



**PERAWATAN MESIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH
(PLTSA) DENGAN METODE *REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)**

***MACHINE MAINTENANCE AT WASTE POWER PLANT (PLTSA) WITH
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD***

Abyan Hanif¹, Endang Pudji^{1*}, Fathan Bahfie²

¹ *Jurusan Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Kota SBY, Jawa Timur 60294*

² *Pusat Riset Teknologi Pertambangan-BRIN,
Jalan Ir. Sutami Km. 15 Lampung Selatan, Lampung 35361*

Email : endangpudjiti@gmail.com

Abstrak

Listrik telah memainkan peran penting selama revolusi industri 4.0. Selain itu, kehidupan modern yang memanfaatkan kemajuan teknologi turut mendorong peningkatan konsumsi listrik. Namun, peran penting ini tidak sesuai dengan kemampuan industri ketenagalistrikan untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat, khususnya di Indonesia. Sementara itu sampah adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia atau alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Pengelolaan sampah merupakan alternatif untuk mengurangi banyaknya peningkatan sampah salah satunya adalah pengelolaan sampah menjadi listrik. TPA Benowo merupakan tempat pembuangan akhir yang memiliki mesin pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA). Dari rangkaian proses pengelolaan sampah menjadi listrik, mesin *steam turbine* menjadi salah satu mesin yang berperan penting untuk mengubah sampah menjadi listrik. Namun, mesin ini memiliki jam kerja 24 jam yang mengakibatkan kurangnya perawatan pada mesin tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberi usulan interval perawatan mesin agar mesin dapat memiliki nilai keandalan yang optimal. Untuk itu, metode yang tepat untuk merancang interval perawatan adalah *reliability centered maintenance* II. Dari hasil perhitungan menggunakan metode RCM II, Interval waktu perawatan yang tepat untuk mesin *steam turbine* pada komponen *Stop Valve* selama 360,279 jam atau 16 hari, *Main Oil Pump* selama 1891,008 jam atau 79 hari, *Thrust Bearing* selama 2017,626 jam atau 84 hari, *Gland Packing* selama 234,808 jam atau 10 hari, *Vacuum Pump* selama 983,807 jam atau 40 hari dan *Valve CCWP* selama 495,398 jam atau 21 hari.

Kata kunci : metode RCM, pembangkit listrik tenaga sampah, perawatan, sampah.

Abstract

Electricity has played an important role during the industrial revolution 4.0. In addition, modern life that takes advantage of technological advances has also contributed to an increase in electricity consumption. However, this important role is not in accordance with the ability of the electricity industry to meet the increasing demand for electricity, especially in Indonesia. Meanwhile, waste is waste generated from human or natural activities that do not have economic value. Waste management is an alternative to reduce the amount of increase in waste, one of which is managing waste into electricity. TPA Benowo is a final disposal site that has a waste power generator (PLTSA). From a series of waste management processes to electricity, the steam turbine engine is one of the machines

that plays an important role in converting waste into electricity. However, this machine has 24 hour working hours which results in a lack of maintenance on the machine. The purpose of this study is to provide suggestions for machine maintenance intervals so that the machine can work optimally without problems. For this reason, the right method for designing the right maintenance interval is reliability centered maintenance II. From the calculation results using the RCM II method, the correct maintenance time interval for the steam turbine engine on the Stop Valve component is 360.279 hours or 16 days, Main Oil Pump is 1891.008 hours or 79 days, Thrust Bearing is 2017.626 hours or 84 days, Gland Packing for 234,808 hours or 10 days, Vacuum Pump for 983,807 hours or 40 days and Valve CCWP for 495,398 hours or 21 days.

Keywords: RCM method, waste power plant, maintenance, waste

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya penggunaan listrik saat ini, listrik telah memainkan peran penting selama revolusi industri 4.0. Selain itu, kehidupan modern yang memanfaatkan kemajuan teknologi turut mendorong peningkatan konsumsi listrik. Namun, peran penting ini tidak sesuai dengan kemampuan industri ketenagalistrikan untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat, khususnya di Indonesia.

Sampah adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia atau alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Munculnya permasalahan sampah di Indonesia antara lain meningkatnya jumlah sampah dari masyarakat, kurangnya tempat pembuangan sampah, potensi tempat berkembang biaknya sampah bagi serangga dan tikus, penyebab pencemaran tanah, air dan udara, serta bakteri berbahaya bagi manusia. Alternatif pengelolaan perlu diterapkan untuk mengatasi masalah sampah secara keseluruhan. Meminimalkan sampah harus menjadi prioritas utama, daripada berasumsi bahwa masyarakat akan menghasilkan lebih banyak sampah.

TPA Benowo menjadi yang pertama mampu mengolah sampah menjadi listrik berbasis *green technology* dari 12 kota yang ditunjuk Presiden dalam Perpres No 35 Tahun 2018 untuk percepatan pembangunan instalasi pengolahan sampah TPA (Tempat Pembuangan Akhir). TPA Benowo terletak di Kecamatan Lomokarisari Kota Surabaya yang berbatasan dengan Kabupaten Gresik. TPA Benowo mencakup area seluas 37,4 hektar, di mana hingga 1300 hingga 1500 ton sampah diolah setiap hari.

Proses konversi sampah menjadi listrik yaitu sampah yang dikumpulkan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), diolah menjadi padatan berkalori tinggi dengan menggunakan konsep *refused-derived fuel* (RDF). Setelah itu,

masukkan bahan padat ke dalam kiln dan panggang hingga 800-900. Panas yang dihasilkan membantu memanaskan air dalam ketel untuk menghasilkan uap. Uap menggerakkan turbin yang terhubung ke *generator*, memungkinkannya menghasilkan listrik.

Dari rangkaian proses pengelolaan sampah menjadi listrik diatas, mesin *Steam Turbine* menjadi salah satu mesin yang berperan penting untuk mengubah sampah menjadi listrik. Fungsi dari mesin ini seperti penjelasan diatas yakni untuk aliran uap yang akan menggerakkan turbin yang terhubung dengan *generator* sehingga listrik dapat dihasilkan.

Karena proses daur ulang di TPA akhir ini selalu berlangsung, maka perlu dilakukan tindakan perawatan dan perbaikan mesin agar mesin tidak mengalami *malfungsi* dan berhenti pada saat proses daur ulang. Tindakan yang dilakukan terdiri dari mengidentifikasi penyebab masalah dan menemukan saran perbaikan. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan kegiatan perawatan dan perbaikan mesin.

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah cara terbaik untuk mengatasi masalah ini karena dapat mengidentifikasi masalah dengan menghitung kegagalan komponen kritis secara terus menerus dan memprioritaskan tingkat kepentingan tertinggi. Metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan interval perawatan mesin yang tepat.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo yang berlokasi di Jalan Romokalisari, Kec. Benowo, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60192 dan proses penelitian dilakukan pada bulan Juli 2022 sampai selesai.

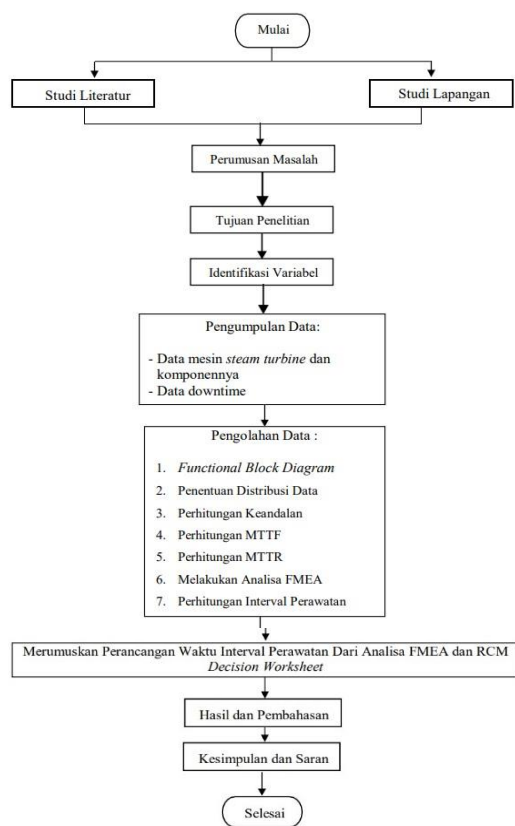
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat adanya variabel

bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah interval waktu penjadwalan perawatan mesin.

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab timbul berubahnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Komponen kritis pada mesin
- b. Waktu antar kerusakan
- c. Waktu perbaikan

Langkah-langkah pemecahan masalah merupakan tahapan pemecahan suatu masalah dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil dan solusi dari awal sampai akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart

Penjelasan langkah-langkah pemecahan masalah dalam penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mulai

Merupakan langkah awal penelitian dalam menentukan topik perusahaan

2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar memberikan pemahaman kepada penulis mengenai dasar dan landasan teori serta konsep yang mendukung penelitian. Studi pustaka didapatkan dari sumber-sumber informasi dari buku, jurnal atau

pun penelitian sebelumnya sehingga penulis memiliki gambaran mengenai metode penyelesaian permasalahan.

3. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang ada di dalam perusahaan. Studi lapangan yang dilakukan berupa observasi dan wawancara dengan pihak *maintenance* perusahaan

4. Rumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi serta perumusan masalah yang ada dalam objek penelitian permasalahan yang didapat dari studi lapangan kemudian diidentifikasi lebih dalam sehingga didapatkan rumusan permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan.

5. Tujuan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan dari penelitian yang telah dilakukan. Tujuan penelitian diharapkan mampu menjawab permasalahan yang ada didalam perusahaan

6. Identifikasi Variabel

Setelah menentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi permasalahan tersebut.

7. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam pengolahan data dengan menggunakan metode yang telah ditentukan. Data tersebut meliputi data komponen kritis mesin *steam turbine*, Data waktu kerusakan dan perbaikan komponen mesin *steam turbine*.

8. Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan lalu dilakukan perhitungan-perhitungan yang menunjang penentuan interval perawatan mesin usulan pada mesin *steam turbine*.

9. Analisa Data

Tahap selanjutnya dilakukan analisa data guna membandingkan interval perawatan mesin yang lama dan usulan untuk mengetahui apakah interval perawatan mesin *steam turbine* sudah sesuai.

10. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengolahan data yang diperoleh maka

dapat dilakukan analisa dan pembahasan hasil penelitian dengan menggunakan dasar-dasar teori yang berhubungan dengan metode pengolahan data.

11. Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dari permasalahan yang telah diteliti, dan akan diberikan saran untuk menyelesaikan masalah yang ada pada mesin *steam turbine*.

Teknik pengumpulan data selama melakukan penelitian data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer merupakan data dari kondisi aktual yang diperoleh dari pengamatan dan penelitian di lapangan. Terdapat langkah pengambilan data primer adalah sebagai berikut dengan cara:

a. Kuisioner

Suatu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan kepada subjek yang akan dijadikan responden untuk dijawab.

b. Wawancara

Wawancara adalah proses memperoleh keterangan untuk dijadikan tujuan penelitian dengan cara tanya jawab menggunakan perangkat yang sesuai baik dalam luring maupun daring dengan responden. dalam luring maupun daring dengan responden.

c. Observasi

Pengumpulan data dengan observasi langsung atau dengan pengamatan langsung ke lokasi penelitian

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai literatur dan referensi yang berhubungan dengan masalah yang dibahas dan juga data yang diperoleh dari perusahaan.

Adapun teknik analisis data selama melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan komponen pada mesin *steam turbine* yang tergolong kritis/usang.
2. Menganalisa kerusakan yang terjadi pada komponen mesin *steam turbine*.
3. Menganalisa *interval* kerusakan yang terjadi pada komponen mesin *steam turbine*.

4. Melakukan perhitungan penentuan *interval* perawatan dan penggantian komponen mesin *steam turbine*.



Gambar 2. Mesin *Steam turbine*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian menggunakan pendekatan RCM digunakan juga untuk menganalisis sistem tersebut untuk mengetahui komponen-komponen yang termasuk dalam kategori kritis pada komponen mesin *hammer mill*. Selain itu, metode RCM digunakan untuk menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan yang tepat agar harus dilakukan pada komponen *main gas admission valve* (Sunaryo, Legisnal an Denur 2018). Sedangkan metode RCM II diaplikasikan pada mesin *blowing I*, karena memiliki *downtime* tertinggi (Sari and Ridho 2016). Jika penelitian lainnya, penggunaan metode RCM untuk mengetahui fungsi serta kerusakan yang dapat terjadi pada suatu sistem, mulai dari sub-sistem sampai pada level komponen mesin bubuk. Sebagai tambahan, metode RCM dan *age replacement* digunakan untuk menentukan komponen kritis dan interval waktu penggantian komponen pada mesin komponen mesin *kneader* (Iksan 2010).

Ada juga penggunaan metode *age replacement* untuk menentukan waktu dilakukan penggantian komponen kampas rem sebelum terjadi kerusakan pada truk (Utama 2021). Untuk penelitian metode RCM lainnya yang digunakan untuk menentukan tipe perbaikan atau perawatan

yang akan digunakan untuk setiap mesin pellet (Maria Christy and Adi 2019).

Berdasarkan penelitian-penelitian RCM tersebut, bahwa adanya hubungan pada *output* penelitian tersebut dimana untuk menentukan komponen kritis dan interval pemeriksaan dan penggantian komponen dengan metode RCM dan *age replacement* yang dimana metode tersebut dapat meminimalisir kegagalan mesin. Kemudian adanya kelebihan RCM sebagai penentu program pemeliharaan yang difokuskan pada komponen atau mesin – mesin kritis dan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat. Seperti penelitian sebelumnya, terdapat perbedaan dari objek penelitian yaitu pada mesin *submerged scrape chain conveyor* (SSCC) dimana mesin yang sangat vital, jika terjadi kerusakan pada mesin tersebut maka harus *shut down* keseluruhan mesin. Selain itu pada proses pengolahan RCM mengguakan data yang didapatkan oleh *expert engineer* sehingga hasil dari metode tersebut yaitu komponen kritis yang ada di perusahaan. Pada tahap FMEA hanya menghitung *risk priority number* (RPN).

Perencanaan Interval Perawatan Mesin dengan Metode *Reability Centered Maintenance* (RCM) II

Sebelum melakukan pengolahan data, maka langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data yang berhubungan dengan obyek penelitian yaitu mesin *Steam Turbin*, data historis kerusakan komponen mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pada tahun 2022. Data yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah dapat dilihat pada Tabel 1 – 9.

1. Data mesin dan komponennya
Tabel 1. Mesin *Steam Turbine* dan komponennya.

No	Mesin	Komponen
1	Steam Turbine	Stop Valve
2		Main Oil Pump
3		Thrust Bearing
4		Gland Packing
5		Vacuum Pump
6		Valve CCWP

Sumber : PT. Sumber Organik

2. Data waktu kerusakan dan waktu lamanya perbaikan

Tabel 2. Waktu kerusakan dan waktu lamanya perbaikan (*Downtime*) mesin *Steam Turbine* tahun 2022.

No	Tanggal Kerusakan	Komponen	dt
1	27/1/2022	Valve CCWP	1:30 - 2:20
2	27/1/2022	Vacuum Pump	13:10 - 14:00
3	28/1/2022	Valve CCWP	10:30 - 10:40
4	30/1/2022	Valve CCWP	15:05 - 15:15
5	14/2/2022	Stop Valve	13:30 - 15:00
6	13/3/2022	Thrust Bearing	10:00 - 12:00
7	21/3/2022	Gland Packing	15:00 - 15:30
8	23/3/2022	Valve CCWP	16:00 - 16:20
9	24/3/2022	Vacuum Pump	14:17 - 14:40
10	27/3/2022	Thrust Bearing	11:12 - 11:30
11	27/3/2022	Main Oil Pump	12:28 - 13:20
12	25/4/2022	Gland Packing	13:30 - 14:00
13	2/5/2022	Thrust Bearing	18:09 - 18:30
14	9/5/2022	Stop Valve	17:27 - 18:00
15	21/6/2022	Main Oil Pump	19:00 - 20:00
16	23/6/2022	Vacuum Pump	10:00 - 10:40
17	27/6/2022	Gland Packing	14:25 - 15:00
18	16/8/2022	Main Oil Pump	23:00 - 00:00

Sumber : PT.Sumber Organik

dt = *downtime*

Tabel 3. Waktu kerusakan dan perbaikan *Stop Valve*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	14/2/2022	90	1920
2	09/5/2022	33	
Total		123	1920

Keterangan:

dt = *downtime*

tk = waktu antar kerusakan (jam)

Tabel 4. Waktu kerusakan dan perbaikan *Main Oil Pump*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	27/3/2022	58	2016
2	21/6/2022	60	
3	16/8/2022	60	1368
Total		178	3384

Tabel 5. Waktu kerusakan dan perbaikan *Thrust Bearing*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	13/3/2022	120	336
2	27/3/2022	18	
3	02/5/2022	21	888
Total		159	1224

Tabel 6. Waktu kerusakan dan perbaikan *Gland Packing*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	21/3/2022	30	648
2	25/4/2022	30	
3	27/6/2022	35	1416
Total		95	2064

Tabel 7. Waktu kerusakan dan perbaikan *Vacuum Pump*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	21/1/2022	50	1392
2	24/3/2022	23	
3	23/6/2022	40	2184
Total		113	3576

Tabel 8. Waktu kerusakan dan perbaikan *Valve CCWP*

No	Tanggal Kerusakan	dt	tk
1	27/1/2022	50	24
2	28/1/2022	10	
3	30/1/2022	10	48
4	23/3/2022	20	1296
Total		90	1368

Tabel 9. Data frekuensi *downtime* mesin *Steam Turbine*

No	Komponen	Frekuensi	Total Downtime
1	<i>Stop Valve</i>	2	123
2	<i>Main Oil Pump</i>	3	178
3	<i>Thrust Bearing</i>	3	159
4	<i>Gland Packing</i>	3	95
5	<i>Vacuum Pump</i>	3	113
6	<i>Valve CCWP</i>	4	90
Total		18	758

3. Data harga komponen mesin *Steam Turbine* dan total biaya perusahaan

Berdasarkan hasil wawancara dengan petugas *maintenance* diketahui data harga masing-masing komponen mesin *Steam Turbine* selama periode tahun 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Harga komponen mesin *Steam Turbine*

No	Komponen	Harga (Rp/komponen)
1	<i>Stop Valve</i>	1.500.000
2	<i>Main Oil Pump</i>	10.000.000
3	<i>Thrust Bearing</i>	7.000.000
4	<i>Gland Packing</i>	100.000
5	<i>Vacuum Pump</i>	2.500.000
6	<i>Valve CCWP</i>	1.000.000

Pengolahan Data

Penentuan komponen kritis ini ditentukan berdasarkan data *downtime* mesin *Steam Turbine* yang terdapat pada tabel 9 sehingga dapat diketahui persentase *downtime* dan persentase *downtime* kumulatif yang membentuk sebuah diagram pareto, sehingga komponen kritis dapat ditentukan. Adapun contoh perhitungan persentase *downtime* dan persentase *downtime* kumulatif pada komponen *Stop Valve* sebagai berikut :

$$\text{Persentase Downtime Stop Valve} = \frac{\text{downtime}}{\text{Total downtime}} \times 100\%$$

Maka dengan cara yang sama diperoleh persentase *downtime* komponen Mesin *Steam Turbine* pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengurutan Komponen Kritis Berdasarkan Nilai *Downtime*

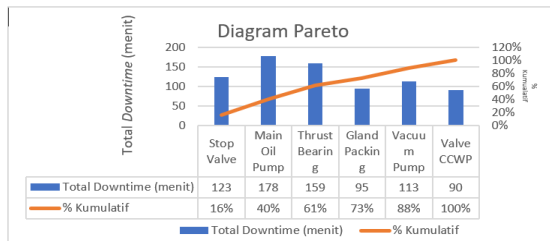
Komponen	Total dt (menit)	% dt	% dt kumulatif
<i>Stop Valve</i>	123	16%	16%
<i>Main Oil Pump</i>	178	23%	40%
<i>Thrust Bearing</i>	159	21%	61%
<i>Gland Packing</i>	95	13%	73%
<i>Vacuum Pump</i>	113	15%	88%
<i>Valve CCWP</i>	90	12%	100%
Jumlah	758		100%

Keterangan:

Total dt = total *downtime* (menit)

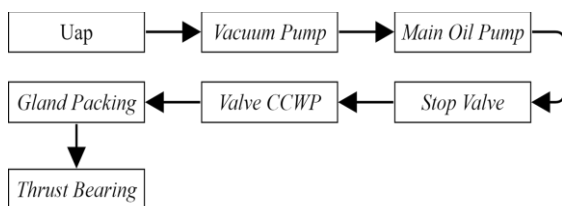
% dt = % *downtime*

Berdasarkan dari Tabel 11 diperoleh urutan komponen kritis pada mesin *Steam Turbine* dengan nilai *downtime* tertinggi sampai terendah adalah *Main Oil Pump*, *Thrust Bearing*, *Stop Valve*, *Vacuum Pump*, *Gland Packing*, dan *Valve CCWP*. Untuk ilustrasi bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram pareto pada mesin *Steam Turbine*.

Pembuatan *Functional Block Diagram* bertujuan untuk mendeskripsikan sistem kerja dari mesin seperti proses produksi dan komponen mesin yang terlibat didalamnya dan berfungsi sebagai informasi dari sistem tentang desain dan operasi yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan tindakan.



Gambar 4. *Functional Block Diagram* mesin *Steam Turbine*

Dalam mesin *Steam Turbine* terjadi proses perubahan energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Adapun urutan proses mengubah energi menjadi kinetik pada saat berada di mesin *Steam Turbine*. Sampah yang telah dibakar di mesin *Boiler* diberi aliran air. Dengan menggunakan siklus air-uap-air yang merupakan suatu sistem tertutup air dari kondensat atau air dari hasil proses pengkondensasian di kondensor dan *make up water* dipompa ke turbin.

Setelah mengetahui sistem kerja dari mesin *Steam Turbine* pada tahap selanjutnya kita membuat tabel *Failure Mode and Effect Analysis* yang nantinya digunakan untuk mengidentifikasi *function*, *functional failures*, *failure mode* dan *failure effect* dari tiap komponen mesin *Steam Turbine*, yang selanjutnya dihitung nilai RPN atau *Risk Priority Number* berdasarkan pada perkalian *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D) dan nilai tertinggi dari perhitungan RPN akan dilakukan perawatan terlebih dahulu. Penyusunan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 12. Untuk menentukan distribusi waktu antar kerusakan dan distribusi waktu lamanya perbaikan pada Tabel 3-8 dilakukan dengan pengujian distribusi menggunakan *software* minitab 18. Untuk pemilihan jenis distribusinya berdasarkan nilai *correlation coefficient* terbesar. *Output* dari *software* minitab 18 sebagai hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan dan waktu lamanya perbaikan dapat dilihat pada lampiran C (distribusi waktu antar kerusakan) dan lampiran D (waktu lamanya perbaikan). Berikut ini adalah tabel rekapitulasi hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan (Tf) berdasarkan dari nilai korelasi terbesar dengan *software* minitab 18 yaitu seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian Distribusi waktu antar kerusakan

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			β (Shape)	η (Scale)
1	Stop Valve	Weibull	0,422	771,308
2	Main Oil Pump	Weibull	2,952	2539,79
3	Thrust Bearing	Weibull	2,468	922,858
4	Gland Packing	Weibull	2,658	1555,02
5	Vacuum Pump	Weibull	2,917	2685,58
6	Valve CCWP	Weibull	0,653	528,706

Setelah diperoleh distribusi serta parameter masing-masing distribusi pada hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dengan

Tabel 12. *Failure Mode and Effect Analysis* mesin *Steam Turbine*

RCM INFORMATION WORKSHEET											
Komponen	Function		Funtional Failure		Failure Modes (cause of failure)		Failure Effect (what happen if it failure)	S	O	D	RPN
<i>Stop Valve</i>	1	Merupakan katup yang berfungsi untuk menyalurkan atau menghentikan aliran steam yang menuju turbin	A	Uap tidak dapat tersalurkan ke turbin	1	<i>Stop valve</i> macet	Tidak dapat mengalirkan arus uap	8	6	5	240
<i>Main Oil Pump</i>	1	Berfungsi untuk memompakan oli dari tangki untuk disalurkan pada turbin	A	Oli tidak dapat tersalurkan ke turbin	1	Terjadi kebocoran di tangki	Tidak dapat memompa dan menyalurkan oli	8	6	6	288
<i>Thrust Bearing</i>	1	Berfungsi untuk menahan atau untuk menerima gaya aksial atau gaya sejajar terhadap poros yang merupakan gerakan maju mundurnya poros rotor	A	Terjadi kebocoran uap	1	<i>Thrust Bearing</i> keropos	Temperatur menurun	7	5	4	140
<i>Gland Packing</i>	1	Sebagai Penahan kebocoran, baik kebocoran uap maupun kebocoran oli	A	Terjadinya kebocoran uap	1	<i>Gland Packing</i> keropos	Temperatur menurun	7	5	4	140
<i>Vacuum Pump</i>	1	Adalah alat penghisap pembuangan sisa-sisa uap setelah digunakan memutar <i>turbine</i> di ruang <i>condenser</i> , dengan demikian uap akan menjadi cair	A	Uap tidak dapat tersalurkan ke turbin	1	<i>Vacuum pump</i> tersumbat	Pompa tidak dapat menyalurkan uap	8	5	5	200
<i>Valve CCWP</i>	1	<i>Valve CCWP (Close Cooling Water Pump)</i> , adalah katup pengatur aliran air pendingin secara <i>close loop</i> (aliran tertutup)	A	Arus aliran air pelan/kecil	1	<i>Abnormal Press</i> tiba-tiba <i>drop</i>	Tidak dapat menyalurkan air secara maksimal	7	6	5	210
Keterangan: S : <i>Severity</i> , O : <i>Occurrence</i> , D : <i>Detection</i>											

menggunakan rumus berikut $= \eta\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai MTTF(Mean Time To Failure)

No	Komponen	MTTF (jam)
1	Stop Valve	933,784
2	Main Oil Pump	2268,997
3	Thrust Bearing	818,814
4	Gland Packing	1382,894
5	Vacuum Pump	2396,128
6	Valve CCWP	717,972

Selanjutnya dihasilkan nilai pengujian distribusi waktu lamanya perbaikan atau *time repair* (Tr) dengan *software* minitab 18 berdasarkan dari nilai korelasi terbesar seperti pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Pengujian Distribusi waktu lamanya perbaikan

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			β (Shape)	η (Scale)
1	Stop Valve	Weibull	2,436	92,737
2	Main Oil Pump	Weibull	1,900	101,361
3	Thrust Bearing	Weibull	1,199	84,543
4	Gland Packing	Weibull	1,894	54,088
5	Vacuum Pump	Weibull	1,797	64,073
6	Valve CCWP	Weibull	1,207	38,540

Setelah diperoleh distribusi serta parameter masing-masing distribusi pada hasil pengujian distribusi waktu lamanya perbaikan, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan menggunakan rumus $= \eta\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai MTTR(Mean Time To repair)

No	Komponen	MTTR (jam)
1	Stop Valve	1,371
2	Main Oil Pump	1,499
3	Thrust Bearing	1,324
4	Gland Packing	0,8
5	Vacuum Pump	0,949
6	Valve CCWP	0,602

Dalam menentukan interval perawatan yang tepat pada tiap komponen, maka diperlukan parameter distribusi antar waktu

kerusakan yang sesuai, biaya penggantian karena kerusakan dan biaya penggantian karena perawatan pada komponen mesin *Steam Turbine*. Sebelum menentukan interval perawatan, maka dilakukan perhitungan biaya sebagai berikut :

Biaya penggantian komponen karena perawatan (C_M)

Biaya ini meliputi tenaga kerja operator, biaya tenaga kerja *maintenance* atau mekanik dan harga komponen. Maka dengan cara yang sama diperoleh hasil perhitungan dari biaya penggantian komponen karena perawatan yang dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Biaya Penggantian Karena Perawatan (C_M)

No	Komponen	Harga (Rp)	MTTR (jam)	CM (Rp)
1	Stop Valve	933,784	1,371	1.730.328
2	Main Oil Pump	2268,997	1,499	10.251.82
3	Thrust Bearing	818,814	1,324	7.222.432
4	Gland Packing	1382,894	0,8	234.400
5	Vacuum Pump	2396,128	0,949	2.659.432
6	Valve CCWP	717,972	0,602	1.101.136

Biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_F)

Biaya penggantian ini meliputi biaya operator, biaya mekanik, biaya *downtime* dan harga komponen dimana keseluruhan biaya tersebut merupakan kerugian yang diakibatkan karena kerusakan komponen. Maka dengan cara yang sama diperoleh hasil perhitungan dari biaya penggantian komponen karena perawatan yang dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_F)

No	Komponen	Harga (Rp)	MTTR (jam)	CF (Rp)
1	Stop Valve	1.500.000	1,371	1.730.328
2	Main Oil Pump	10.000.000	1,499	10.251.82
3	Thrust Bearing	7.000.000	1,324	7.222.432
4	Gland Packing	100.000	0,8	234.400
5	Vacuum Pump	2.500.000	0,949	2.659.432
6	Valve CCWP	1.000.000	0,602	1.101.136

Mengitung Interval Perawatan (TM)

Setelah diperoleh biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_F), biaya penggantian karena perawatan (C_M) serta parameter yang sesuai dengan pengujian distribusi, maka langkah selanjutnya adalah menghitung interval perawatan (TM) yang optimal. Rangkuman hasil perhitungan interval perawatan pada masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 19 berikut.

Setelah dilakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) komponen mesin *Steam Turbine* yang terdapat pada tabel 17 dan telah diketahui nilai dari interval perawatan (TM) pada mesin *Finishing Mill* yang terdapat pada table 19 maka pada tahap selanjutnya yaitu membuat tabel RCM II *Decision Worksheet*. RCM II *Decision Worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure modes*. Berdasarkan gambar tabel tersebut, kita dapat melihat RCM II *Decision Worksheet* pada mesin *Steam Turbine*.

Cara untuk mengisi tabel RCM II *Decision Worksheet* adalah sebagai berikut: Untuk komponen *Stop Valve*, agar bisa mengisi kolom *Information Reference* pada komponen *Roll Table*, maka kita harus melihat tabel 17 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terlebih dahulu. kolom *Information Reference* ini terdiri dari F (*function*) yaitu fungsi komponen (yang dianalisa) FF (*failure function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*failure mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi. F bernilai 1 berarti komponen *Stop Valve* mempunyai 1 fungsi yaitu menyalurkan aliran uap menuju ke turbin, FF bernilai A berarti komponen *Stop Valve* mempunyai 1 kegagalan fungsi yaitu tidak mampu menyalurkan aliran uap ke turbin, FM bernilai 1 berarti komponen *Stop Valve* mempunyai 1 penyebab kegagalan fungsi, yaitu

tersumbat yang berakibat tidak dapat menyalurkan aliran uap.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada mesin *Steam Turbine* di PT. Sumber Organik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dapat dirumuskan bahwa mesin *Steam Turbine* pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSp) di PT. Sumber Organik masih memiliki keandalan yang kurang karena berdasarkan ketentuan Standart Industri Indonesia (SII) persentase keandalan minimal sebesar 70%, sementara pada mesin *steam turbine* masih memiliki persentase keandalan rata-rata sebesar 51,21%.
2. Berdasarkan hasil penentuan komponen kritis dengan menggunakan diagram pareto diperoleh nilai *downtime* tertinggi adalah komponen *Main Oil Pump* dengan nilai *downtime* sebesar 178 menit. Adapun urutan nilai *downtime* komponen mesin tertinggi sampai terendah pada mesin *steam turbine* adalah *Main Oil Pump* sebesar 178 menit, *Thrust Bearing* sebesar 159 menit, *Stop Valve* sebesar 123, *Vacuum Pump* sebesar 113, *Gland Packing* sebesar 95, dan *Valve CCWP* sebesar 90.
3. Adapun usulan interval perawatan yang optimal pada mesin *steam turbine* untuk komponen *Stop Valve* adalah selama 16 hari, *Main Oil Pump* selama 79 hari, *Thrust Bearing* selama 84 hari, *Gland Packing* selama 10 hari, *Vacuum Pump* selama 40 hari dan *Valve CCWP* selama 21 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada TPA Benowo dan PT. Sumber Organik di Surabaya serta UPN Veteran Jawa Timur.

Tabel 19. Interval Perawatan

No	Komponen	β	η	CM (Rp)	CF (Rp)	TM (jam)
1	<i>Stop Valve</i>	0,422	771,308	1.730.328	4.408.166	360,279
2	<i>Main Oil Pump</i>	2,952	2539,79	10.251.832	13.179.679	1891,008
3	<i>Thrust Bearing</i>	2,468	922,858	7.222.432	9.808.469	2.017,626
4	<i>Gland Packing</i>	2,658	1555,02	234.400	1.796.960	234,808
5	<i>Vacuum Pump</i>	2,917	2685,58	2.659.432	4.513.019	983,807
6	<i>Valve CCWP</i>	0,653	528,706	1.101.136	2.276.963	495,398

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., & Mustajib, M, I. 2013. "Sisteam Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)". Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arif. 2009. "Penilaian Pabrik, Mesin dan Peralatan". Gramedia. Jakarta.
- Arinta E. 2020. "Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Metode RCM Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor". Universitas Islam Indonesia.
- Ben-Daya, M. 2000. "You May Need RCM to Enhance TPM Implementation". *Journal of Quality in Maintenance Engineering* pp. 82-85.
- Christy D.M. 2019. "Perancangan Jadwal Maintenance Untuk Menurunkan Downtime Pada Line Mesin Pellet 9 Dengan Metode Reliability Centered". Universitas Kristen Petra.
- Corder A.S. 1988. "Teknik Manajemen Pemeliharaan". Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Corder A.S. 1992. "Teknik Manajemen Pemeliharaan". Erlangga. Jakarta.
- Dhillon B.S. 1997. "Reliability Engineering in System Design and Operation". Van Nostrand Reinhold Company, Inc., Singapore.
- Diastari A., Setiawan P.A., Rachmat A.N. 2017. "Penjadwalan Maintenance Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada Mesin Pendingin Sabroe Di PT. Smart Tbk", Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Faruq U.I. 2016. "Studi Potensi Limbah Kota Sebagai Pembangkit Listrik tenaga Sampah (Pltsa) Kota Singkawang". *Jurnal Teknik Elektro*. Universitas Tanjungpura.
- Iksan. 2010. "Menentukan interval perawatan pencegahan padamesin stripping di PT Aditama Raya Farmino dengan metode age replacement". *Agritek*, Vol. 5 (1), pp. 61 – 71.
- Jardine, A.K.S. 1997. "Maintenance Replacement dan Reability Titman Publishing". New York.
- Lubis M.F.I. 2021. "Implementasi Perawatan Preventive Pada Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Menggunakan Metode RCM". Universitas Islam Indonesia.
- Mobley K.R. 1999. "Root Cause Failure Analysis". Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Moubray J. 1991. "Reliability Centered Maintenance II". Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.
- Moubray, J. 1997. "Reliability Centered Maintenance II". New York: Industrial Press Inc.
- Nurdiansah T., Priyo E., dan Kasiwi A. 2020. "Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah(Pltsa) Sebagai Solusi Permasalahan Sampahperkotaan; Studi Kasus Di Kota Surabaya". *Jurnal Envirotek* 12.
- Qodriyatun S.N. 2021. "Pembangkit Listrik Tenaga Sampah: Antara Permasalahan Lingkungan dan Percepatan Pembangunan Energi Terbarukan". *Jurnal Masalah-Masalah Sosial*.
- Rahmawan R.S., Saedudin R.R., dan Amelia Kurniawati. 2015. "Optimasi Kebijakan Perawatan Base Transceiver Station (BTS) Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Studi Kasus : PT Telkomsel Kota Bandung". Bandung.
- Sari D.P., dan Ridho M.F. 2016. "EvaluasiManajemenPerawatanDengamM etode Reliability Centered Maintenance II PadaMesin Blowing I Di Plant I PT. Pisma Putra Textile". *Jurnal Teknik Industri*, 11 (2), Hal.73-80.
- Smith, A. M. dan Glenn, H. R. 2004. "RCM – Gateway to World Class Maintenance". London: Elsevier Inc.
- Sunaryo,. Legisnal,. Denur. 2018. "Aplikasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila". Universitas Muhammadiyah Riau.
- Utama S.S. 2021. "Analisis Perawatan Pada Generator Turbin Guna Mengoptimalkan Komponen Kritis Dengan Metode RCM". Universitas Islam Indonesia.
- Weibull W. 1951. "A statistical distribution function of wide applicability". *Journal Application Mech.*, 18:293–297.
- Wibowo H., Sidiq A., dan Ariyanto. 2018. "Penjadwalan Perawatan Komponen Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perusahaan Karet". Universitas Malahayati.
- Zein I., Mulyati D., Saputra I. 2019. "Perencanaan Perawatan Mesin Kompresor Pada PT. Es Muda Perkasa Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)". Universitas Serambi Mekkah.