.44 |
| 7 | Belt Conveyyor | 2.57 |
| Total | | 66.90 |

Downtime komponen Valve Z Axis

Tabel 4.10 FMECA Mesin *Mazak H.1000-1*

| Component | Function | Function Failure | Failure Mode | Failure Effect | FMECA Scoring | | | | | | | |
|--------------|----------|--------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|--|---|--|---|---|---|-----|
| | | | | | S | O | D | RPN | | | | |
| Valve Z Axis | 1 | Alat pemutar motor mesin | A | Valve Z avis tidak berputar | 1 | Valve Z Axis tidak dapat bergerak atau macet | 1 | Bila Valve Z Axis ini disebabkan Valve patah dan mesin Mazak H.1000-1 tidak dapat berjalan, hal ini harus segera diperbaiki dengan cara menyambung Valve yang patah waktu perbaikan 1-4 jam | 8 | 8 | 4 | 256 |
| | | | B | Valve Patah | | | | | 8 | 8 | 3 | 192 |
| Pbc Encoder | 1 | Alat Pengatur Putaran | A | Pbc Encoder Terbakar | 1 | Salah satu sub komponen Pbc Encoder macet atau rusak | 1 | Bila salah satu subpart bergeser atau macet dari posisinya yang akan mengakibatkan Pbc Encoder rusak dan bila tidak langsung diperbaiki Pbc Encoder akan terbakar sehingga mesin Mazak H.1000-1 akan mati. | 8 | 9 | 3 | 216 |
| Ball Screw | 1 | Pelicin Gerakan Putaran | A | Ball Screw Mati | 1 | Ball Screw macet | 1 | Ketika Ball Screw mengalami trouble, mengakibatkan Ball Screw tidak dapat berjalan bahkan | 6 | 7 | 3 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---------------------------------|---------------|--|---|---|---|-----|
| | | | | | | | langsung mati | | | | | |
| | | | | Ball Screw Bocor | | Packing Seal aus atau rusak | 2 | Ketika Ball Screw bocor Ball Screw dapat berjalan seperti biasanya namun lama kelamaan dapat mengakibatkan rusaknya Ball Screw itu sendiri. | 7 | 7 | 3 | |
| Proximity | 1 | Penggerak dari Pbc Encoder ke Magazine Drive Malfington | A | Proximity tidak dapat mentransmisikan daya dari Pbc Encoder | 1 | Proximity Patah | 1 | Jika proximity patah, mesin tidak dapat berfungsi karena tidak mendapat daya dan Pbc Encoder akan berhenti. Waktu perbaikan 2-5 jam | | | | |
| | | | | | 2 | Proximity rusak atau kendur | 1 | Jika proximity rusak atau kendur, Pbc Encoder bisa jalan namun daya yang ditransmisikan oleh Pbc encoder tidak maksimal | 6 | 7 | 5 | 210 |
| Magazine Drive Malfington | 1 | Penghubung antara valve Z Axis dan Pbc Encoder | A | Magazine Drive Malfington tidak dapat berputar | 1 | Magazine Drive Malfington Macet | 1 | Jika Magazine Drive Malfington macet akan dapat mempengaruhi kerja Valve Z Axis dan Ball Screw sehingga mesin Mazak H.1000-1 tidak dapat berjalan secara maksimal. | 8 | 7 | 2 | 112 |

Tabel 4.11 FMECA Mesin *Textrone*

| Component | Function | Function Failure | Failure Mode | Failure Effect | FMECA Scoring | | | | | | | |
|------------------------|----------|--|--------------|--|---------------|--|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | S | O | D | RPN | | | | |
| Pump Motor Lubrication | 1 | Sebagai Motor Penggerak mesin Textrone | A | Temperatur mesin yang terlalu rendah atau terlalu tinggi | 1 | Pump Motor Lubrication kurang efektif menjalankan mesin Textrone | 1 | Akan menyebabkan Pump Motor Lubrication menjadi kurang efektif dalam menjalankan mesin Textrone dan memutar Clutch. Sehingga akibat Clutch berputar tidak sesuai dengan standar maka material akan mengalami goresan dan cacat. | 9 | 8 | 5 | 360 |
| | | | | | | Pump Motor Lubrication kurang efektif memutar Clutch | | | 8 | 8 | 3 | 192 |
| | | | A | Clutch tidak memutar motor dan Pulley | 1 | Clutch Rusak | | Pada saat Clutch rusak maka akan mengakibatkan motor dan Pulley tidak berjalan sehingga tidak akan berfungsi dengan baik | 9 | 8 | 2 | 144 |
| Clutch | 1 | Alat untuk memutar motor penggerak | | Clutch Patah | 1 | Clutch Aus | 1 | Pada saat Clutch Aus akan mengakibatkan komponen tidak dapat berfungsi dengan baik, walaupun mesin tetap bisa bekerja tapi akan menimbulkan kerusakan yang lebih parah yaitu rusak. | 8 | 8 | 4 | 256 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| HeadStock Vertical | 1 | Sebagai alat untuk memindahkan material ke Bearing | A | Bunyi Headstock kasar atau Headstock terbakar | 1 | Salah satu sub komponen Headstock Vertical macet atau rusak | 1 | Headstock berbunyi kasar dikarenakan kapasitas yang akan diproduksi overload sehingga motor bekerja ekstra dan subkomponen tidak dapat berjalan dengan optimal. Mengakibatkan subkomponen tersebut menjadi macet atau rusak dan akhirnya Headstock terbakar | 7 | 5 | 4 | 140 |
| Pulley | 1 | Alat untuk memutar Gear box ke Cutter | A | Pulley tidak berputar | 1 | Pulley macet | 1 | Pada saat Pulley rusak maka akan mengakibatkan terhambatnya Cutter dalam bekerja. Sehingga waktu pekerjaan akan terjadi keterlambatan | 8 | 5 | 4 | 160 |

Tabel 4.14 Decision Worksheet Mesin Mazak H.1000-1

| Component | Information Reference | | | Consequence Evaluation | | | | H1 | H2 | H3 | Default Task | | | Proposed Task | Can be done by |
|----------------------------|-----------------------|----|----|------------------------|----|----|---|----|----|----|--------------|----|----|----------------------------|----------------|
| | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | | |
| | O1 | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 | | | | | | | | | |
| | F | FF | FM | | | | H | S | E | O | N1 | N2 | N3 | | |
| Valve Z Axis | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | Y | | | | | | Schedule on condition task | Mechanic |
| | | B | | | | | | | | | | | | | |
| Pbc Encoder | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule discard task | Mechanic |
| Ball Screw | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule on condition task | Mechanic |
| proximity | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule discard task | Mechanic |
| | | | 2 | | | | | | | | | | | Schedule discard task | Mechanic |
| Magazine Drive Malfingtion | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule discard task | Mechanic |

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.15 Decision Worksheet Mesin Textrone

| Component | Information Reference | | | Consequence Evaluation | | | | H1 | H2 | H3 | Default Task | | | Proposed Task | Can be done by |
|------------------------|-----------------------|----|----|------------------------|----|----|---|----|----|----|--------------|----|----|-----------------------|----------------|
| | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | | |
| | O1 | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 | | | | | | | | | |
| | F | FF | FM | | | | H | S | E | O | N1 | N2 | N3 | | |
| Pump Motor Lubricasion | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule Discard task | Mechanic |
| Clutch | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | N | Y | | | | Schedule discard task | Mechanic |
| | | B | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|----------------------------|----------|
| Headstock Vertical | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | | | | | | Schedule on condition task | Mechanic |
| Pulley | 1 | A | 1 | Y | N | N | Y | N | | | | | | Schedule discard task | Mechanic |

Sumber : Pengolahan Data

5.1 Kesimpulan :

1. Mesin kritis yang terpilih adalah pada departemen produksi di stasiun pembuatan *Equalizer bar* di PT. Texmaco Perkasa Engineering dan mesinnya adalah *Mazak H.1000* dan *Textrone*. Komponen kritis yang terpilih dari mesin *Mazak H.1000-1* adalah *Valve Z Axis* sedangkan komponen terpilih dari mesin *Textrone* adalah *Pump Motor Lubrication*. Penentuan mesin kritis berdasarkan perhitungan frekuensi kumulatif dan diagram pareto dengan total *downtime* terbesar dan berdasarkan FMECA dengan nilai *risk priority number* terbesar.
2. Kebijakan perawatan dengan metode RCM II dapat diketahui penyebab kerusakan komponen mesin kritis secara lebih terperinci sehingga *scheduled maintenance* dapat dibuat. Dalam *decicison worksheet* dengan *proposed task* komponen kritis untuk *Valve Z Axis* adalah *scheduled condition task* sedangkan untuk komponen *Pump motor Lubrication* adalah *Scheduled discard task* dan pihak yang bertanggung jawab adalah mekanik.
3. Interval waktu penggantian yang optimal komponen kritis *Valve Z Axis* adalah 831 jam, sedangkan untuk komponen *Pump motor lubrication* adalah 906 jam. Jadwal pemeriksaan yang ditentukan oleh pihak perusahaan setiap satu bulan sekali namun jadwal penggantian komponen dilakukan pada saat mesin tersebut berhenti berproduksi secara mendadak, sehingga waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan cukup lama karena tidak ada persiapan oleh pihak mekanik. Oleh karena itu jadwal pemeriksaan yang diterapkan perusahaan belum optimal.
4. Biaya perawatan *preventive* jauh lebih murah dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan perawatan *corrective*. Selisih dari total biaya perawatan *preventive* dengan perawatan *corrective* sebesar Rp. 266.700.000,- untuk sebesar satu kali pengantian komponen kritis. Sedangkan selisih dari total biaya perawatan *preventive* dengan perawatan *corrective* sebesar Rp. 2.630.000.000,- selama satu tahu penggantian komponen kritis. Selisih biaya dari sistem perawatan tersebut bila tidak ditangani akan menimbulkan biaya yang keluar semakin tinggi. Untuk itu sistem perawatan *preventive* lebih baik dari perawatan *corrective*

Tabel 4.54 Penurunan Biaya dan total biaya penggantian komponen kritis untuk satu kali penggantian komponen

| Komponen | Biaya penggantian <i>Preventive Maintenance</i> | Biaya penggantian <i>Corrective Maintenance</i> | Penurunan biaya | Total biaya penggantian komponen |
|------------------------|--|--|------------------------|---|
| Valve Z Axis | 330.000.000 | 372.700.000 | 42.700.000 | 245862 |
| Pump Motor Lubrication | 187.000.000 | 411.000.000 | 224.000.000 | 226763 |
| Total | 517.000.000 | 783.700.000 | 266.700.000 | 472625 |

Sumber : Pengolahan Data

DAFTAR PUSTAKA

1. Ariani,Dorothea. *Manajemen Kualitas*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta 2001.
2. Assauri, Sofjan. *Manajemen produksi dan operasi*. Edisi revisi. Fakultas Ekonomi UI. Jakarta.1999.
3. Boy Isma Putra,ST.MM, Jurnal Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode RCM II Paada Mesin Danner 1.3 Di PT. X. Teknik Industri Muhamadiyah Sidoarjo. 2010
4. Ebeling, C.E. *Reability and Maintability Engineering*. McGraw – Hill International Editions. 1997.
5. Harsono. *Manajemen Pabrik*. Balai aksara. Jakarta.1984.
6. Irawan Nur, *Minitab 14*. Andi yogyakarta. Yogyakarta. 2008
7. Jardine, A.K.S. *Maintenance Excellent*. Marcel Dekker inc. New York.2001.
8. Mirza, *Diktat kuliah perawatan dan rekayasa keandalan*.
9. Mourbray, Jhon. *Reability Centered Maintenance 2nd Edition*. Industriall Press,inc. New york.1997.
10. Ir. Syofian Siregar, MM. *Statistika Deskriptif Untuk Penelitian*. Fakultas Teknologi Universits Persada Indonesia YAI. Jakarta 2010
11. www.google.com/fmea
12. www.google.com/rcm