

USULAN PERAWATAN MESIN *CRUSHER* UNTUK *CALCIUM CARBONATE POWDER* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II*

(Studi Kasus di PT. Dewata Sari Prima, Yogyakarta )

*APPLICATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II METHOD IN CRUSHER MAINTENANCE FOR CALCIUM CARBONATE POWDER*

(Case Study at PT. Dewata Sari Prima, Yogyakarta)

Nindya Sari Hardyani<sup>1)</sup>, Oyong Novareza<sup>2)</sup>, Ihwan Hamdala<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail :nindyasarihardyani@gmail.com<sup>1)</sup>, novareza15@ub.ac.id<sup>2)</sup>, ihwan.h@ub.ac.id<sup>3)</sup>

**Abstrak**

PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta merupakan perusahaan penghasil tepung kapur (*mill*). Perusahaan menggunakan mesin *Superfine Pulverizer* dalam melakukan proses produksinya. Namun, dari mesin tersebut terdapat satu komponen yaitu *crusher* yang menyebabkan *downtime* cukup tinggi sebesar 1611jam. Untuk mengatasi permasalahan PT. Dewata Sari Prima maka digunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*, metode ini digunakan untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan dalam menjamin suatu aset fisik agar berjalan dengan baik sesuai yang diinginkan oleh perusahaan. Dari hasil pengolahan data menggunakan diagram *pareto*, didapatkan informasi komponen kritis pada mesin *crusher* adalah *bearing*, *motor listrik*, *kinetic jaw*, *toggle* dan *fixed jaw*. Melalui *RCM II decision worksheet* dan analisa interval waktu perawatan, didapat rekomendasi perbaikan berupa *schedule discard task* yang diterapkan pada kompoen *bearing* sebesar 111,27 jam, *motor listrik* sebesar 194,94 jam, komponen *kinetic jaw plate* sebesar 396,640 jam, *toggle plate* sebesar 162,801 jam dan untuk komponen *fixed jaw plate* sebesar 433,438 jam.

**Kata Kunci:** *Jaw Crusher Machine, Interval Waktu Perawatan, Reliability Centered Maintenance II, Biaya Optimal, Availability.*

**1. Pendahuluan**

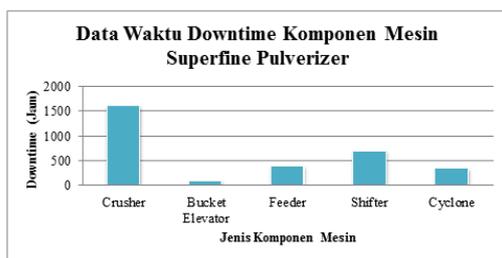
PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi tepung kapur (*mill*). Produk yang dihasilkan oleh PT. Dewata Sari Prima adalah *calcium carbonate powder*. *Calcium carbonate powder* merupakan batuan sedimen yang terdiri dari mineral *calcite* dengan rumus senyawa kimia  $\text{CaCO}_3$ , yang terdiri atas batu kapur dari kegiatan pertambangan. Batuan kapur yang digunakan oleh PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta termasuk batuan sedimen yang memiliki karakteristik berwarna putih kelabu, dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat, sedikit lunak dan terbentuk dari hasil pemadatan cangkang hewan lunak atau hewan laut yang telah mati, cangkang tersebut terdiri dari kapur yang tidak musnah.

PT. Dewata Sari Prima melakukan kegiatan produksi dengan menggunakan mesin *superfine pulverizer*. Mesin yang digunakan untuk melakukan kegiatan produksi terdapat 3 jenis mesin dengan 2 jenis mesin yang sama

yaitu *CXLM4R* dan satu mesin berjenis *AMX4R*. Pada mesin ini terdiri atas proses produksi yang menjadi satu kesatuan dalam pembuatan *calcium carbonate powder* yaitu *crushing*, *shifter*, dan *packaging*. Proses produksi ini merupakan proses produksi seri sehingga menyebabkan ketiga proses ini memiliki keterkaitan yang sangat kuat, karena apabila salah satu bagian mesin dari proses tersebut memiliki kerusakan, maka proses produksi akan mengalami waktu proses yang lebih lama. Hal ini tentunya akan mengakibatkan kerugian bagi PT. Dewata Sari prima dalam segi biaya dan waktu yang dikeluarkan untuk memperbaiki kondisi mesin yang sudah tidak berfungsi. Oleh karena itu, perlu dilakukan langkah efektif untuk meminimasi faktor yang dapat menghentikan operasi produksi PT. Dewata Sari Prima.

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan [2]. Kegiatan pemeliharaan yang

dilakukan pada PT. Dewata Sari Prima untuk mesin *superfine pulverizer* merupakan tanggung jawab dari pihak *maintenance*. Namun, pelaksanaan kegiatan perawatan hanya ditentukan oleh pengalaman bagian *maintenance* saja dan ketika terjadi kerusakan pada komponen mesin. Strategi dalam melakukan perawatan mesin pun belum memiliki patokan dan jadwal yang jelas, sehingga banyak terjadi kegagalan fungsi pada mesin produksi. Berikut ini merupakan data waktu *downtime* pada komponen mesin *superfine pulverizer* yang terjadi pada tahun 2014 akan diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Downtime Komponen *Superfine Pulverizer* PT. Dewata Sari Prima

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa *downtime* tertinggi yang terjadi pada mesin *superfine pulverizer* adalah komponen mesin *crusher* sebesar 1611jam. Sehingga komponen mesin *crusher* yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini dibanding komponen mesin lain, karena dengan adanya *downtime* tersebut dapat mengganggu produktivitas di PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta. Dengan adanya permasalahan yang terjadi pada PT. Dewata Sari Prima maka dilakukan analisa metode perawatan yang handal dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. Metode RCM II merupakan landasan dasar untuk perawatan fisik dan teknik yang dipakai untuk mengembangkan perawatan pencegahan yang terjadwal [1]. RCM II dipilih karena memiliki kelebihan dalam menentukan program pemeliharaan yang tepat. Pemeliharaan yang dilakukan berfokus pada komponen atau mesin kritis. Serta dapat mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan. Output penelitian ini akan menghasilkan interval perawatan, penentuan biaya optimal serta jenis perawatan yang efektif pada mesin *crusher* di PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta.

## 2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Pada penelitian kuantitatif, teori berfungsi sebagai dasar penelitian untuk diuji [3]. Oleh karena itu, sebelum memulai pengumpulan data, peneliti menjelaskan teori secara jelas pada desain penelitian. Teori menjadi kerangka kerja untuk keseluruhan proses penelitian sehingga memunculkan kesimpulan dari penelitian tersebut.

### 2.1 Langkah – langkah Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta dengan waktu pelaksanaan sekitar bulan Desember 2015 - Agustus 2016. Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk melaksanakan penelitian.

Tahap pertama adalah melakukan pengumpulan data yang mendukung untuk melaksanakan penelitian. Data tersebut meliputi data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data identifikasi efek dan penyebab kegagalan serta *ranking* FMEA untuk setiap kegagalan. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data proses produksi, data fungsi mesin, data waktu antar kerusakan, data frekuensi kerusakan dan *downtime* mesin, serta data biaya kerusakan mesin.

Tahapan yang kedua adalah Pengolahan data. Dari data yang terkumpul diolah dengan menyusun diagram pareto untuk mengetahui komponen kritis dari mesin *crusher*, kemudian menyusun FBD (*Functional Block Diagram*) untuk mengetahui sistem kerja mesin dan mengidentifikasi *system function and function failure* untuk menyusun tabel *failure mode and effect analysis* (FMEA). Kemudian dilakukan pengolahan data secara kuantitatif dengan menentukan jenis distribusi dan parameter dari data *time to failure* (TTF) dan data *time to repair* (TTR), melakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR), kemudian menghitung interval waktu perawatan serta menghitung keandalan dari setiap komponen kritis. Setelah semua langkah tersebut dilakukan, selanjutnya dilakukan penyusunan RCM II *decision worksheet*.

Setelah hasil pengolahan data telah diperoleh, maka tahapan selanjutnya adalah analisa dan pembahasan. Analisa yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis

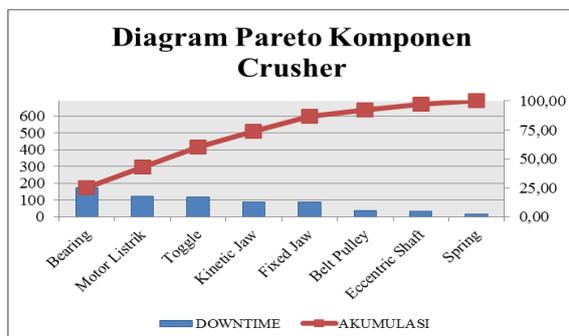
*failure mode and effect analysis* (FMEA), pengujian *index of fit* dan parameter data *time to failure* (TTF), *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) dari komponen kritis pada mesin *crusher*, kemudian analisis interval waktu perawatan, total biaya perawatan, keandalan dari masing-masing komponen serta analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *decision worksheet*. Dari tahapan diatas maka dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian, sehingga dapat memberikan usulan perbaikan yang bermanfaat bagi PT. Dewata Sari Prima.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil dari penelitian yang menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* II sehingga nantinya akan memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan analisis pembahasan.

#### 3.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin

Penentuan komponen kritis mesin *crusher* dilakukan untuk mengetahui komponen yang memerlukan prioritas utama untuk mendapatkan penanganan perawatan terlebih dahulu yang ditentukan dengan menggunakan diagram pareto. Komponen kritis mesin diperoleh dengan mengolah data kerusakan yang terkumpul dengan membuat diagram pareto. Data kerusakan yang diperoleh untuk melakukan perbandingan *downtime* (jam) yang terjadi pada komponen mesin *crusher* adalah data historis PT. Dewata Sari Prima selama periode Januari 2014 sampai Desember 2014. Berikut ini diagram pareto diilustrasikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Downtime Komponen Mesin Crusher PT. Dewata Sari Prima

Gambar 2 merupakan diagram pareto dari komponen *crusher*. Dimana sesuai dengan

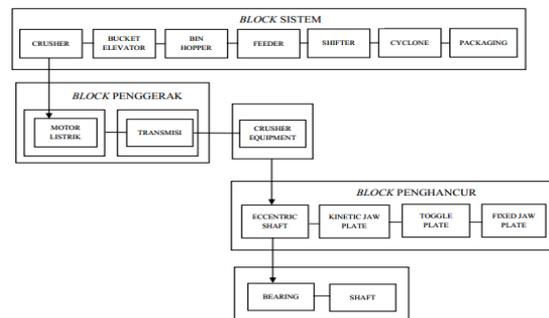
prinsip diagram pareto yaitu dari data kerusakan yang digunakan adalah 80% dari data keseluruhan dengan 20% penyebab kegagalan, sehingga komponen kritis mesin *crusher* adalah komponen *bearing*, motor listrik, *kinetic jaw plate*, *toggle plate*, dan *fixed jaw plate*, dengan total nilai 86,52%. Sehingga objek penelitian dari komponen kritis mesin *crusher* adalah kelima komponen tersebut.

#### 3.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini akan membahas pengolahan data yang diawali dengan penggambaran FBD hingga menghasilkan RCM II *Decision Worksheet*.

##### 3.2.1 Functional Block Diagram (FBD)

*Functional block diagram* (FBD) merupakan sebuah diagram yang menggambarkan hubungan antara fungsi setiap asset dalam suatu sistem [4]. Selain itu deskripsi yang dilakukan pada *functional block diagram* (FBD) meliputi proses-proses yang terjadi pada saat mesin bekerja. Berikut ini merupakan FBD Mesin *Crusher*.



**Gambar 3.** Functional Block Diagram

##### 3.2.2 System Function and Fuction Failure

*System Function and Fuction Failure* dilakukan agar mengetahui fungsi dan jenis kegagalan yang dialami oleh komponen mesin *crusher* guna dalam penyusunan *failure mode and effect analysis* (FMEA).

##### 3.2.3 Function Failure and Effect Anaysis (FMEA)

Setelah melakukan identifikasi terhadap *system function* dan *functional failure* dari komponen kritis mesin *crusher*, maka selanjutnya melakukan penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui penyebab dan efek yang akan ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

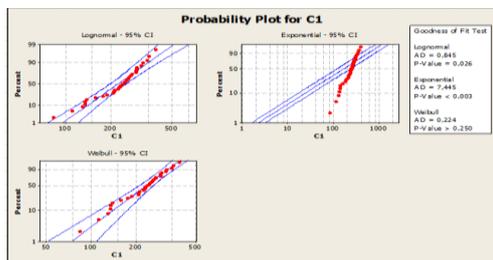
memiliki kesamaan fungsi dengan RCM II *Information Worksheet*, yang menampilkan data penyebab, efek hingga penilaian RPN. Jenis kegagalan yang terjadi dijelaskan pada *functional failure*, penyebab kegagalan yang terjadi dijelaskan pada kolom *failure mode*, sedangkan akibat dari kegagalan dijelaskan pada kolom *failure effect*. Selanjutnya dilakukan penentuan *ranking severity*, *occurance* dan *detection* untuk dilakukan perhitungan *risk priority number* (RPN). Hasil RCM II *Information Worksheet* komponen *crusher* dapat dijelaskan pada Gambar 4.

RCM II Information Worksheet		Sistem: Mesin Crusher				S	O	D	RPN
		Sub Sistem: Mesin Crusher							
		Fungsi Sub Sistem: Menghancurkan Batu-batu Keras							
No	Equipment	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Bearing	Sebagai bantalan bag eccentric shaft, eccentric shaft adalah bagian yang bergerak menyebabkan benda berputar	Overheating pada bearing	Pemakaian ulang yang jarang dilakukan	Menyebabkan putaran menjadi kasar dan bearing menjadi aus	4	4	8	128
2	Motor Listrik	Berfungsi untuk menggerakkan flywheel	Overloading pada motor listrik	Ukuran motor tidak sesuai spesifikasi	Kegagalan produksi tebet dan hasil tidak maksimal	4	4	5	80
3	Toggle	Bagian yang menggerakkan alat penghancur	Toggle mengalami patah	Terdapat batuan yang keras dan susah dihancurkan	Kinetic Jaw tidak dapat bergerak secara maju mundur	4	4	7	112
4	Kinetic Jaw	Bagian yang bergerak untuk memberikan tekanan pada batuan	Kinetic Jaw aus	Terdapat batuan yang memiliki ukuran tidak sesuai, keras dan susah dihancurkan	Kinetic Jaw bekerja tidak maksimal	4	3	7	84
5	Fixed Jaw	Bagian yang tidak bergerak, yang tidak berfungsi untuk menahan pada saat kinetic jaw memberikan tekanan	Fixed Jaw mengalami perpindahan panas secara konduksi	Fixed Jaw yang telah panas akan menghantarkan panas dan flywheel hingga ke bearing		4	3	7	84

Gambar 4. RCM II Information Worksheet

### 3.2.4 Penentuan Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data Time to Failure (TTF)

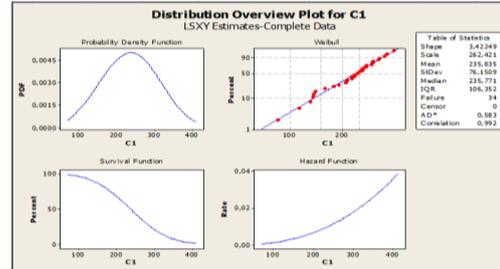
Penentuan jenis distribusi *time to failure* (TTF) dari tiap komponen kritis yang menjadi objek penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16. Berikut ini adalah Gambar 5 yang menunjukkan hasil pengujian distribusi pada *bearing* sebagai komponen dengan *downtime* tertinggi dengan menggunakan *software* Minitab 16.



Gambar 5. Pengujian Distribusi Data TTF Bearing

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *software* Minitab 16 akan diperoleh nilai *Anderson-Darling* (AD) yang terkecil dan akan dipilih menjadi jenis distribusi data TTF. Setelah jenis distribusi diperoleh, maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah penentuan parameter pada *bearing* yang memiliki jenis distribusi weibull. Penentuan

parameter *bearing* dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16. Berikut adalah Gambar 6 hasil penentuan parameter dari data TTF dengan menggunakan *software* Minitab 16.

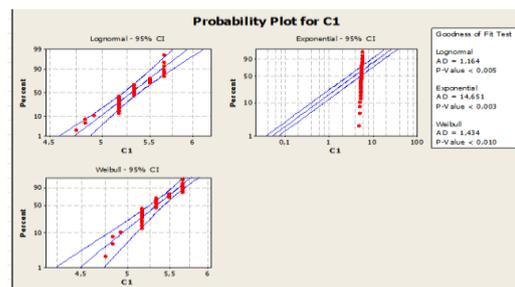


Gambar 6. Penentuan Parameter TTF Pada Bearing

Berdasarkan hasil penentuan parameter TTF komponen *Bearing* dengan menggunakan *software* Minitab 16, maka diperoleh informasi nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) = 3,42249 dan parameter skala ( $\theta$ ) = 262,421. Nilai parameter ini nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan MTTF.

### 3.2.5 Penentuan Jenis Distribusi dan Nilai Parameter Data Time to Repair (TTR)

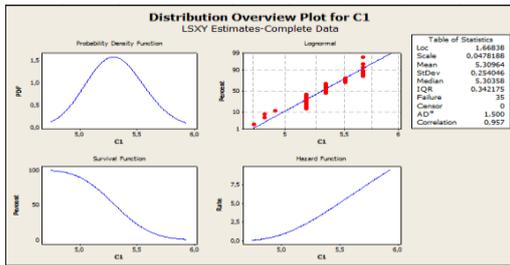
Penentuan jenis distribusi *time to repair* (TTR) dari tiap komponen kritis yang menjadi objek penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16. Berikut ini adalah Gambar 7 yang menunjukkan hasil pengujian distribusi pada *bearing* sebagai komponen dengan *downtime* tertinggi dengan menggunakan *software* Minitab 16.



Gambar 7. Pengujian Distribusi Data TTR Bearing

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *software* Minitab 16 akan diperoleh nilai *Anderson-Darling* (AD) yang terkecil dan akan dipilih menjadi jenis distribusi data TTR. Setelah jenis distribusi diperoleh, maka tahapan selanjutnya adalah penentuan parameter pada *bearing* yang memiliki jenis distribusi lognormal. Penentuan parameter *bearing* dilakukan dengan menggunakan

software Minitab 16. Berikut adalah Gambar 8 hasil penentuan parameter dari data TTR dengan menggunakan software Minitab 16.



**Gambar 8.** Penentuan Parameter TTR *Bearing*

Berdasarkan hasil penentuan parameter TTR komponen *Bearing* dengan menggunakan software Minitab 16, maka diperoleh informasi nilai parameter lokasi ( $\nu$ ) = 1,66838 dan parameter skala ( $\theta$ ) = 0,0478188. Nilai parameter ini nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan MTTR.

### 3.2.6 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) Komponen *Bearing*

Setelah dilakukan perhitungan distribusi data, langkah selanjutnya menghitung MTTF untuk jenis kegagalan pada *bearing* sebagai komponen yang memiliki *downtime* tertinggi. MTTF adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan dari distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh  $f(t)$  [5]. Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTF *Bearing*.

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (\text{Pers. 1})$$

$$MTTF = 262,421 \times \Gamma \left( 1 + \frac{1}{3,42249} \right)$$

$$MTTF = 262,421 \times \Gamma (1,292185)$$

$$MTTF = 262,421 \times 0,89904 = 235,927 \text{ jam}$$

### 3.2.8 Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) Komponen *Bearing*

Setelah dilakukan perhitungan distribusi data, langkah selanjutnya adalah menghitung MTTR. MTTR adalah waktu rata-rata interval waktu untuk melakukan perbaikan. MTTR dilakukan untuk masing jenis kegagalan pada *bearing* sebagai komponen yang memiliki *downtime* tertinggi. Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTR *Bearing*.

$$MTTR = e^{\nu + \frac{\lambda^2}{2}} \quad (\text{Pers. 2})$$

$$MTTR = e^{1,66838 + \frac{0,0478188^2}{2}}$$

$$MTTR = 5,31 \text{ jam}$$

### 3.2.9 Rekapitulasi Nilai Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

Dari hasil perhitungan nilai Mean Time To Failure (MTTF) dan nilai Mean Time To Repair (MTTR) didapatkan hasil rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR komponen kritis mesin *crusher* yang ditunjukkan pada Tabel 1. Langkah selanjutnya nilai MTTF dan MTTR akan digunakan untuk menghitung biaya perawatan yang optimal dan menentukan interval perawatan yang efektif untuk komponen kritis mesin *crusher*.

**Tabel 1.** Rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR

Komponen Kritis	MTTF (Jam)	MTTR (jam)
<i>Bearing</i>	235,927	5,31
<i>Motor Listrik</i>	347,815	7,00
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	507,983	6,83
<i>Toggle Plate</i>	257,784	9,56
<i>Fixed Jaw Plate</i>	546,784	6,07

### 3.2.10 Perhitungan Interval Waktu Perawatan dan Total Biaya Perawatan

Setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai *mean time to failure* (MTTF) dan nilai *mean time to repair* (MTTR) komponen kritis mesin *crusher*, langkah selanjutnya adalah penentuan total biaya perawatan optimum. Sebelum melangkah langkah awal yaitu menentukan bikukan perhitungan total biaya perawatan, aya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, serta *failure cost* dan *preventive cost* dari masing-masing komponen. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan dari masing-masing komponen.

#### 1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja yang dikeluarkan PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta untuk 8jam shift kerja akan dijabarkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Jumlah Tenaga Kerja	Jumlah Gaji/Jam	Jumlah Gaji/Hari
1.	Teknisi Maintenance	2	Rp. 15.825	Rp. 126.600
Jumlah		2	Rp. 31.650	Rp. 253.200

#### 2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi adalah biaya yang muncul ketika terjadi *downtime* pada mesin. Biaya ini merupakan biaya kesempatan yang hilang akibat kegiatan *maintenance*. Berikut ini perhitungan biaya kerugian produksi.

Jumlah produksi *mill*/jam = 2,5ton/jam  
 HPP *mill* = Rp. 300.000/ton  
 Co = Jumlah produksi/jam x HPP  
 = 2,5 ton x Rp. 300.000/ton  
 = Rp.750.000/jam

3. *Failure Cost* (Cf) dan *Preventive Cost* (Cp) Komponen Kritis Mesin *Crusher*  
 Berikut merupakan hasil perhitungan *failure cost* dan *preventive cost* yang ditunjukkan pada tabel 3 untuk komponen kritis mesin *crusher*.

**Tabel 3.** *Failure Cost* (Cf) dan *Preventive Cost* (Cp) Komponen Kritis Mesin *Crusher*

Komponen Kritis	<i>Failure Cost</i> (Rp)	<i>Preventive Cost</i> (Rp)
<i>Bearing</i>	Rp. 4.490.562	Rp. 574.495
<b>Motor Listrik</b>	Rp. 6.657.150	Rp. 1.381.013
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	Rp. 25.441.074	Rp. 18.359.325
<i>Toggle Plate</i>	Rp. 8.000.670	Rp. 2.857.413
<i>Fixed Jaw Plate</i>	Rp. 7.406.616	Rp. 2.857.413

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *failure cost* dan *preventive bearing*.

$$C_f = (\text{Biaya komponen} + (\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_f)$$

$$= (340.000 + (31.650 + 750.000) \times 5,31)$$

$$= 4.490.562,00$$

$$C_p = (\text{Biaya komponen} + (\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_p)$$

$$= (340.000 + (31.650 + 750.000) \times 0,30)$$

$$= 574.495$$

4. Interval Waktu Perawatan  
 Langkah selanjutnya adalah menghitung interval perawatan yang efektif untuk komponen mesin *crusher*. Berikut ini hasil perhitungan interval waktu perawatan yang ditunjukkan pada tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Jenis Komponen	Nilai TM (jam)
<i>Bearing</i>	111,27
<b>Motor Listrik</b>	194,94
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	396,640
<i>Toggle Plate</i>	162,801
<i>Fixed Jaw Plate</i>	433,438

Dari tabel 4 didapatkan informasi mengenai nilai interval waktu perawatan pada masing-masing komponen *crusher*. Dan yang memiliki nilai interval waktu

perawatan yang paling tinggi terletak pada komponen *Fixed Jaw Plate* dengan nilai sebesar 433,438jam.  
 Berikut ini merupakan contoh perhitungan interval waktu perawatan komponen *bearing*:

$$TM = \theta \left[ \frac{C_p}{C_f (\beta - 1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$TM = 262,421 \left[ \frac{574.495}{4.490.562 (3,42249 - 1)} \right]^{\frac{1}{3,42249}}$$

$$TM = 262,421 (0,424)$$

$$TM = 111,27 \text{ jam}$$

5. Total Biaya Perawatan (TC)  
 Kemudian yang dilakukan adalah melakukan perhitungan total biaya perawatan berdasarkan interval waktu. Total biaya perawatan merupakan penjumlahan kumulatif biaya kegagalan dan biaya perawatan [6]. Pada tabel 5 berikut ini merupakan perbandingan hasil perhitungan total biaya perawatan untuk komponen mesin sebelum menggunakan dan setelah menggunakan interval perawatan.

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Total Biaya Perawatan

Jenis Komponen	TC MTTF (Rp)	TC TM (Rp)
<i>Bearing</i>	15.658	7.304
<b>Motor Listrik</b>	17.100	9.543
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	68.125	55.206
<i>Toggle Plate</i>	32.950	25.765
<i>Fixed Jaw Plate</i>	13.800	7.149

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi penurunan total biaya perawatan yang dibutuhkan oleh komponen mesin *crusher* setelah menggunakan interval perawatan.

Berikut ini merupakan contoh perbandingan perhitungan total biaya perawatan untuk komponen *bearing* sebelum dan sesudah menggunakan menggunakan interval waktu perawatan. Sebelum menggunakan interval waktu perawatan.

$$TC = \frac{C_p}{MTTF} + \frac{C_f}{\theta \beta} MTTF^{\beta-1} \quad (\text{Pers. 4})$$

$$TC = \frac{574.495}{235,927} + \frac{4.490.562}{262,421^{3,42249}} 235,927^{3,42249-1}$$

$$TC = 15.658/\text{jam}$$

Sesudah menggunakan interval waktu perawatan

$$TC = \frac{C_p}{TM} + \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} \quad (\text{Pers. 5})$$

$$TC = \frac{574,495}{111,27} + \frac{4.490,562}{262,421^{3,42249}} 111,27^{3,42249-1}$$

$$TC = 7.304/\text{jam}$$

### 3.2.11 Perhitungan Keandalan dari Komponen Mesin Crusher Berdasarkan Interval Waktu Perawatan.

Setelah dilakukan perhitungan mengenai interval waktu perawatan, maka kemudian dilakukan perhitungan keandalan komponen kritis mesin *crusher* berdasarkan perhitungan interval waktu perawatan dan berdasarkan nilai dari MTTF. Perhitungan nilai keandalan ini berfungsi untuk menentukan interval waktu perawatan yang terbaik untuk komponen mesin *crusher*. Pada tabel 6 berikut ini merupakan perbandingan hasil perhitungan keandalan untuk komponen mesin *crusher* sebelum menggunakan interval perawatan dan setelah menggunakan interval perawatan.

**Tabel 6.** Perbandingan Keandalan Sebelum dengan Sesudah menggunakan Interval Perawatan

Jenis Komponen	R(MTF)	R(TM)
<i>Bearing</i>	0,499	0,948
Motor Listrik	0,506	0,931
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	0,528	0,870
<i>Toggle Plate</i>	0,494	0,846
<i>Fixed Jaw Plate</i>	0,534	0,968

Dari perhitungan, terjadi peningkatan keandalan terhadap komponen mesin *crusher* setelah menggunakan interval perawatan.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan keandalan untuk komponen *bearing* pada mesin *crusher* sebelum menggunakan interval perawatan.

Keandalan *Bearing*

$$R(t) = e^{-\frac{t^\beta}{\theta}} \quad (\text{Pers. 6})$$

$$R(\text{MTTF}) = e^{-\frac{285,927^{3,42249}}{262,421}}$$

$$R(\text{MTTF}) = 0,499$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan keandalan untuk komponen *bearing* pada mesin *crusher* setelah menggunakan interval perawatan.

Keandalan *Bearing*

$$R(t) = e^{-\frac{t^\beta}{\theta}}$$

$$R(\text{TM}) = e^{-\frac{111,27^{3,42249}}{262,421}}$$

$$R(\text{TM}) = 0,948$$

### 3.2.12 Perhitungan Availability Rate

*Availability rate* merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin. Pada tahap ini akan menghitung nilai *availability rate* pada saat sebelum dilaksanakan perencanaan interval perawatan dan setelah dilaksanakan interval perawatan. Keuntungan menggunakan *availability rate* ini PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta dapat mengetahui peningkatan *availability* setelah dilakukan perawatan yang optimal.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *availability rate* sebelum melakukan interval perawatan pada komponen *bearing* pada tanggal 14 Februari 2014.

$$\begin{aligned} \text{Operation time} &= \text{loading time} - \text{downtime} \\ &= 22 \text{ jam} - 5,667 \text{ jam} \\ &= 16,333 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Availability rate} &= \frac{\text{operation time}}{\text{loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{16,333}{22} \times 100\% \\ &= 74,24\% \end{aligned}$$

### 3.2.13 Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet

Setelah mengetahui kegagalan fungsi komponen mesin *crusher* kemudian masuk ke dalam tahapan RCM II *Decision Worksheet*. RCM II *decision worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan *maintenance* yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap kegagalan yang terjadi. Pada tabel 7 akan dijelaskan mengenai RCM II *decision worksheet*.

RCM II *Decision Worksheet* berisi beberapa kolom seperti *information reference*, *consequence evaluation*, *default action*, *proposed task*, *initial interval*, dan *can be done*. Penyusunan RCM II *Decision Worksheet* pada kolom *information reference* disusun berdasarkan hasil dari RCM II *Information Worksheet*. Pada kolom *consequence evaluation* penyusunan mengenai *hidden failure*, *safety*, *environment* dan *operational* dilakukan berdasarkan hasil diskusi dengan pihak PT. Dewata Sari Prima Yogyakarta. Pemilihan

*proposed task* dilakukan sesuai dengan pertimbangan kondisi dan jenis kegagalan yang terjadi pada mesin *crusher* di PT. Dewata Sari Prim Yogyakarta. Pada kolom *initial interval* berisi perhitungan mengenai interval waktu perawatan yang telah dihitung sebelumnya dengan mempertimbangkan *failure cost* dan *preventive cost*. Pada kolom terakhir *can be done by*, menjelaskan tentang pihak yang akan melakukan kegiatan perawatan/perbaikan terhadap komponen mesin yang telah mengalami kegagalan.

### 3.3 Analisis Data

Analisis dan pembahasan yang dilakukan meliputi analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penentuan *Mean Time to Failure* (MTTF), penentuan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada komponen mesin *crusher*. Kemudian analisis interval waktu perawatan yang efektif dan total biaya perawatan yang optimal, serta analisis keandalan komponen mesin dan analisis *Reliability Centered Maintenance II decision worksheet*.

#### 3.3.1 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Berikut ini akan dijelaskan mengenai *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada komponen mesin *crusher*. Pada komponen mesin *bearing*, *functional failure* yang terjadi adalah *overheating*, hal ini dikarenakan pelumasan ulang yang jarang dilakukan oleh pihak *maintenance*, sehingga hal ini menyebabkan perputaran *bearing* menjadi kasar dan *bearing* menjadi aus. Pada komponen mesin *bearing* ini menghasilkan *rank severity* sebesar 4, *occurrence* sebesar 4 dan *detection* sebesar 8, sehingga nilai RPN yang dihasilkan oleh komponen mesin *bearing* adalah 128.

Untuk komponen motor listrik, *functional failure* yang terjadi adalah *overloading*, hal ini dikarenakan ukuran motor yang tidak sesuai dengan spesifikasi, sehingga hal ini menyebabkan kegiatan produksi terhenti dan hasil produksi tidak maksimal. Pada komponen motor listrik ini menghasilkan *rank severity* sebesar 4, *occurrence* sebesar 4 dan *detection* sebesar 5, sehingga nilai RPN yang dihasilkan oleh komponen motor listrik adalah 80.

Untuk komponen mesin *Kinetic Jaw Plate*, *functional failure* yang terjadi adalah keausan pada komponen, hal ini dikarenakan

ukuran batuan yang tidak sesuai dan susah dihancurkan. Sehingga hal ini menyebabkan *Kinetic Jaw Plate* bekerja tidak maksimal. Pada komponen mesin *Kinetic Jaw Plate* ini menghasilkan *rank severity* sebesar 4, *occurrence* sebesar 3 dan *detection* sebesar 7, sehingga nilai RPN yang dihasilkan oleh komponen *Kinetic Jaw Plate* adalah 84.

Untuk komponen mesin *Toggle Plate*, *functional failure* yang terjadi adalah *Toggle Plate* mengalami patah, hal ini dikarenakan batuan yang keras dan susah dihancurkan. Batuan yang dihancurkan memiliki ukuran lebih dari 30-60 cm dan memiliki tingkat kekerasan melebihi dari standart 2,7-3,4 skala mohs. Sehingga hal ini menyebabkan *Kinetic Jaw Plate* tidak dapat bergerak maju mundur. Pada komponen mesin *Toggle Plate* ini menghasilkan *rank severity* sebesar 4, *occurrence* sebesar 4 dan *detection* sebesar 7, sehingga nilai RPN yang dihasilkan oleh komponen *Toggle Plate* adalah 112.

Untuk komponen mesin *Fixed Jaw Plate*, *functional failure* yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi. Perpindahan panas secara konduksi ini timbul diakibatkan karena ukuran batuan yang tidak sesuai sehingga menyebabkan *Fixed Jaw Plate*, *Kinetic Jaw Plate*, dan *Toggle Plate* bekerja dengan sangat keras untuk menghancurkan batu. Dengan adanya kegagalan ini menyebabkan komponen yang terlalu panas akan menghantarkan panas secara konduksi dari *flywheel* hingga ke *bearing*. Pada komponen mesin *Fixed Jaw Plate* ini menghasilkan *rank severity* sebesar 4, *occurrence* sebesar 3 dan *detection* sebesar 7, sehingga nilai RPN yang dihasilkan oleh komponen *Fixed Jaw Plate* adalah 84.

#### 3.3.2 Analisis Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *Downtime Tertinggi*

Setelah mengetahui komponen dengan *downtime* tertinggi yaitu komponen *bearing* maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pola distribusi yang dimiliki oleh komponen tersebut. Data *time to failure* pada mesin *crusher* diduga memiliki distribusi *weibull*. Hal ini dikarenakan distribusi *weibull* memiliki nilai parameter bentuk yang dapat menggambarkan kenaikan dan penurunan laju kerusakan yang dialami oleh komponen mesin.

Nilai *Mean Time to Failure* adalah nilai

rata-rata atau nilai yang diharapkan dari suatu distribusi kerusakan, nilai ini menunjukkan seberapa lama mesin melakukan operasi hingga waktu kerusakan berikutnya. Untuk komponen *bearing* sebagai komponen *downtime* paling besar memiliki nilai MTTF sebesar 235,927 jam. Nilai MTTF yang cukup besar ini dapat diartikan bahwa rata-rata komponen *bearing* dapat beroperasi sekitar 235,927 jam hingga tiba waktu kerusakan yang berikutnya.

### 3.3.3 Analisis Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) untuk Downtime Tertinggi

Setelah mengetahui komponen dengan *downtime* tertinggi yaitu komponen *bearing* maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pola distribusi yang dimiliki oleh komponen tersebut. Data *time to repair* pada mesin *crusher* diduga memiliki distribusi lognormal. Hal ini dikarenakan distribusi lognormal banyak digunakan dalam merepresentasikan jenis distribusi waktu perbaikan.

Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) menunjukkan nilai rata-rata interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen mesin. Untuk komponen *bearing* sebagai komponen yang memiliki *downtime* paling besar memiliki nilai MTTR sebesar 5,31 jam. Nilai MTTR yang cukup besar dapat diartikan karena kerusakan komponen yang lamban memiliki waktu perbaikan yang lebih lama dibanding dengan kerusakan dari komponen lain.

### 3.3.4 Analisis Perhitungan Total Biaya Perawatan dan Keandalan

Berdasarkan interval perawatan yang telah dihitung, maka hasilnya akan digunakan untuk mendapatkan total biaya perawatan yang akan dibandingkan dengan total biaya perawatan MTTF, dan juga membandingkan keandalan dari komponen mesin *crusher* tersebut. Berikut ini tabel 7 jelaskan mengenai perbandingan keandalan dan total biaya perawatan pada komponen mesin *crusher*.

**Tabel 7.** Perbandingan Total Biaya Perawatan dan Keandalan

Komponen	TM	MTTF	TC MTTF	TC TM	R MTTF	R TM
<i>Bearing</i>	111,27	235,927	Rp.15.658	Rp.7.304	0,499	0,948
Motor Listrik	194,94	347,815	Rp.17.100	Rp.9.543	0,506	0,931
<i>Kinetic Jaw Plate</i>	396,640	507,983	Rp.68.125	Rp.55.206	0,528	0,870
<i>Toggle Plate</i>	162,801	257,784	Rp.32.950	Rp.25.765	0,494	0,846
<i>Fixed Jaw Plate</i>	433,438	546,989	Rp.13.800	Rp.7.149	0,534	0,968

Dari tabel 9 dapat disimpulkan bahwa pada komponen *bearing* apabila menggunakan interval perawatan maka akan terjadi penurunan biaya perawatan yang awalnya sebesar Rp. 15.658/jam menjadi Rp. 7.304/jam, dengan penggunaan interval perawatan maka nilai keandalan meningkat sebesar 89,97%. Untuk komponen motor listrik apabila menggunakan interval perawatan maka akan terjadi penurunan biaya perawatan sebesar Rp. 17.100/jam menjadi Rp. 9.543/jam, dengan penggunaan interval perawatan maka nilai keandalan meningkat sebesar 83,99%. Untuk komponen *Kinetic Jaw Plate* apabila menggunakan interval perawatan maka akan terjadi penurunan biaya perawatan sebesar Rp. 68.125/jam menjadi Rp. 55.206/jam, dengan penggunaan interval perawatan maka nilai keandalan meningkat sebesar 64,77%. Untuk jenis komponen *Toggle Plate* apabila menggunakan interval perawatan maka akan terjadi penurunan biaya perawatan sebesar Rp. 32.950/jam menjadi Rp. 25.765/jam, dengan penggunaan interval perawatan maka nilai keandalan meningkat sebesar 71,25%. Dan untuk komponen *Fixed Jaw Plate* apabila menggunakan interval perawatan maka akan terjadi penurunan biaya perawatan sebesar Rp. 13.800/jam menjadi Rp. 7.149/jam, dengan penggunaan interval perawatan maka nilai keandalan meningkat sebesar 81,27%.

### 3.3.5 Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) II

Berikut ini merupakan uraian mengenai RCM II *decision worksheet*. Pada komponen *bearing*, kolom F tertulis 1, ini berarti fungsi dari *bearing* adalah sebagai bantalan bagi *eccentric shaft*. Selanjutnya pada baris pertama kolom FF tertulis A, ini berarti *function failure* yang dialami oleh *function 1* yaitu mengalami *overheating*. Apabila *function 1* mengalami kegagalan fungsi lainnya maka akan ditulis B pada baris kedua kolom FF, dengan terlebih dahulu memberikan uraian jenis kegagalan tersebut pada kolom *function failure*. Pada kolom FM tertulis angka 1 yang berarti *function 1* dengan *function failure A* disebabkan oleh *failure mode 1* yaitu pelumasan ulang yang jarang dilakukan. Apabila *function 1* dengan *function failure 1* disebabkan oleh *function mode* lainnya, maka kolom FM pada baris kedua akan diberi angka 2, dengan terlebih dulu memberikan uraian tentang *failure mode*

tersebut pada kolom *failure mode*. Sehingga F1 dengan FF1 disebabkan oleh FM2, tetapi dalam penelitian ini setiap fungsi komponen memiliki 1 *function failure* dan 1 *function mode*. Pada *information reference* menghasilkan 1-A-1, sehingga pada kolom H di *consequence evaluation* di tulis Y, yang berarti *failure mode* diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal. Pada kolom S ditulis N, yang berarti *failure mode* tidak berdampak pada keselamatan operator. Pada kolom E ditulis N, yang berarti *failure mode* tidak berdampak pada keselamatan lingkungan. Dan pada kolom O ditulis Y, yang berarti *failure mode* berdampak pada output produksi. Selanjutnya pada kolom H1/S1/O1/N1 ditulis N, yang berarti dalam interval waktu sebelum dilakukan perawatan pencegahan tidak cukup untuk melakukan tindakan terhadap pencegahan kegagalan. Sebagai contoh, *proposed task* yang dipilih adalah *schedule discard task*, yang berarti dilakukan penggantian komponen *bearing* sesuai dengan interval waktu 111,27 jam dan dilakukan perawatan dengan cara pemberian pelumas secara berulang oleh teknisi.

Pada komponen motor listrik dilakukan tindakan *schduled on discard task* dengan interval waktu perawatan sebesar 194,94 jam. Pada komponen *toggle* dilakukan tindakan *schduled on discard task* dengan interval waktu perawatan sebesar 162,801 jam. Pada komponen *kinetic jaw* dilakukan tindakan *schduled on discard task* dengan interval waktu perawatan sebesar 396,640 jam. Dan pada komponen *fixed jaw* dilakukan tindakan *schduled on discard task* dengan interval waktu perawatan sebesar 433,438 jam.

3. Berdasarkan hasil perhitungan biaya perawatan optimal yang direncanakan untuk komponen mesin *crusher*, pada komponen *bearing* biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan perawatan adalah Rp. 7.304 per jam / Rp. 533.192 per tahun, pada motor listrik biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan perawatan adalah Rp. 9.543 per jam / Rp. 381.720 per tahun, pada komponen *kinetic jaw* biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan perawatan adalah Rp. 55.206 per jam / Rp. 1.104.120, pada komponen *toggle* biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan perawatan adalah Rp. 25.765 per jam / Rp. 1.359.780 per tahun, dan pada komponen *fixed jaw* biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan perawatan adalah Rp. 7.149 per jam / Rp. 128.682 per tahun.

RCM II Decision Worksheet		System: Mesin Crusher													Date:	Sheet No:				
		Sub System: Mesin Crusher																		
		Fungsi Sub System: Menghancurkan batuan														Of				
Information Reference		Consequence Evaluation						Default Action				Proposed Task	Initial Interval (hour)	Can be done by						
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3				S1	S2	S3	H4	H5	S4
1	Bearing	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Scheduled Discard Task	111,27	Teknisi
2	Motor listrik	1	A	1	Y	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Scheduled Discard Task	194,94	Teknisi
3	Toggle Plate	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Scheduled Discard Task	396,640	Teknisi
4	Kinetic Jaw Plate	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Scheduled Discard Task	162,801	Teknisi
5	Fixed Jaw Plate	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Scheduled Discard Task	433,438	Teknisi

**Gambar 9.** Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis data yang telah dilakukan sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengolahan diagram pareto pada data *downtime* komponen mesin *crusher*, maka komponen kritis mesin *crusher* adalah *bearing*, motor listrik, *kinetic jaw*, *toggle*, dan *fixed jaw*.
2. Berdasarkan perhitungan interval waktu perawatan yang efektif untuk komponen mesin *crusher*, maka pada kerusakan komponen *bearing* dilakukan tindakan *schduled on discard task* dengan interval waktu perawatan sebesar 111,27 jam.

**Daftar Pustaka**

- [1] Ben-Daya, Mohamed. 2009. *Maintenance Management and Engineering Handbook*. London: Springer.
  
- [2] Assauri, Sofjan. 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
  
- [3] Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
  
- [4] Moubay, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance (RCM II)*. Biddles Ltd: Great Britain
  
- [5] Ebbeling, Charles E.,. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: Mc Graw Hill.
  
- [6] Zahirah, Anisa Lathifani. 2012. *Penentuan Interval Waktu Perawatan Optimum dan Analisis Perbandingan Finansial Komponen Auxilary (Studi Kasus: Sistem Gas Turbin PLTU PT. PJB Up Gresik)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Industri. hlm: 5-11