

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Perawatan Reliability Centered Maintenance (RCM)

5.1.1 Analisis *Failure Modes Effect and Analysis* (FMEA)

Berdasarkan hasil penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mesin BFPT maka dapat diperoleh nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk setiap komponen. Nilai RPN untuk setiap komponen. Nilai RPN untuk setiap komponen dapat dilihat pada tabel 5.1 .

Tabel 5.1 RPN kegagalan komponen mesin BFPT

No	Equipment	Sub Equipment	RPN
1	<i>Booster Pump BFP-T</i>	<i>Valve Manual</i>	120
		Pengukur Indikator	176
		<i>Pipe</i>	420
2	<i>Lube Oil Booster Pump</i>	<i>Lube oil</i>	96
3	<i>Lube Oil Pump</i>	Pengukur Indikator	132
		<i>Panel Kontrol</i>	140
		<i>Lube Oil</i>	160
		<i>Heat Exchanger</i>	144
4	<i>Pump BFP-T</i>	<i>Valve Mov</i>	48
		Pengukur Indikator	246
		<i>Stainer Filter</i>	42

No	Equipment	Sub Equipment	RPN
		Valve Mov	84
		Mechanical Seal	159
		Coupling Pump	72
5	Turbine BFPT	Valve Manual	144
		Pengukur Indikator	222
		Rotor	64
		Rumah Turbin (cashing)	60
		Pipe Steam	70
		Panel Control	60
		Valve Mov	42
		Over Speed Trip Mechanism	56
		MHC Component	132
		Control Valve Steam	60
		Bearing	304

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa komponen utama yang memiliki nilai prioritas terbesar pada mesin BFPT, yaitu komponen *turbine*-BFPT dengan sub komponen *bearing*.

5.1.2 Analisis Kategori Komponen Berdasarkan Logic Tree Analysis (LTA)

Berdasarkan hasil analisis LTA, maka dapat diperoleh kategori kegagalan masing-masing komponen mesin. Pengkategorian komponen dilakukan atas pertimbangan:

1. Kategori A (*safety Problem*) yaitu mode kegagalan komponen dapat mengakibatkan gangguan keselamatan pada operator dan lingkungan atau bahkan berakibat pada kematian. Berdasarkan hasil penelitian tidak ada komponen yang termasuk dalam kategori ini.
2. Katagori B (*Outage Problem*) yaitu mode kegagalan dari suatu komponen dapat menyebabkan sistem kerja komponen terhenti sebagian atau keseluruhan sehingga berpengaruh terhadap terhadap *operasional plant* seperti kuantitas,

kualitas produk terhadap hasil produksi yang dapat membengkakkan biaya. Yang termasuk dalam kategori ini adalah :

- a. Sub mesin *Booster Pump BFP-T* pada komponen *Valve manual*
 - b. Sub mesin *Booster Pump BFP-T* pada komponen *Pipe*
 - c. Sub mesin *Lube oil Booster Pump* pada komponen *Lube oil*
 - d. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Lube Oil*
 - e. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Heat Exchanger*
 - f. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen Pengukur Indikator
 - g. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen *Stainer Filter*
 - h. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen *Valve Mov*
 - i. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Rotor*
 - j. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Valve Mov*
 - k. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Over Speed Mechanism*
 - l. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *MHC component*
 - m. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Bearing*
3. Kategori C (*Economic problem*) yaitu komponen yang tidak dapat menyebabkan kegagalan pada seluruh atau sebagian sistem tetapi menyebabkan kerugian ekonomi pada perusahaan yang relatif kecil. Berdasarkan hasil penelitian, komponen yang termasuk pada kategori C adalah sebagai berikut:
- a. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen Pengukur Indikator
 - b. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Panel Kontrol*
 - c. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Lube Oil*
 - d. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Panel Heat Exchanger*
 - e. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen *Valve Mov*
 - f. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen Pengukur Indikator
 - g. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen *Mechanical Seal*
 - h. Sub mesin *Pump BFP-T* pada komponen *Coupling pump*
 - i. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Valve Manual*
 - j. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen Pengukur Indikator
 - k. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Rumah Turbine*
 - l. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Pipe Steam*
 - m. Sub mesin *Turbine BFP-T* pada komponen *Panel Kontrol*

- n. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *MHC component*
 - o. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Control Valve Steam*
4. Kategori D (*Hidden failure*) yaitu komponen yang kegagalan fungsinya tidak disadari dan sulit dideteksi oleh operator karena tersembunyi dari penglihatan operator. Pada hasil penelitian tidak ada komponen yang termasuk dalam kategori ini.

5.1.3 Analisis Pemilihan Tindakan RCM

Berdasarkan hasil pemilihan tindakan untuk komponen-komponen yang mengalami kegagalan pada mesin BFP-T, maka dapat diperoleh beberapa tindakan yaitu:

3.3.1.1.1.1 Condition Directed (CD).

Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen. Adapun komponen yang direncanakan dengan tindakan perawatan ini yaitu:

- a. Sub mesin *Booster Pump* BFP-T pada komponen *Valve manual*
- b. Sub mesin *Booster Pump* BFP-T pada komponen Pengukur Indikator
- c. Sub mesin *Booster Pump* BFP-T pada komponen *Pipe*
- d. Sub mesin *Lube oil Booster Pump* pada komponen *Lube oil*
- e. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen pengukur indikator
- f. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Panel Kontrol*
- g. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Lube oil*
- h. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Heat Exchanger*
- i. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Valve Mov*
- j. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen Pengukur Indikator
- k. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Stainer Filter*
- l. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Mechanical Seal*
- m. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Coupling pump*
- n. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Valve Manual*
- o. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen Pengukur Indikator
- p. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Rumah turbine*
- q. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Pipe Steam*

- r. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen Panel Kontrol
 - s. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Valve Mov*
 - t. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Over Speed Trip Mechaine*
 - u. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *MHC component*
 - v. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Control Valve steam*
 - w. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *bearing*
1. Time Directed (*TD*).
 Suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. Pada penelitian ini, tidak ada komponen yang menggunakan pemilihan tindakan TD.
 2. *Failure Finding* (*FF*).
 Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala. Adapun komponen yang direncanakan dengan tindakan perawatan FF adalah :
 - a. Sub mesin *Lube oil Pump* pada komponen *Lube oil*
 - b. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Valve Mov*
 - c. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Mechanical Seal*
 - d. Sub mesin *Pump* BFP-T pada komponen *Coupling pump*
 - e. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen Pengukur Indikator
 - f. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *Rotor*
 - g. Sub mesin *Turbine* BFP-T pada komponen *MHC component*

5.2 Analisis Pola Distribusi Kerusakan

Pola distribusi kerusakan dipilih dengan melakukan pengujian terhadap keempat distribusi yaitu distribusi *weilbull*, eksponensial, normal dan lognormal. Pengujian pola distribusi dilakukan terhadap data waktu antar kerusakan (*Time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*) komponen kritis yaitu bearing pada sub mesin *turbine-BFPT*. Pemilihan distribusi dilakukan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* yang berdasarkan nilai *index of fit*(r) paling besar. Hasil *index of fit* (r) untuk data waktu antar kerusakan pada komponen *bearing* dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan

No	Distribusi	Index Of Fit
1	<i>Exponensial</i>	0,923443561
2	Normal	0,933800715
3	Log Normal	0,947362714
4	<i>Weibull</i>	0,936327549

Pola distribusi yang terpilih pada data waktu antar kerusakan dipilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa komponen bearing berdistribusi lognormal. Sedangkan hasil perhitungan *index of fit* (r) untuk data waktu perbaikan komponen bearing dapat dilihat pada tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Perbaikan

No	Distribusi	Index Of Fit
1	<i>Exponensial</i>	0,935069941
2	Normal	0,989647017
3	Log Normal	0,970161027
4	<i>Weibull</i>	0,989861053

Pola distribusi yang terpilih pada data waktu antar perbaikan dipilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa komponen bearing berdistribusi *weibull*.

5.3 Analisis Uji Kecocokan Data (*Godnest of Fit*)

Distribusi yang didapatkan dari nilai *index of fit* (r) diuji kembali untuk memastikan apakah distribusi yang terpilih benar-benar mewakili data waktu kerusakan dan perbaikan.

Hasil dari *index of fit* untuk data kerusakan diperoleh distribusi lognormal, maka uji kecocokan distribusi dilakukan menggunakan uji *Kolmogrov-Smirnov Test*. Hasil untuk uji *Kolmogrov-Smirnov Test* dapat dilihat pada tabel 4.17 yang berarti keputusan H_0 diterima yaitu data antar kerusakan berdistribusi lognormal. Sedangkan pada data antar perbaikan yang sebelumnya memperoleh hasil nilai *index of fit* (r) berdistribusi *Weibull* diuji menggunakan *Mann's Test*. Hasil yang diperoleh dapat

dilihat pada tabel 4.18 yang berarti keputusan H_0 diterima yaitu data antar perbaikan berdistribusi *Weibull*.

5.4 Analisis Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF

Setelah pola distribusi data antar kerusakan diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan estimasi parameter dari distribusi untuk mendapatkan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*). Data waktu antar kerusakan komponen *bearing* mengikuti distribusi lognormal, maka hasil perhitungan MTTF adalah sebagai berikut:

Tabel 5.5 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF

Komponen	tmed(parameter lokasi)	S(parameter bentuk)	MTTF (menit)	MTTR (jam)
Bearing	385067,65779	0,61257	464537,8052	7742,3

Untuk komponen bearing didapatkan bahwa selang waktu antar kerusakan sebesar 7742,3 jam, yang berarti komponen bearing akan mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 7742,3 jam.

5.5 Analisis Parameter Distribusi TTR dan Nilai MTTR

Setelah pola distribusi data antar perbaikan diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan estimasi parameter dari distribusi untuk mendapatkan nilai MTTR (*Mean Time To Repair*). Data waktu antar perbaikan komponen bearing mengikuti distribusi *weibull*, maka hasil perhitungan MTTR adalah sebagai berikut:

Tabel 5.6 Nilai Parameter Distribusi TTR dan Nilai MTTR

Komponen	β (<i>shape parameter</i>)	θ (<i>scale parameter</i>)	MTTR (menit)	MTTR (jam)
Bearing	1,960191449	737,1057028	315,1171798	5,25 jam

Untuk komponen bearing didapatkan angka sebesar 5,25 jam, yang berarti perbaikan komponen bearing rata-rata selama 5,25 jam.

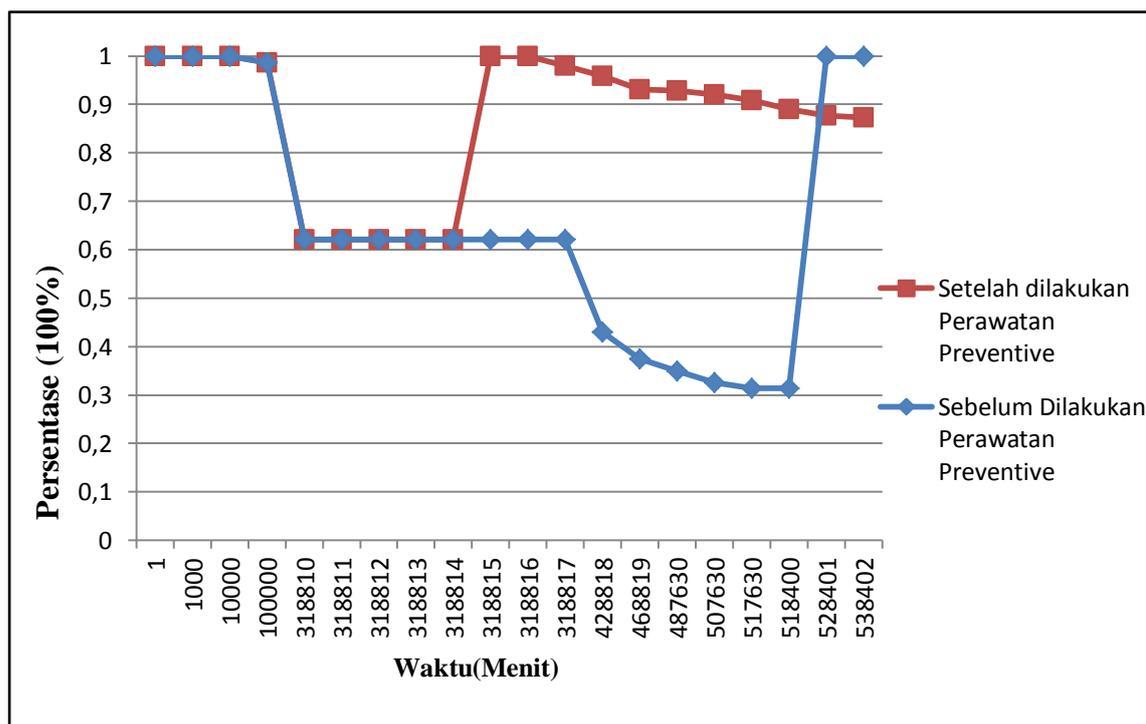
5.6 Analisis Interval Penggantian Pencegahan dan Pemeriksaan Komponen Bearing

Setelah diperoleh nilai MTTF dan MTTR, maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan selang waktu penggantian pencegahan. Parameter distribusi yang telah lulus uji kecocokan distribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung selang waktu penggantian pencegahan dengan kriteria *minimasi downtime*, dimana hasil perhitungan selang waktu penggantian pencegahan yang dipilih adalah yang menghasilkan nilai *downtime* paling kecil. Model yang digunakan adalah *Age replacement* dengan menggunakan distribusi lognormal.

Dari hasil pengolahan data pada tabel 4.19 diketahui bahwa komponen bearing diperoleh interval waktu penggantian selama 318.815 menit atau sekitar 7,4 bulan. Angka tersebut berarti komponen *bearing* harus sudah diganti dengan komponen yang baru setelah dioperasikan selama 7,4 bulan. Dengan adanya interval penggantian pencegahan komponen kritis, perusahaan dapat menerapkan kebijakan perawatan dengan merencanakan jadwal penggantian komponen. Sedangkan hasil untuk interval pemeriksaan diperoleh 37 hari, yang berarti pemeriksaan komponen *bearing* dilakukan setiap 37 hari sekali. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang dapat menyebabkan mesin berhenti beroperasi secara mendadak juga dapat memperpanjang umur dari sebuah komponen.

5.7 Analisis Perbandingan *Reliability* Sekarang dan Sesudah Penerapan *Preventive Maintenance*

Dengan dilaksanakannya tindakan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), diharapkan dapat meningkatkan keandalan komponen kritis *bearing*, dimana keandalan (*reliability*) komponen merupakan suatu peluang sehingga nilai tertinggi yaitu 1. Berikut ini adalah grafik tingkat keandalan kondisi sebelum dan sesudah usulan perawatan pada komponen *bearing*.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan *Reliability* Sesudah dan Sebelum Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan
Sumber : Pengolahan Data

Pada gambar 5.1 pada menit 1 sampai dengan menit ke-1.000.000 *reliability* dengan grafik warna biru (sebelum dilakukan *preventive maintenance*) dengan grafik berwarna merah (sesudah dilakukan *preventive maintenance*) mempunyai nilai keandalan 1 yang berarti tingkat keandalan dalam keadaan optimal karena kondisi komponen masih baru. Dan pada menit ke 318.810 keduanya mengalami penurunan sampai menit 318.814, karena seiring bertambahnya waktu komponen akan mengalami penurunan keandalan. Namun pada menit ke-318815 grafik merah mengalami kenaikan karena telah dilakukan penggantian pencegahan sehingga komponen mengalami kenaikan *reliability* karena kondisi mesin masih baru. Grafik biru mengalami penurunan seiring berjalannya waktu karena komponen yang tidak diganti sampai dengan umur dari bearing tersebut. Penggantian bearing pada perusahaan dilakukan setiap 1 tahun sekali dimana komponen tersebut sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan naiknya *downtime* akibat berakhirnya umur komponen. *Reliability* yang terjadi pada perusahaan menurun hingga 31% hingga menit ke 518400 sampai dilakukannya penggantian komponen pada menit ke 518401 atau sekitar 1 tahun sehingga *reliability* pada perusahaan kembali naik menjadi 100%. Sedangkan *reliability* yang terjadi pada grafik merah menurun hingga

60% sampai dilakukannya penggantian pada menit ke-318815 atau sekitar 7 bulan, sehingga *reliability* kembali naik menjadi 100%. Perbandingan pada saat komponen diganti dalam kurun waktu 1 tahun, *reliability* apabila dilakukan *preventive maintenance* sebesar 87% yang dinilai komponen masih dalam kondisi bagus, namun perbandingan apabila perusahaan tidak melakukan *preventive maintenance*, *reliability* mengalami penurunan sebanyak 69% yang menyebabkan banyaknya *downtime*. Penggantian berdasarkan *preventive maintenance* ini dapat menurunkan terjadinya *downtime* akibat umur dari komponen *bearing*. Penggantian pencegahan dapat mencegah berhentinya mesin secara tiba-tiba yang mengakibatkan produksi listrik yang dihasilkan tidak dapat memenuhi target.