

**PERENCANAAN SISTEM *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) PADA  
EQUIPMENT FEEDER BREAKER 2 UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN MESIN  
DI PT. KALTIM PRIMA COAL**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**YAN GRANDIS SANJAYA  
NIM. 115060207111036-62**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2015**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Perencanaan Sistem *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada *Equipment Feeder Breaker 2* untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Di Kaltim Prima Coal," sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya dan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Ir., Tjuk Oerbandono, M.Sc., CSE selaku Dosen Pembimbing I dan selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi.
2. Bapak Rudianto Raharjo, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Kurniadi selaku pembimbing lapangan selama di PT. KPC.
4. Bapak Tikto Hartanto selaku pembimbing lapangan selama di PT. KPC.
5. Bapak dan ibu saya tercinta, Bapak Widadi dan ibu Eny beserta kakak saya Tania yang selalu memberikan kasih sayang, cinta, doa, motivasi, materiel, kepercayaan, dan dukungan kepada penulis. Tetap pengabdian saya hanya untuk keluarga.
6. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST.,M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan yang telah membantu memberikan pengarahan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST.,MT. Ketua Program Studi SI Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan pengarahan, ilmu dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Purnami, ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan pengarahan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Bapak Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng. selaku dosen wali yang telah
10. Bapak Agus Susena dan ibu Maria Kristinawati beserta keluarga selaku saudara tercinta yang telah memberikan dukungan selama penelitian yang dilakukan di PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur.



11. Seluruh Staf dan Karyawan *Coal Processing and Plant Departement* yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penelitian yang dilakukan di PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur.
12. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung baik dalam perkuliahan maupun selama penyusunan skripsi ini.
13. Dodi Alexsander Aritonang dan Marita Kusnawati selaku sahabat yang selalu bersama dalam penyusunan skripsi dan yang senantiasa memberi motivasi, dukungan, semangat, kasih sayang nasehat dan doa kepada penulis.
14. Rekan-rekan Fire Generation dan Fire House Malang selaku sahabat yang senantiasa memberi motivasi, dukungan, semangat, kasih sayang nasehat dan doa kepada penulis
15. Saudara seperjuangan “KAMIKAZE” yang telah menjadi keluarga dan memberikan banyak pelajaran dan nasehat kepada saya. Semoga kita selalu diberi kemudahan, kelancaran dan kekuatan.
16. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
17. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar terciptanya karya tulis yang lebih baik . Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 <i>Equipment Feeder Breaker</i> .....	4
2.3 Pengertian dan Macam-macam <i>Maintenance</i> .....	8
2.4 Teori <i>Reliability</i> .....	10
2.4.1 Pengertian <i>Reliability</i> .....	10
2.4.2 Fungsi Keandalan .....	11
2.4.3 Laju Kegagalan .....	11
2.5 Distribusi untuk Menghitung Keandalan .....	12
2.6 Parameter Distribusi .....	15
2.7 <i>Mean Time to Failure (MTTF)</i> .....	16
2.8 Pengujian Dengan Menggunakan <i>Software Minitab</i> .....	17
2.9 Pengertian <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	19
2.9.1 Komponen-Komponen RCM.....	19
2.9.2 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	21
2.9.3 Metode <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	22
2.9.4 <i>System Function and Performance Standards</i> .....	22
2.9.5 <i>Functional Failure</i> .....	23
2.9.6 <i>Failure Modes</i> .....	23
2.9.7 <i>Failure Effect</i> .....	23





2.9.8	<i>Failure Consequences</i> .....	24
2.9.9	<i>Proactive Task</i> .....	24
2.9.10	<i>Default Action</i> .....	24
2.9.11	<i>Functional Block Diagram (FBD)</i> .....	25
2.9.12	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	25
2.9.13	<i>Risk Priority Number (RPN)</i> .....	28
2.9.14	<i>RCM Decision Diagram</i> .....	31
2.10	Hipotesis .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		34
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	34
3.2	Identifikasi Variabel .....	34
3.3	Tahapan Penelitian .....	35
3.3.1	Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	35
3.3.2	Pengumpulan Data .....	36
3.3.3	Pengolahan Data .....	36
3.3.4	Tahap Analisa dan Kesimpulan .....	37
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		39
4.1	Studi Pendahuluan .....	39
4.1.1	Proses Produksi Di <i>Coal Processing</i> .....	39
4.1.2	Pemilihan Mesin Kritis .....	40
4.1.3	<i>Feeder breaker</i> .....	41
4.1.4	Pemilihan Komponen Kritis .....	42
4.2	Pengumpulan Data .....	43
4.3	Pengolahan Data .....	46
4.3.1	<i>Functional Block Diagram (FBD)</i> .....	46
4.3.2	RPN ( <i>Risk Priority Number</i> ) .....	46
4.3.3	FMEA ( <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ) .....	47
4.3.4	Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan .....	49
4.3.5	Analisa <i>Reliability</i> Komponen Mesin <i>Equipment Feeder Breaker</i> dan Interval waktu pemeliharaan .....	54
4.3.6	<i>RCM Decision Worksheet</i> .....	59
4.4	Pembahasan .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		63

5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	64

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	27
Tabel 2.3	Parameter <i>Severity</i> pada RPN	29
Tabel 2.4	Parameter <i>Occurrence</i> pada RPN	29
Tabel 2.5	Parameter <i>Detection</i> pada RPN	29
Tabel 2.6	<i>RCM Decision Worksheet</i>	32
Tabel 4.1	Data MPI pada seluruh <i>equipment Coal Processing and Plant</i>	40
Tabel 4.2	Data Waktu antar Kerusakan (TF) dan Waktu Lama Perbaikan (TR) Komponen <i>Feeder Breaker</i> dari Januari 2010-Desember 2014 dalam Satuan Jam	44
Tabel 4.3	<i>Function and Function Failure Feeder Breaker</i>	45
Tabel 4.4	Penyebab Kegagalan dan Efek Kegagalan Fungsi <i>Feeder Breaker</i>	45
Tabel 4.5	<i>Risk Priority Number (RPN)</i> komponen- komponen <i>Feeder breaker 2</i>	47
Tabel 4.6	<i>FMEA Diagram feeder breaker 2</i>	48
Tabel 4.7	Perhitungan paramater distribusi Weibull Komponen <i>Chain drive Breaker</i>	51
Tabel 4.8	Hasil Uji Distribusi	52
Tabel 4.9	Nilai MTTF pada tiap komponen	53
Tabel 4.10	Nilai Keandalan Komponen <i>Head Shaft</i>	55
Tabel 4.11	Nilai Keandalan Komponen <i>Chain Feeder</i>	56
Tabel 4.12	Nilai Keandalan Komponen <i>Chain Breaker</i>	56
Tabel 4.13	Nilai Keandalan Komponen <i>Shear pin</i>	57
Tabel 4.14	Nilai Keandalan Komponen <i>Bearing Breaker</i>	58
Tabel 4.15	<i>RCM Information Work Sheet Feeder breaker</i>	62



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Equipment feeder breaker	5
Gambar 2.2	(a). Chain Feeder tambap bawah (b) Chain Feeder tampak samping	6
Gambar 2.3	Drum Breaker	6
Gambar 2.4	Chain drive breaker	7
Gambar 2.5	Shear Pin	7
Gambar 2.6	Bearing Breaker	8
Gambar 2.7	Bagan Klasifikasi Maintenance	9
Gambar 2.8	Bathtub curve	11
Gambar 2.9	Shape Parameter	13
Gambar 2.10	Distribution ID Plot pada Minitab 17	18
Gambar 2.11	Distribution Overview Plot pada Minitab 17	19
Gambar 2.12	Komponen-komponen RCM.	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penerapan RCM pada Penelitian ini	38
Gambar 4.1	Bagian-bagian equipment feeder breaker	41
Gambar 4.2	Grafik analisis 5 nilai RPN tertinggi pada komponen feeder breaker 2	43
Gambar 4.3	FBD Feeder Breaker	46
Gambar 4.4	Penentuan distribusi waktu antar kerusakan pada komponen chain drive breaker	49
Gambar 4.5	Hasil parameter-parameter pada distribusi Weibull komponen Chain Breaker yang didapatkan menggunakan software Minitab	51
Gambar 4.6	Grafik Reliability Komponen Kritis equipment Feeder Breaker 2 Terhadap Waktu	59



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan MTTF Komponen *Feeder Breaker 2*
- Lampiran 2 *Probabilty Plot dan Distribution Overview Plot*
- Lampiran 3 Data TF dan TR Tiap Komponen



## RINGKASAN

**Yan Grandis Sanjaya**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Perencanaan Sistem Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Equipment Feeder Breaker 2 untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Di Kaltim Prima Coal*, Dosen Pembimbing : Tjuk Oerbandono dan Rudianto Raharjo.

Di kala aktivitas produksi di dunia industri meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia maka akan membuat perusahaan penyedia sumber energi listrik meningkatkan kapasitas produksinya juga. Dan hal ini memaksa produsen penghasil bahan bakar untuk meningkatkan kapasitas produksinya juga, di mana salah satunya adalah industri penghasil (tambang) batu bara. Dalam hal menjaga kapasitas produksinya tetap stabil maupun meningkatkannya, diperlukan strategi untuk menjaga kualitas mesin produksi yang dimilikinya. PT. KPC (Kaltim Prima Coal) yang terletak di Sangatta, Kalimantan Timur, salah satu perusahaan penghasil batu bara terbesar di Indonesia, terdapat proses penyaluran material batu bara yang diangkut oleh *haul truck* menuju alat penghancur. *Feeder breaker* merupakan *seizing equipment* yang prosesnya meliputi dari pengumpanan batu bara dari *dumb truck* menuju alat penghancur yang berfungsi untuk mengubah batu bara dari ukuran besar menjadi ukuran yang diinginkan. Di dalam *Feeder Breaker* terdapat beberapa komponen semacam *shaft*, *sprocket*, *chain*, *shear pin*, motor listrik, *pick (teeth) breaker*. Dalam praktiknya, akibat tingginya aktifitas penambangan cenderung dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen tersebut yang dapat mengganggu jalannya proses produksi.

Pemilihan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada *equipment feeder breaker* pada PT. KPC (Kaltim Prima Coal) terkait fungsinya sebagai alat pengumpan dan penghancur batu bara, untuk menjaga alat tersebut tetap berfungsi sampai batas waktu maksimal operasinya. Menemukan komponen kritis, menentukan jenis tindakan pemeliharaan hingga menentukan jadwal perawatan merupakan tujuan dari penggunaan metode ini. Penelitian ini memadukan metode berupa RCM dan FMEA untuk menilai resiko kegagalan fungsi pada *Feeder breaker*.

Berdasarkan analisis nilai *Risk Priority Number* (RPN), diperoleh 5 komponen kritis tertinggi, berikut nilai RPN dari tertinggi sampai terendah *head shaft feeder* (294), *chain feeder* (252), *chain drive breaker* (210), *shear pin* (140), dan *bearing breaker* (112). Kemudian di analisis dengan FMEA, kegagalan yang terjadi pada masing-masing komponen tersebut adalah *head shaft feeder* patah, jarak pemanjangan (*elongation*) antar *chain feeder* melebihi 3% maka akan menyebabkan aus dan kemudian menimbulkan patah, *chain drive breaker* patah, *shear pin* putus, dan *bearing breaker* mencekam diakibatkan kurangnya *grease* dan kemudian patah. Dari perhitungan *reliability* didapat nilai keandalan masing-masing komponen saat ini adalah *head shaft* 10,2%, *Chain Feeder* 22,10%, *Chain drive Breaker* 38,35%, *Shear Pin* 41,03%, dan *Bearing Breaker* 19,32%. Setelah dilakukan peningkatan nilai *reliability* sebesar 90% maka dibutuhkan *interval* waktu pemeliharaan untuk setiap setiap komponen adalah sebagai berikut adalah *head shaft feeder* (192 jam), *chain feeder* (192 jam), *chain breaker* (288 jam), *shear pin* (136 jam), dan *bearing breaker* (480 jam). Ditinjau dari RCM *decision worksheet*, pemeliharaan yang tepat / *proposed task* untuk setiap komponen menggunakan *scheduled on-condition tasks* semua, karena kegagalan setiap komponen mempengaruhi *delay* produksi.

Kata kunci: RCM, FMEA, *Maintenance*, *Feeder Breaker*



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan teknologi pada belakangan ini berjalan semakin cepat. Hal ini dapat dirasakan di berbagai kegiatan dan bidang kehidupan. Pada kenyatannya, hal itu tidak terlepas dari kebutuhan manusia yang semakin tinggi. Sehingga menyebabkan persaingan dunia industri semakin ketat dalam meningkatkan kapasitas produksinya. Di kala aktivitas produksi di dunia industri meningkat maka akan membuat perusahaan penyedia sumber energi listrik meningkatkan kapasitas produksinya juga. Dan hal ini memaksa produsen penghasil bahan bakar untuk meningkatkan kapasitas produksinya juga, di mana salah satunya adalah industri penghasil (tambang) batu bara. Dalam hal menjaga kapasitas produksinya tetap stabil maupun meningkatkannya, diperlukan strategi untuk menjaga kualitas mesin produksi yang dimilikinya.

Ketika aktivitas suatu industri meningkat maka akan berdampak pula pada umur maupun kualitas aset seperti mesin dan alat yang dimiliki oleh industri tersebut. Semakin tinggi aktivitas industri maka semakin tinggi juga kinerja aset produksi yang dilakukan. Oleh karena itu penerapan strategi yang digunakan oleh perusahaan harus didukung dengan sumber daya yang ada, baik penyediaan bahan baku, alat, dan tenaga kerjanya. Salah satu strategi perusahaan untuk menjaga kondisi mesin tersebut adalah dengan melakukan pemeliharaan. Kegiatan pemeliharaan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki. Selain itu, kegiatan pemeliharaan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian–kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin.

Pada umumnya kegiatan pemeliharaan dibagi menjadi dua yaitu pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif. Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen vital yang mendukung kelancaran operasi, sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Oleh sebab itu, tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan pemeliharaan bagi masing–masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumber daya yang ada. Keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan landasan dasar untuk pemeliharaan fisik dan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan pemeliharaan



pencegahan (*preventive maintenance*) yang terjadwal (Ben-Daya, 2000). Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan dan kualitas pembentukan pemeliharaan pencegahan yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan (Moubray, 1997).

PT. KPC (Kaltim Prima Coal) yang terletak di Sangatta, Kalimantan Timur, salah satu perusahaan penghasil batu bara terbesar di Indonesia (Himawan, 2015), terdapat proses penyaluran material batu bara yang diangkut oleh *haul truck* menuju alat penghancur. *Feeder breaker* merupakan *seizing equipment* yang prosesnya meliputi dari pengumpanan batu bara dari *dumb truck* menuju alat penghancur yang berfungsi untuk mengubah batu bara dari ukuran besar menjadi ukuran yang diinginkan. Di dalam *Equipment Feeder Breaker* terdapat beberapa komponen seperti *shaft*, *sprocket*, *chain*, *shear pin*, motor listrik, *pick (teeth) breaker*. Dalam praktiknya, akibat tingginya aktifitas penambangan cenderung dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen tersebut yang dapat mengganggu jalannya proses produksi. Oleh karena itu, dengan adanya metode RCM kita mampu menemukan komponen-komponen kritis pada proses pengumpanan dan penghancuran material material batubara di *equipment Feeder Breaker* yang sering menimbulkan kerugian bagi perusahaan, seperti berhentinya proses produksi, apabila terjadi kerusakan. Pemeliharaan yang dilakukan tidak hanya sekedar meningkatkan keandalan mesinnya saja tetapi juga harus mampu meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan karya ilmiah ini antara lain :

1. Bagaimana cara menentukan komponen kritis yang terdapat pada *equipment Feeder Breaker*?
2. Bagaimana cara menentukan interval waktu perbaikan komponen kritis tersebut?
3. Rekomendasi jenis tindakan pemeliharaan (*maintenance task*) apa saja yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki batasan-batasan agar fokus dalam

menjawab permasalahan penelitian. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mesin yang akan menjadi obyek penelitian adalah mesin yang memiliki lima komponen kritis tertinggi pada *equipment Feeder Breaker* di PT. Kaltim Prima Coal.
2. Data kerusakan yang diamati dan dianalisis adalah data dari tahun Januari 2010 sampai Desember 2014.
3. *Tools* yang digunakan dalam RCM adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
4. Mesin produksi diasumsikan berjalan dengan normal saat beroperasi.
5. Berfokus pada perencanaan interval pemeliharaan komponen kritis

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi komponen kritis pada *equipment Feeder Breaker*.
2. Menentukan interval waktu perbaikan komponen kritis yang sering mengalami kerusakan.
3. Rekomendasi jenis tindakan/aktivitas pemeliharaan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap unit yang diteliti.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi mengenai komponen-komponen kritis pada *equipment Feeder Breaker*
2. Dapat memberikan saran mengenai interval pemeliharaan pada *equipment Feeder Breaker*
3. Dapat memberikan saran mengenai jenis tindakan pemeliharaan yang tepat pada setiap komponen kritis



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan dengan mempelajari beberapa penelitian yang sebelumnya. Informasi mengenai penelitian sebelumnya dan penelitian pada saat ini dapat dilihat pada Tabel. 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

	Aji, Sang (2013)	Islamidina (2014)	Sayuti (2013)	Gandi (2012)
Tujuan	Mengidentifikasi komponen kritis, menentukan tindakan perawatan, dan biaya perawatan	Menentukan Interval perawatan dan tindakan kegiatan perawatan mesin	Menentukan Interval perawatan dan tindakan kegiatan perawatan mesin	Menentukan Interval perawatan dan tindakan kegiatan perawatan mesin
Metode analisis	FMEA dan FTA	FMEA dan RCM II	FMEA dan RCM II	FMEA, SERP, dan MPI
Objek penelitian	Identifikasi komponen kritis, waktu optimal perawatan dan biaya perawatan	Identifikasi komponen kritis, jadwal penggantian komponen kritis dan tindakan kegiatan perawatan	Identifikasi komponen kritis, tindakan kegiatan perawatan mesin dan biaya perawatan	Identifikasi komponen kritis, tindakan kegiatan perawatan mesin

### 2.2 Equipment Feeder Breaker

*Equipment Feeder Breaker* merupakan *sizing equipment* yang fungsinya adalah meliputi sebagai berikut: sebagai tempat penampungan sementara material yang diterima dari alat pengangkut material (*haul truck*), kemudian selanjutnya material tersebut diteruskan ke alat penghancur *breaker* oleh *feeder*. *Feeder* sendiri berfungsi sebagai mesin pengumpan yang memiliki bentuk serupa dengan *chain conveyor*, sedangkan *breaker* adalah alat penghancur yang menghancurkan batu berukuran  $\geq 200$  mm menjadi ukuran  $\leq 200$  mm. Proses pada alat ini adalah batu bara dari tempat





penampung sementara (*hooper*) diterima oleh *feeder* kemudian diumpankan menuju *breaker* untuk dihancurkan yang nantinya akan diteruskan ke *crusher*. Berikut bagian-bagian dari *feeder breaker*.



Gambar 2.1 *Equipment Feeder Breaker*  
Sumber: PT. KPC

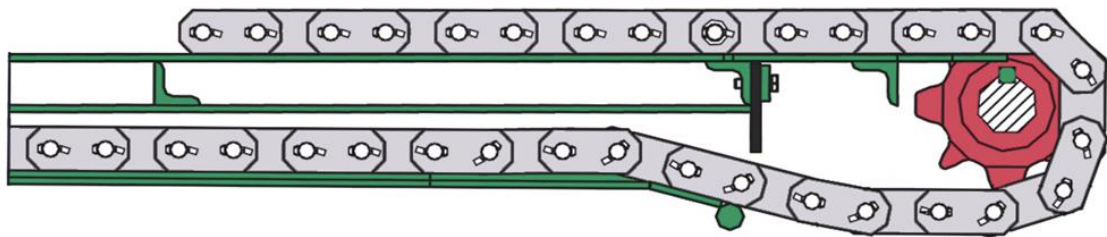
Berikut bagian-bagian yang terdapat pada *equipment Feeder Breaker*:

1. *Chain Feeder*

Merupakan salah satu bentuk pengumpan yang terdiri dari kerangka penggerak dimana satu dengan yang lainnya disambungkan dengan plate rantai, sambungan ini disangga atau ditahan oleh roll yang berputar diatas kerangka pengantar atau rol.



(a)

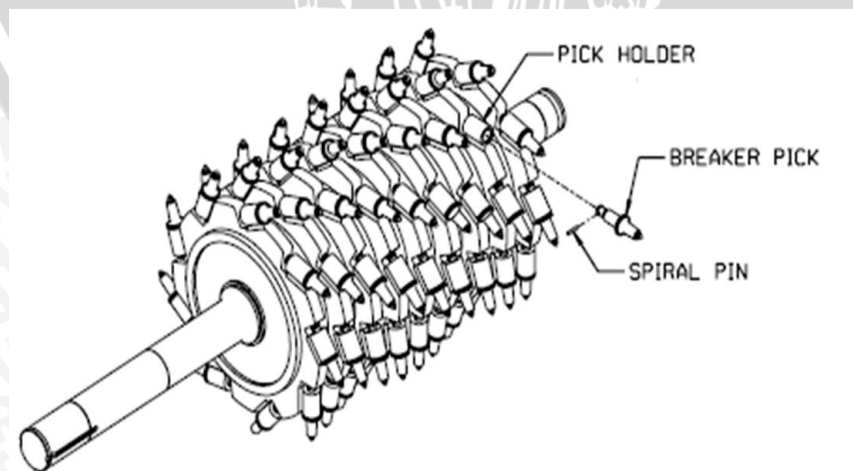


(b)

Gambar 2.2 (a). *Chain Feeder* tampak bawah (b) *Chain Feeder* tampak samping  
 Sumber: *Joy Global Module*, 2014

2. *Breaker*

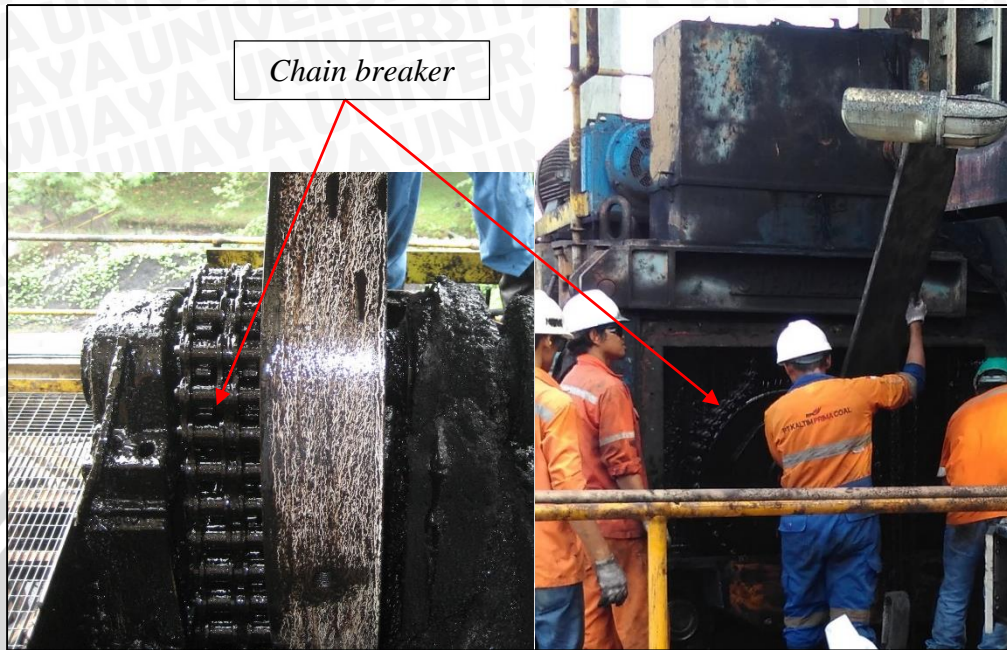
*Breaker* merupakan alat pemecah batubara dari berukuran besar menjadi ukuran yang diinginkan. Rata-rata kapasitas produksinya adalah 1000 – 1500 t/jam.



Gambar 2.3 *Drum Breaker*  
 Sumber: *Joy Global Module*, 2014



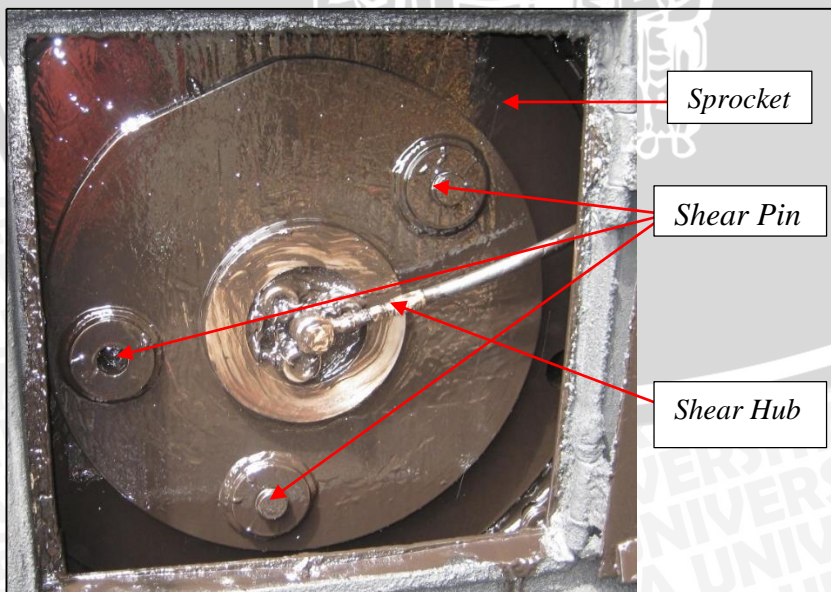
### 3. Chain drive breaker



Gambar 2.4 Chain drive breaker  
Sumber: PT. KPC

Chain drive Breaker merupakan rantai yang menghubungkan sprocket gearbox dengan sprocket breaker yang fungsinya untuk meneruskan daya putar motor listrik untuk menggerakkan sprocket breaker.

### 4. Shear Pin



Gambar 2.5 Shear Pin  
Sumber: PT. KPC



*Shaft drum breaker* yang dipasang sebuah *shear hub* dan dihubungkan ke *shear sprocket* dengan *shear pin*, kemudian *shear sprocket* dihubungkan ke sproket bagian atas yang berhubungan langsung dengan *gearbox*, dan *gearbox* dihubungkan dengan motor listrik sehingga bila motor listrik berputar maka *gearbox* berputar kemudian kedua *sprocket* berputar sehingga *drum breaker* berputar juga. *Shear pin* ini akan putus bila beban *breaker* berlebihan atau ada *uncrushable material* didalam *breaker* tersebut.

#### 5. *Bearing Breaker*

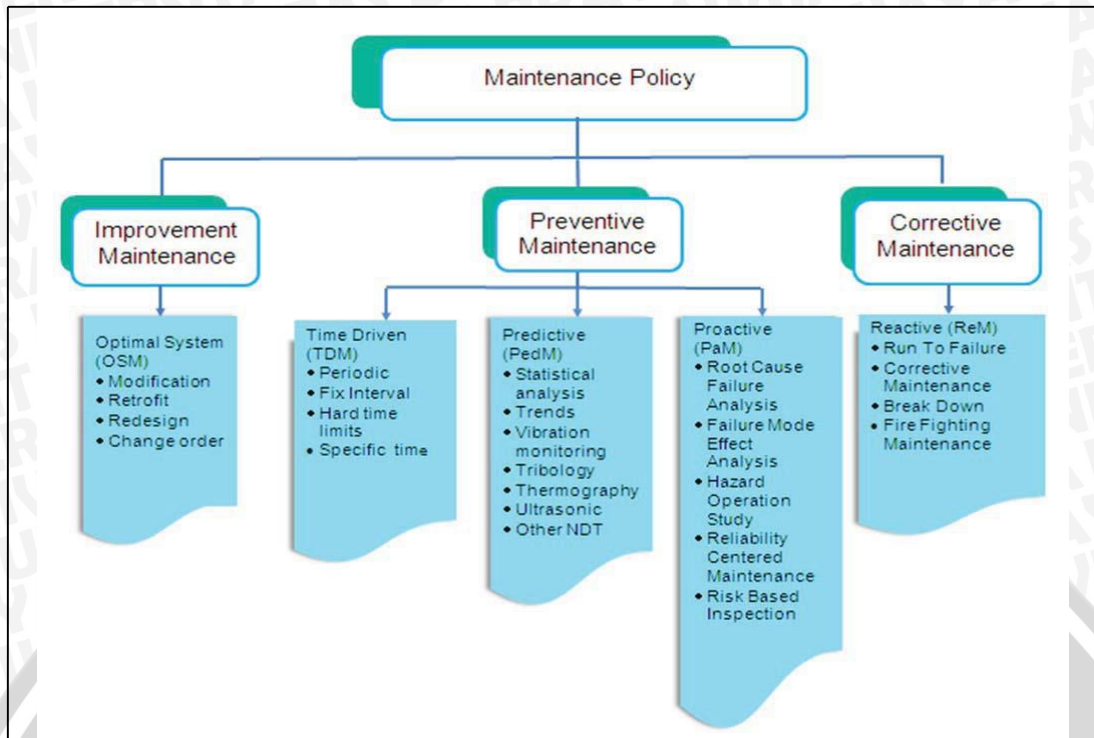


Gambar 2.6 *Bearing Breaker*  
Sumber: PT. KPC

*Bearing* pada *breaker* berfungsi untuk menumpu poros agar poros *drum breaker* dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan.

### 2.3 Pengertian dan macam-macam *Maintenance*

*Maintenance* merupakan proses perawatan perbaikan dan modifikasi *equipment* / alat kerja yang digunakan saat proses bekerja atau digunakan dalam sistem. Kegiatan pemeliharaan ini sangat penting bagi perusahaan agar kinerja mesin produksinya dapat bekerja secara optimal. Adapun jenis-jenis kegiatan *maintenance* yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.7 Bagan Klasifikasi *Maintenance*

Sumber : Buku Pemeliharaan Mekanik

a. *Improvement Maintenance* (Pemeliharaan perbaikan)

Pemeliharaan ini merupakan perbaikan yang bertujuan untuk mengurangi bahkan menghilangkan kebutuhan akan pemeliharaan yang ada. Dalam hal melakukan pemeliharaan, yang sering terjadi adalah melakukan pemeliharaan secara tak terencana. Oleh karena itu dengan melakukan pemeliharaan perbaikan diharapkan mampu menekan kegagalan sehingga dapat mengurangi kebutuhan perawatan.

b. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi terhenti atau berkurangnya fungsi mesin atau penanganan dini kondisi mesin sebelum menyebabkan cacat atau kerugian. *Maintenance* jenis ini memiliki tujuan mencegah terjadinya kerusakan peralatan selama operasi berlangsung. Aktivitas yang dilakukan pada *Preventive Maintenance* ada 3, yaitu:

- *Time driven* merupakan program pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal dengan cara mengganti komponen berdasarkan waktu atau jarak tempuh pemakaian. Sistem ini banyak diterapkan pada perusahaan yang menggunakan mesin dengan komponen yang tidak terlalu mahal.



- *Predictive* merupakan perawatan dimana dilakukan inspeksi terhadap asset peralatan untuk memprediksikan terhadap kerusakan atau kegagalan yang akan terjadi. Perawatan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem perawatan.
- *Proactive* adalah perbaikan mesin yang didasarkan dari hasil studi kelayakan mesin. Sistem ini banyak diterapkan pada perusahaan yang menggunakan mesin-mesin dengan komponen yang berharga mahal.,

c. *Corrective Maintenance*

Perawatan korektif ini dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang direncanakan untuk perbaikan. Perawatan ini dilakukan juga untuk menentukan tindakan yang diperlukan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan atau kemacetan yang terjadi berulang kali.

Tindakan perawatan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama. Prosedur ini ditetapkan pada peralatan atau mesin yang sewaktu-waktu dapat terjadi kerusakan.

## 2.4 Teori *Reliability*

Dalam upaya memecahkan masalah pada kegiatan pemeliharaan sangat dibantu dengan adanya konsep tentang *reliability* atau keandalan. Apabila sebuah perusahaan mengetahui tingkat keandalan dari asset fisiknya, hal ini dapat membantu mengetahui kapan sebaiknya waktu penggantian komponen dilakukan. Sehingga dapat mengurangi kerugian produksi yang disebabkan berhentinya mesin karena mengalami kerusakan.

### 2.4.1. Pengertian *Reliability*

Menurut Dhillon (2002), keandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu item akan mempertahankan keadaan baiknya selama jangka waktu tertentu bila digunakan dalam kondisi yang telah ditentukan. Rekayasa keandalan adalah penerapan pengetahuan teknik untuk manajemen risiko.

Menurut Ebeling (1997), keandalan adalah probabilitas suatu komponen/sistem dapat mencapai suatu fungsi yang telah ditetapkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi yang telah ditentukan. Kesimpulan dari beberapa pertanyaan di atas, keandalan adalah probabilitas mesin berfungsi baik pada selang waktu tertentu.

### 2.4.2. Fungsi Keandalan

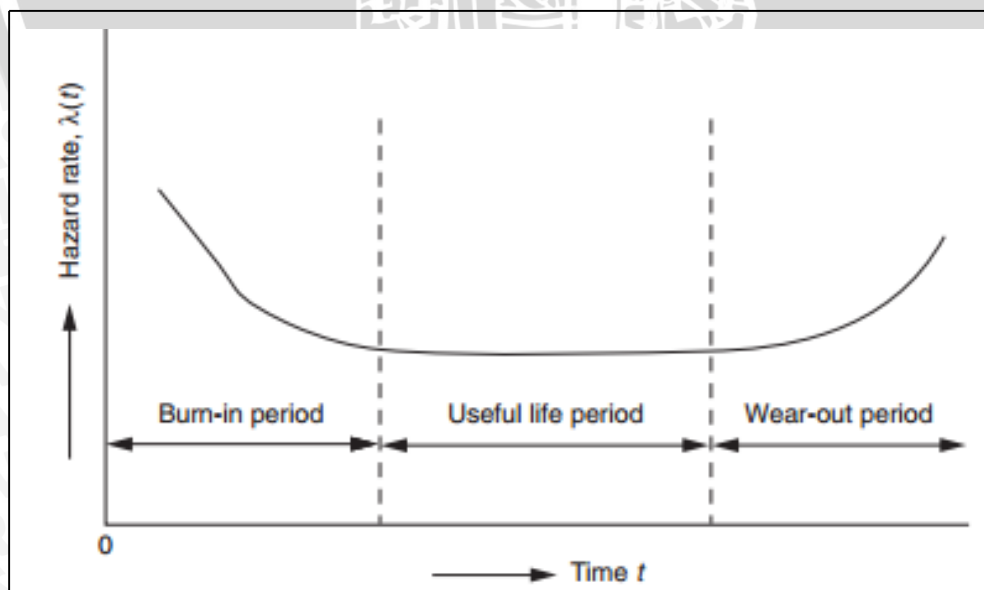
Kegagalan adalah hilangnya suatu fungsi jika fungsi tersebut diperlukan, terutama untuk mencapai tujuan keuntungan perusahaan. Keandalan adalah suatu ukuran dari probabilitas mampu beroperasi yang bebas dari kegagalan.

Keandalan adalah suatu ukuran probabilitas yang menyatakan hubungan antara keandalan dengan waktu ( $t$ ), sehingga keandalan adalah peluang suatu komponen dapat bekerja optimal sampai pada batas waktu  $t$ . Parameter utama yang menggambarkan keandalan adalah:

- Mean Time To / Between Failure* (MTBF) yakni rata-rata jarak waktu antar setiap kegagalan.
- Mean Time To Repair* (MTTR) yakni rata-rata jarak waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan
- Mean Life To Component* yakni angka rata-rata usia komponen
- Failure Rate* yakni angka maksimum kegagalan peralatan pada jarak waktu tertentu

### 2.4.3. Laju Kegagalan

Pola dasar laju kerusakan  $\lambda(t)$  akan mengalami perubahan sepanjang waktu. Laju kerusakan secara umum digambarkan dalam bentuk kurva atau yang biasa dikenal dengan *bathub curve* (Dhillon, 2002 : 168) dan (Ebelling, 1997 : 31-32). Hubungan antara kerusakan terhadap waktu bisa digambarkan dalam grafik di bawah ini:



Gambar 2.8 *Bathub curve*.

Sumber: Dhillon, 2002 : 168



Di dalam kurva bak mandi mempunyai 3 periode fase yaitu:

1. *Burn in Period*

Pada bagian ini mesin dan komponen-komponennya bekerja untuk pertama kalinya. Sehingga keandalan dari mesin ini masih tinggi. Biasanya kegagalan mesin disebabkan oleh kesalahan pemakaian, performansi material atau tenaga kerja yang di bawah standar.

2. *Useful life/Normal Life Period*

Pada daerah ini laju kerusakan tergolong konstan. Dan pada fase inilah mesin berjalan dengan kondisi paling optimal sehingga pada fase ini nilai keandalan dari suatu mesin bisa kita tentukan.

3. *Wear out Period*

Pada fase ini frekuensi kerusakan mesin akan semakin meningkat. Salah satu penyebabnya adalah peralatan atau mesin yang digunakan sudah melebihi umur produk, terjadinya keausan karena pemakaian dan korosi (ditandai dengan berkarat) dan perawatan yang tidak memadai.

## 2.5 Distribusi untuk Menghitung Keandalan

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan dalam keandalan (*reliability*) adalah distribusi *Weibull*, Normal, Lognormal dan *Eksponential*.

### a. Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi yang paling banyak digunakan untuk waktu kerusakan karena distribusi ini dapat digunakan baik untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Distribusi ini lebih sering digunakan pada komponen mekanik atau peralatan pemesinan.

Terdapat dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini yaitu  $\theta$  yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut sebagai parameter bentuk (*shape parameter*). Sedangkan fungsi-fungsi pada distribusi *Weibull* adalah (Ebeling, p59):

$$F(t) = 1 - e^{-(\theta t)^\beta} \quad (2-1)$$

dan

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2-2)$$

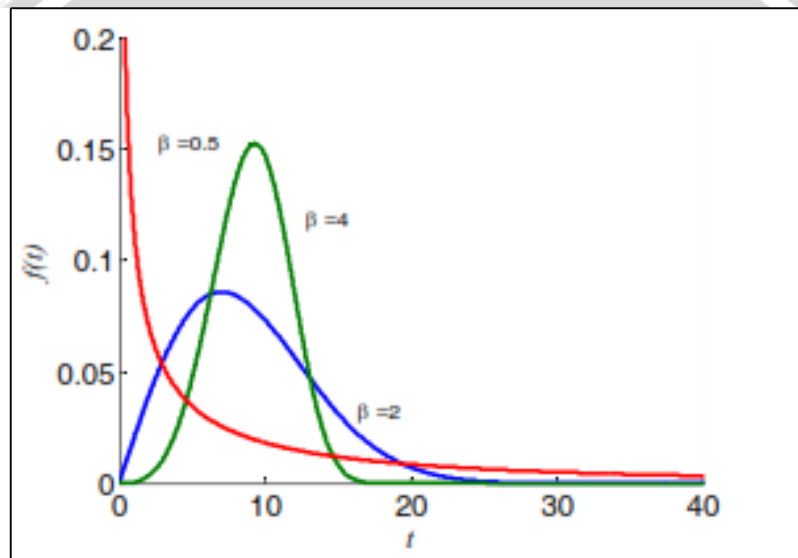
dengan lalu substitusikan persamaan (2-1) ke persamaan (2-2) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - (1 - e^{-(\theta t)^\beta}) \quad (2-3)$$

sehingga didapatkan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-(\theta t)^\beta} \quad (2-4)$$

Distribusi *Weibull* ini sering digunakan dalam menentukan tingkat kegagalan atau kerusakan, yang menentukan tingkat kerusakan tersebut dari pola data yang terbentuk adalah nilai parameter  $\beta$ . Nilai-nilai  $\beta$  yang menunjukkan laju kerusakan terdapat pada gambar 2.9. Jika parameter  $\beta$  (parameter bentuk) mempengaruhi bentuk kurva (laju kerusakan naik atau turun), maka parameter  $\theta$  (parameter skala) mempengaruhi nilai tengah dari pola data dan sebaran dari distribusi tersebut.



Gambar 2.9 *Shape Parameter*  
Sumber : Ben-Daya (2004)

Gambar 2.9 menunjukkan grafik *shape parameter* ( $\beta$ ) pada distribusi *Weibull* yang menunjukkan laju kerusakan yang di jeleaskan sebagai berikut:

- Jika  $0 < \beta < 1$ , menunjukkan laju kerusakan menurun (*decreasing failure rate*)
- Jika  $\beta = 1$ , menunjukkan distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial adalah model untuk *useful life period*, Laju kerusakan konstan (*constant failure rate*)
- $1 < \beta < 2$  Laju kerusakan meningkat (*increasing failure rate*)
- Jika  $\beta = 2$ , menunjukkan distribusi *Reyleigh*. Laju kerusakan linier (*linear failure rate*).
- $\beta > 2$  Laju kerusakan meningkat (*increasing failure rate*) Kurva berbentuk konveks
- Jika  $3 \leq \beta \leq 4$ , Menunjukkan distribusi normal / *gauss distribution* kurva berbentuk simetris, Laju kerusakan meningkat (*increasing failure rate*)



### b. Distribusi Lognormal

Dalam distribusi Lognormal dikenal adanya dua parameter yaitu  $s$  yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Seperti halnya *Weibull*, distribusi Lognormal mempunyai berbagai bentuk. Sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi *Weibull* juga sesuai dengan distribusi Lognormal (Ebeling, p73). Fungsi *reliability* yang terdapat pada distribusi Lognormal (Ebeling, 1997, p73) yaitu:

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} st} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2s^2}} \quad (2-5)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-6)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-5) ke persamaan (2-6) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} st} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2s^2}} \quad (2-7)$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2-8)$$

dimana

$\Phi(z)$  : didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

$$t_{med} = e^{\mu}$$

### c. Distribusi Normal

Distribusi Normal dapat digunakan untuk memodelkan fenomena keausan (kelelahan) atau kondisi wearout dari suatu mesin. Parameter yang digunakan adalah  $\mu$  (*mean*) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Sebenarnya distribusi ini bukanlah distribusi reliabilitas murni karena variable acaknya memiliki range antara minus tak hingga sampai plus tak hingga. Akan tetapi, karena hampir untuk semua nilai  $\mu$  dan  $\sigma$ , peluang untuk variabel acak yang memiliki nilai negatif dapat diabaikan, maka distribusi normal dapat digunakan sebagai pendekatan yang baik untuk proses kegagalan. Karena hubungannya dengan distribusi Lognormal, distribusi ini juga dapat digunakan untuk menganalisa probabilitas Lognormal. Fungsi yang digunakan dalam distribusi Lognormal ini antara lain (Ebeling, p69) :

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-9)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-10)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-9) ke persamaan (2-10) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-11)$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-12)$$

dimana

$\Phi(z)$  : didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

#### d. Distribusi Eksponensial

Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponensial adalah  $\lambda$ , yang merupakan rata – rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Pada distribusi ini, laju kegagalan dari keandalan sebuah distribusi kerusakan yang dihitung adalah konstan ( $\lambda = C$ ). Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi Eksponensial merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa (Ebeling, p41). Fungsi yang digunakan dalam distribusi Eksponensial antara lain (Ebeling, p41) :

$$f(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \quad (2-13)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-14)$$

lalu substitusikan persamaan (2-13) ke persamaan (2-14)

$$R(t) = 1 - \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \quad (2-15)$$

sehingga didapatkan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda} \quad (2-16)$$

## 2.6 Parameter Distribusi

Langkah yang dilakukan untuk menentukan keandalan suatu komponen atau mesin dan dalam mengetahui tingkat kerusakan suatu komponen atau mesin adalah mencari parameter dari setiap distribusi.

Menurut Ebeling (1997), rumus yang digunakan dalam menentukan parameter distribusi antara lain :



## 1. Distribusi Weibull

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \quad (2-17)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2-18)$$

Setelah nilai  $a$  dan  $b$  diketahui, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $\theta$  (parameter skala) dengan satuan jam dan  $\beta$  (parameter bentuk).

$$\text{Parameter skala: } \theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (2-19)$$

$$\text{Parameter bentuk: } \beta = b \quad (2-20)$$

## 2. Distribusi Eksponential

$$\text{Parameter } \mu = \beta \quad (2-21)$$

$$\text{Parameter } \sigma^2 = \beta^2 \quad (2-22)$$

## 3. Distribusi Normal

$$\text{Parameter } \mu = \text{rata-rata } \textit{time to failure} \quad (2-23)$$

$$\text{Parameter } \sigma^2 = \text{Variansi } \textit{time to failure} \quad (2-24)$$

Distribusi Lognormal

$$\text{Parameter } A(t_i) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad (2-25)$$

$$\text{Parameter } \textit{Var}(t_i) = e^{2\mu + \sigma^2} \cdot (e^{\sigma^2} - 1) \quad (2-26)$$

Dimana :  $A(t_i)$  = rata-rata *time to failure*

$\textit{Var}(t_i)$  = variansi *time to failure*

## 2.7 Mean Time to Failure (MTTF)

*Mean time to failure* (MTTF) merupakan rata – rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan dimana rata-rata waktu ini merupakan nilai yang diharapkan (*expected value*) dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. Nilai MTTF didapat dari data waktu antar kerusakan yang kemudian data tersebut diolah menggunakan *software* minitab 17 untuk mendapat nilai parameter setiap distribusi. Parameter tiap distribusi digunakan untuk perhitungan nilai MTTF. Perhitungan nilai MTTF setiap distribusi adalah sebagai berikut:

- Distribusi weibull

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2-27)$$

- Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2-28)$$

- Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2-29)$$

- Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2-30)$$

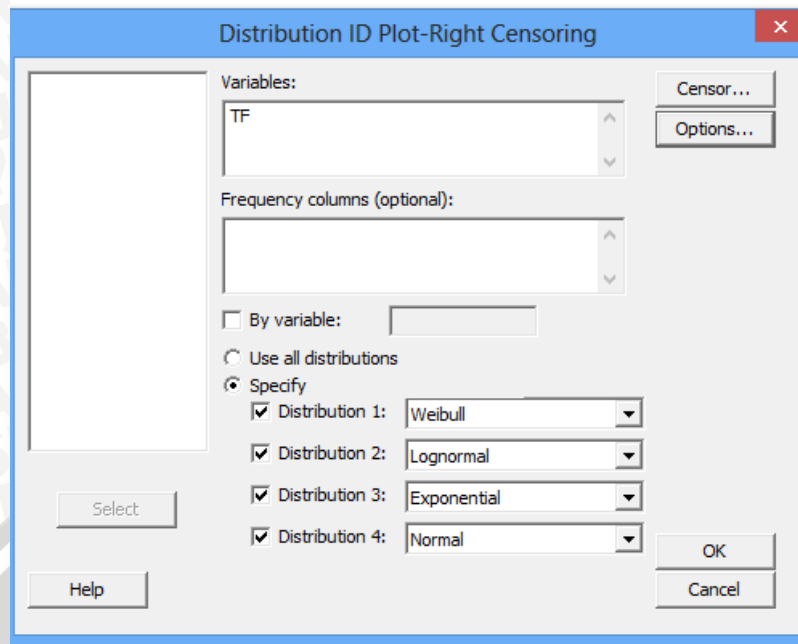
## 2.8 Pengujian Dengan Menggunakan *Software* Minitab 17

### a. Menentukan distribusi dari data waktu antar kerusakan

Menentukan distribusi dilakukan dengan cara menguji distribusi berdasarkan data-data waktu antar kerusakan (*time to failure*). Perhitungan distribusi dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 17. Dengan uji distribusi maka akan diketahui parameter-parameter pada setiap distribusi. Identifikasi jenis distribusi ini menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Data-data *time to failure* (TF) maupun data *time to repair* (TR) setiap komponen akan digambarkan kedalam grafik *probability plot* dengan tujuan untuk menyesuaikan pola sebaran frekuensi data TF kedalam grafik regresi linier sehingga dari distribusi akan diperoleh nilai *index of fit*. Dari perhitungan ini kita memperoleh nilai *index of fit* berdasarkan nilai Anderson Darling (AD) dan nilai *Correlation Coefficient* (r) pada data TF maupun TR. Semakin kecil nilai parameter *index of fit* Anderson Darling maka nilai *Correlation Coefficient* nya juga semakin besar (kedua parameter tersebut selalu berkaitan), maka distribusi tersebut adalah yang paling sesuai (Kartika, p12). Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk melakukan pengujian dengan menggunakan *software* Minitab 17 ini adalah :

1. Buka program Minitab 17.
2. Di *New Worksheet* masukkan nilai variabel x (waktu antar kerusakan) pada kolom C1.
3. Pilih Stat > *Reliability Survival* > *Distribution Analysis (Right Censoring)* > *Distribution ID Plot*.



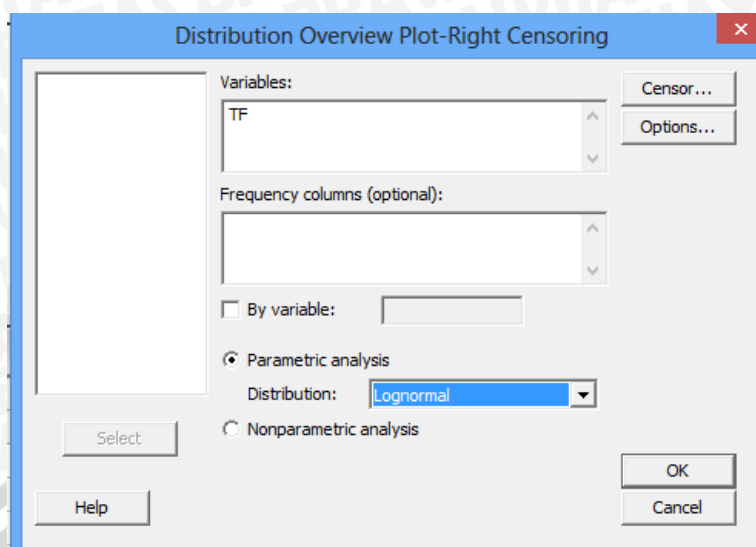


Gambar 2.10 *Distribution ID Plot* pada Minitab 17  
 Sumber: Minitab, 2006

4. Dalam *Variables*: masukan variabel TF pada kolom C1.
  5. Pilih *Specify*, untuk memilih distribusi yang akan di uji.
  6. Klik Ok.
- b. Menentukan parameter dari distribusi terpilih

Dari *distribution ID plot* akan menghasilkan grafik dari ditribusi weibull, lognormal, eksponensial, dan normal. Distribusi terpilih adalah apabila data keusakannya yang paling mendekati garis regresi linear dan ditunjukkan dengan koefisien korelasi tetinggi. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai parameter yaitu dengan *overview plot* dari data antar kerusakan, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Pilih Stat > *Reliability Survival* > *Distribution Analysis (Right Censoring)* > *Distribution Overview Plot*



Gambar 2.11 *Distribution Overview Plot* pada Minitab 17  
Sumber: Minitab, 2006

2. Dalam *Variables*: masukan variabel TF pada kolom C1
3. Pilih *Parametric analysis* distribution weibull
4. Klik ok

## 2.9 Pengertian *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

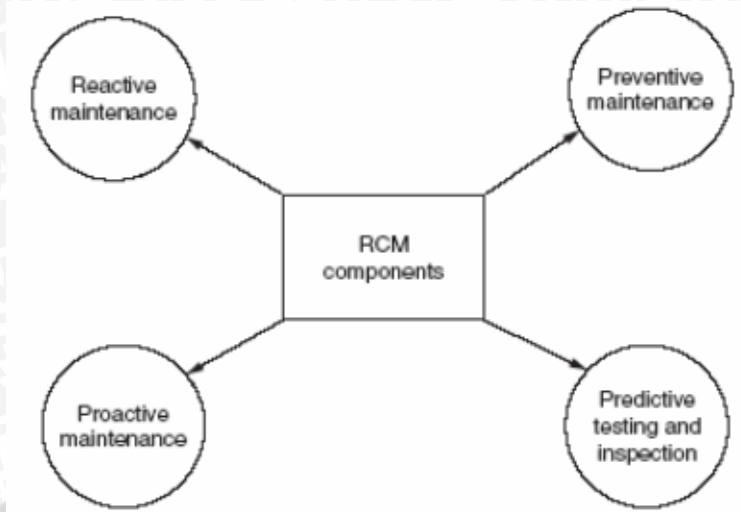
Proses sistematis RCM mengidentifikasi semua fungsi dan kegagalan fungsional aset. Hal ini juga mengidentifikasi semua kemungkinan penyebab kegagalan tersebut. Ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi dampak dari mode kegagalan yang mungkin terjadi dan untuk mengidentifikasi cara apa untuk dampak yang terjadi. Setelah mengumpulkan informasi ini, proses RCM kemudian memilih kebijakan pengelolaan aset yang paling tepat (Mobley, 2008).

RCM diperkenalkan pada tahun 1960, namun pada awalnya digunakan oleh produsen pesawat terbang, maskapai penerbangan, dan pemerintah yang ditujukan untuk memelihara pesawat terbang (Nowlan dan Heap dalam Pintelon et al., 1999). Moubray (1997) mendefinisikan RCM sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna.

### 2.9.1. Komponen-Komponen RCM

RCM terdiri dari 4 komponen, yaitu *reactive maintenance*, *Preventive maintenance*, *predictive testing and inspection*, and *proactive maintenance*.





Gambar 2.12 Komponen-komponen RCM.  
Sumber: Dhillon, 2002:92

4 komponen utama RCM terdiri dari sebagai berikut:

a. *Reactive Maintenance*

Ini adalah jenis *maintenance* yang berprinsip: operasikan sampai rusak, atau perbaiki ketika rusak. *Maintenance* jenis ini hanya dilakukan ketika proses deteriorasi sudah menghasilkan kerusakan.

b. *Preventive Maintenance*

*Maintenance* jenis ini sering disebut *time based maintenance*, sudah dapat mengurangi frekuensi kegagalan ketika *maintenance* jenis ini diterapkan, jika dibandingkan dengan *reactive maintenance*. *Maintenance* jenis ini dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi komponen. Kegiatannya antara lain terdiri dari pemeriksaan, penggantian komponen, kalibrasi, pelumasan, dan pembersihan. *Maintenance* jenis ini sangat tidak efektif dan tidak efisien dari segi *cost* ketika diterapkan sebagai satu-satunya metode *maintenance* dalam sebuah plant.

Tujuan utama memonitor sebuah *equipment* adalah mengetahui keadaan dan mendapatkan trend dari kondisi equipmet tersebut dari waktu ke waktu. Pendekatan yang digunakan adalah:

- Antisipasi kegagalan dari pengalaman yang sebelumnya (*failure anticipation from past experience*), seringkali pengalaman kegagalan sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan trend kegagalan.
- Statistik distribusi kegagalan (*failure distribution statistic*), distribusi kegagalan dan propabilitas kegagalan harus diketahui untuk menentukan periode akan

terjadinya kegagalan.

- Pendekatan konservatif (*conservative approach*), praktik yang sering dilakukan di lapangan adalah melakukan monitoring secara rutin (tiap bulan atau tiap minggu). Sering kali data yang didapatkan tidak mencukupi untuk mengetahui kondisi equipment, hal ini akan menyebabkan periode atau interval monitoring semakin diperpendek.

c. Tes Prediksi dan Inpeksi (*Prediction Testing and Inspection*)

PTI seringkali disebut sebagai conditioning monitoring atau *predictive maintenance*. PTI dapat digunakan untuk menjustifikasi *time based maintenance*, karena hasilnya digaransi oleh kondisi equipment yang termonitor. Data PTI yang diambil secara periodik dapat digunakan untuk menentukan trend kondisi equipment, perbandingan data antar equipment, proses analisis statistik, dsb. PTI tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya metode *maintenance*, karena PTI tidak dapat mengatasi semua moda potensi kegagalan.

d. *Proactive Maintenance*

Tipe *maintenance* ini akan menuntun pada : desain, workmanship, instalasi, prosedur dan *scheduling maintenance* yang lebih baik. Karakteristik dari *proactive maintenance* adalah *continous improvement* dan menggunakan feedback serta komunikasi untuk memastikan bahwa usaha *improvement* yang dilakukan benar-benar membawa hasil yang positif. Analisa *root-cause failure* dan *predictive analysis* diterapkan antara lain untuk mendapatkan *maintenance* yang efektif, menyusun interval kegiatan *maintenance*, dan memperoleh *life cycle*. Gambar 2 menunjukkan aspek yang merupakan bagian dari *proactive maintenance* untuk mendapatkan *life extent*.

### 2.9.2. Tujuan *Reliability Centered Maintenance*

Beberapa tujuan penting dari penerapan RCM adalah:

- Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *Preventive maintenance* (PM)
- Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan keandalan
- Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem



d. Mendapatkan semua tujuan diatas dengan total biaya yang minimal

### 2.9.3. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

John Moubray (1997) juga menjelaskan bahwa RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan keperluan perawatan aset-aset fisik dalam konteks operasi (Moubray, 1997). RCM merupakan metode untuk mengembangkan, alternatif strategi dan keperluan perawatan yang bertujuan untuk memaksimalkan umur dan fungsi aset/sistem dengan biaya yang paling rendah.

Untuk menjalankan RCM dengan baik harus mengenal istilah berikut:

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi *standard* dari aset dalam konteks operational pada saat ini (*system functions*)?
2. Bagaimana aset tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak ditemukan (*default action*)?

### 2.9.4. *System Function and Performance Standards*

Penentuan *system function* merupakan langkah pertama dalam melakukan proses RCM. *System function* adalah fungsi dari suatu aset yang diharapkan *user* tetap berada dalam level kemampuan dari *item* tersebut. Menurut John Moubray (1997) terdapat dua kategori *system function*:

1. *Primary function* merupakan tujuan utama suatu aset yang dibuat/dibeli. Seperti kecepatan, hasil *output*, kapasitas penyimpanan, kualitas produk, dan layanan pelanggan.
2. *Secondary function* merupakan tujuan lain yang dimiliki suatu aset yang dibuat/dibeli. Seperti keamanan, kenyamanan, keamanan, efisiensi penggunaan dan yang lainnya.

Setelah ditetapkan fungsi dari suatu sistem yang diinginkan oleh *user* dan memastikan bahwa aset yang dimiliki dapat memenuhi keinginan *user*, menetapkan *performance standard* dari aset tersebut. *Performance standards* merupakan batas yang

ditetapkan oleh *user* terhadap suatu aset supaya dapat memenuhi fungsi yang diharapkan

### 2.9.5. *Functional Failure*

*Functional failure* merupakan keadaan aset yang tidak bisa memenuhi *performance standards* yang telah ditetapkan oleh *user* (Moubray, 1997). Dapat juga diartikan kegagalan suatu sistem dalam melaksanakan *system function* yang diharapkan. Dalam proses RCM terdapat dua level untuk mengidentifikasi apa saja kegagalan yang dapat terjadi. Langkah pertama dengan mengidentifikasi keadaan apa saja yang terjadi pada saat aset mengalami *failed state*. Langkah kedua dengan mencari apa saja yang menyebabkan aset mengalami *failed state*.

### 2.9.6. *Failure Modes*

Merupakan langkah dalam proses RCM yang dilakukan setelah menetapkan *functional failure*. *Failure modes* merupakan kejadian dimana menyebabkan terjadinya *failed state* (Moubray, 1997). Dapat juga diartikan penyebab terjadinya suatu kegagalan. Pada umumnya *failure modes* disebabkan oleh penurunan fungsi aset dan keausan pada aset. Daftar penyebab kegagalan harus meliputi *human errors* (operator dan *maintainers*) dan kesalahan desain.

### 2.9.7. *Failure Effect*

Merupakan langkah keempat dalam proses RCM. *Failure effect* merupakan penjelasan apa saja yang akan terjadi ketika *failure modes* berlangsung (Moubray, 1997). Dapat diartikan dampak dari terjadinya kegagalan. Dalam penjelasan *failure effect* mengandung beberapa informasi, yaitu:

1. Apa bukti (jika ada) bahwa kegagalan telah terjadi.
2. Dalam hal apa (jika ada) kegagalan yang terjadi mengancam keselamatan atau lingkungan.
3. Dalam hal apa (jika ada) kegagalan yang terjadi mempengaruhi produksi atau operasi.
4. Apa kerusakan fisik (jika ada) yang disebabkan oleh kegagalan yang terjadi.
5. Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi.



### 2.9.8. *Failure Consequences*

*Failure consequence* adalah dampak dari kegagalan yang terjadi apabila suatu sistem (komponen) tidak dapat menjalankan RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan kedalam empat kategori, yaitu:

1. *Hidden failure consequences*. Tidak memberikan dampak langsung tetapi memberikan konsekuensi lain yang cukup banyak.
2. *Safety and environmental consequences*. Kegagalan mempunyai *safety consequences* jika dapat melukai atau membeunuh seseorang. Sementara itu, kegagalan mempunyai *environmental consequences* jika membahayakan standar lingkungan dari perusahaan, wilayah, nasional, atau interansional.
3. *Operational consequences*. Mempengaruhi proses produksi, seperti kualitas produk, layanan konsumen, dan mempengaruhi biaya perbaikan langsung.
4. *Non-operational consequences*. Tidak memberikan dampak terhadap *safety* ataupun *production*. Hanya meliputi biaya perbaikan langsung.

### 2.9.9. *Proactive Task*

Tindakan ini diambil sebelum *failure* terjadi, dengan tujuan dapat mencegah aset berada pada *failed state*. RCM membagi *proactive task* kedalam tiga kategori, yaitu:

1. *Scheduled restoration tasks*. Mengharuskan melakukan perbaikan pada komponen pada atau sebelum batasan umur yang ditentukan, terlepas dari kondisi komponen pada saat yang telah ditentukan.
2. *Scheduled discard tasks*. Mengharuskan melakukan penggantian pada komponen pada atau sebelum batasan umur yang ditentukan, terlepas dari kondisi komponen pada saat yang telah ditentukan.
3. *Scheduled on-condition tasks*. Untuk mendeteksi *potential failures* sehingga dapat menghindari konsekuensi yang akan terjadi. *Potential failures* adalah mengidentifikasi terjadinya atau dalam proses terjadinya *functional failure* pada kondisi fisik aset.

### 2.9.10. *Default Action*

Tindakan ini diambil setelah *proactive task* tidak dapat diberikan dalam menghadapi *failure mode* yang terjadi. RCM membagi *default action* kedalam tiga kategori, yaitu:

1. *Failure finding*. Memeriksa *hidden failure* pada suatu aset secara periodik untuk menentukan apakah suatu aset mengalami *failure*.
2. *Redesign*. Melakukan perubahan terhadap kemampuan suatu sistem. Mencakup modifikasi terhadap komponen aset dan perubahan terhadap prosedur penggunaan aset.
3. *No scheduled maintenance*. Tidak dilakukan usaha untuk mencegah terjadinya *failure modes*. Jika terjadi *failure* langsung diperbaiki. Tindakan ini disebut juga *run-to-failure*.

### 2.9.11. *Functional Block Diagram (FBD)*

*Functional block diagram (FBD)* digunakan untuk mendeskripsikan sistem kerja dari suatu mesin. Selain itu, FBD merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut. Pembuatan FBD diharapkan dapat memudahkan pada saat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi.

Keuntungan dari FBD sendiri adalah sebagai berikut :

1. Sebagai dasar informasi dari sistem mengenai desain dan operasi, yang dipakai sebagai acuan untuk melakukan tindakan perawatan sebagai upaya pencegahan dikemudian hari.
2. Memperoleh pengetahuan sistem secara menyeluruh.
3. Mengetahui proses identifikasi parameter-parameter operasi yang menyebabkan kegagalan sistem.

### 2.9.12. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA telah banyak digunakan di berbagai sektor untuk mengatur resiko. Menurut Dhillon (1992) dalam Daya (2009) penggunaan FMEA pada sekitar tahun 1950 digunakan untuk mendesain sistem kontrol penerbangan. Pemakaian secara formal dimulai di industri dirgantara sekitar tahun itu, dimana kepedulian terhadap keselamatan penerbangan sangat tinggi. Sasaran awal FMEA adalah mencegah terjadinya kecelakaan yang dapat membahayakan nyawa orang. Sasaran ini juga masih berlaku hingga saat ini., hanya sasaran penggunaan FMEA saat ini sudah sangat luas. Namun pada intinya adalah mencegah terjadinya kegagalan dan dampaknya sebelum terjadi. FMEA sendiri merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan,



mengidentifikasi, dan mengeliminasi masalah, kegagalan, dan lainnya dari sistem, desain, proses dan servis sebelum sampai ke konsumen. (Daya, 2009)

Istilah-istilah yang digunakan dalam FMEA berbeda dengan yang digunakan dalam standar manajemen risiko, tetapi pengertiannya sama. Istilah-istilah tersebut adalah :

- Kesalahan (*failure*) adalah kegagalan proses atau produk
- Kegawatan (*severity*) adalah dampak yang timbul apabila suatu kesalahan (*failure*) terjadi
- Kejadian (*severity*) adalah kemungkinan atau probabilitas atau frekuensi terjadinya kesalahan
- Deteksi (*detection*) adalah kemungkinan untuk mendeteksi suatu kesalahan akan terjadi atau sebelum dampak kesalahan tersebut terjadi
- Tingkat prioritas risiko (*Risk Priority Number-RPN*) adalah hasil perkalian dari masing-masing tingkat kegawatan kejadian dan deteksi.

Dari uraian pengertian di atas maka dapat diidentifikasi hal-hal sebagai berikut :

- Kesalahan identik dengan risiko
- Kegawatan identik dengan dampak risiko
- Kejadian identik dengan kemungkinan terjadinya risiko
- Deteksi identik dengan pemahaman sumber risiko dan atau pemahaman terhadap pengendalian yang ada pada proses yang diamati
- RPN identik dengan tingkat kegawatan (*risk severity*) yaitu hasil perkalian dari masing-masing nilai dampak dan kemungkinan.

Secara umum dikenal 2 (dua) macam FMEA, yaitu proses FMEA dan desain FMEA. Penerapan FMEA dilakukan melalui suatu tim yang dibentuk khusus untuk itu. Untuk proses manufacturing, biasanya FMEA dilakukan untuk keseluruhan proses. Oleh karena itu perlu diadakan pembatasan tugas bagi masing-masing tim agar tidak terjadi kegiatan yang saling tumpang tindih.

Terdapat tiga langkah dalam penerapan FMEA, yaitu ;

1. Langkah ke-1 : Peninjauan Proses

Tim FMEA harus meninjau ulang peta proses bisnis atau bagan alir yang ada untuk di analisis. Ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kesalahan paham terhadap proses tersebut. Dengan menggunakan peta atau bagan alir tersebut, seluruh anggota tim haruslah melakukan peninjauan lapangan (*process walk-through*) untuk meningkatkan pemahaman terhadap proses yang dianalisa. Bila peta proses atau

bagan alir belum ada maka tim harus menyusun peta proses atau bagan alir tersebut sebelum memulai proses FMEA itu sendiri.

2. Langkah ke-2 : Brainstorming berbagai bentuk kemungkinan kesalahan atau kegagalan proses

Setelah melakukan peninjauan lapangan terhadap proses yang akan di analisis maka setiap anggota tim akan melakukan brainstorming terhadap kemungkinan kesalahan atau kegagalan yang dapat terjadi dalam proses tersebut. Proses *brainstorming* ini dapat berlangsung lebih dari satu kali untuk memperoleh satu daftar yang komprehensif terhadap segala kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi. Hasil *brainstorming* ini kemudian dikelompokkan menjadi beberapa penyebab kesalahan seperti manusia, mesin/peralatan, material, metode kerja dan lingkungan kerja. Cara lain untuk mengelompokkan adalah menurut jenis kesalahan itu sendiri, misalnya kesalahan pada proses *welding*, kesalahan elektrik, kesalahan mekanis dan lain-lain. Pengelompokkan ini akan mempermudah proses analisis nantinya dan untuk mengetahui dampak satu kesalahan yang mungkin menimbulkan kesalahan yang lain.

3. Langkah ke-3 ; membuat daftar dampak tiap-tiap kesalahan

Setelah diketahui semua daftar kesalahan yang mungkin terjadi maka dimulai menyusun dampak dari masing-masing kesalahan tersebut. Untuk setiap kesalahan, dampak yang terjadi bisa hanya satu, tetapi mungkin juga bisa lebih dari satu. Bila lebih dari satu maka semuanya harus ditampilkan. Proses ini harus dilaksanakan dengan cermat dan teliti, karena apa yang terlewat dari proses ini tidak akan mendapatkan perhatian untuk ditangani.

Tabel 2.2 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

RCM Information <i>Worksheet</i>		System:					
		Sub-system:					
		Sub-system Function:					
Equipment	Function		Functional Failure		Failure Mode		Failure Effect
1	2	3	4	5	6	7	8

Sumber: Moubray, 1997

Tabel 2.2 menunjukkan Tabel RCM *Decision Worksheet* yang terdapat 8 kolom. Masing-masing kolom diisi dengan ketentuan tersendiri. Ketentuan-ketentuan tersebut adalah:



- Kolom 1 diisi berdasarkan bagian dari suatu fungsional
- Kolom 2 diisi berdasarkan nomor urut untuk *function*
- Kolom 3 diisi berdasarkan fungsi dari komponen/peralatan
- Kolom 4 diisi berdasarkan nomor urut untuk *functional failure*
- Kolom 5 diisi berdasarkan kegagalan fungsi dari komponen/peralatan
- Kolom 6 diisi berdasarkan nomor urut untuk *failure mode*
- Kolom 7 diisi berdasarkan jenis kegagalan dari komponen/peralatan
- Kolom 8 diisi berdasarkan dampak kegagalan dari komponen/peralatan

Tentunya penggunaan metode FMEA yang dilakukan pada perusahaan mempunyai tujuan tertentu. Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penggunaan metode FMEA, adalah:

1. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya
2. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
4. Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Selain itu, manfaat yang dapat diperoleh oleh perusahaan dengan penggunaan metode FMEA adalah:

1. Meningkatkan kualitas yang menyangkut proses untuk menghasilkan suatu produk
2. Mengidentifikasi tahapan-tahapan proses (*station-station*) dimana resiko kegagalan yang tinggi dapat terjadi
3. Mengidentifikasi *variable-variable* proses yang perlu untuk dikontrol
4. Bertindak sebagai *platform* (Sarana) untuk mendiskusikan sebab-sebab suatu bentuk kegagalan dan akibat yang ditimbulkannya.
5. Menyediakan suatu kerangka untuk kemajuan yang berkelanjutan pada proses produksi

### 2.9.13. Risk Priority Number (RPN)

RPN adalah indikator kekritisian untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda kegagalan. RPN digunakan oleh banyak prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut :

- Keparahan efek (*Severity*) S – Seberapa serius efek akhirnya

Tabel 2.3 Parameter *Severity* pada RPN

Tabel Penilaian RPN	
Rating Scala of Likelihood <i>Severity</i>	
Rating	<i>Severity of Effect ( Delay hingga Termasuk start up normal )</i>
10	Mengakibatkan kematian dan produksi terhenti > 24 jam
9	Tidak mengakibatkan kematian namun produksi terhenti <=24 jam
8	Produksi terhenti >= 8 jam
7	Produksi terhenti >= 4 jam
6	Produksi terhenti 2 jam
5	Produksi terhenti 1 jam
4	Produksi terhenti 0.5 jam
3	Produksi terhenti 15 menit
2	Produksi terhenti <= 5 menit
1	Tidak ada resiko efek samping

Sumber: PT KPC

- Penyebab kejadian (*Occurrence*) O – Bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam moda kegagalan

Tabel 2.4 Parameter *Occurrence* pada RPN

Tabel Penilaian RPN			
Likelihood of Occurrence			
Rating	Kejadian	Frequency	Kemungkinan terjadi
10	<b>Very high :</b>	<b>Frequency More than once per day</b>	<b>&gt;30 %</b>
9	Failure tak dapat di hindari	<b>Once every 3-4 days</b>	<b>&lt;= 30 %</b>
8	<b>High:</b>	One per week	<=5%
7	Failure selalu berulang ukang	Once per month	<=1%
6	<b>Moderate:</b>	<b>Once every 3 months</b>	<b>&lt;=0.03</b>
5	Failure yang kadang-kadang terjadi	Once every 6 months	<=1per 10,000
4		Once per years	<=6 per 100,000
3	<b>Low :</b>	<b>Once every 1-3 years</b>	<b>&lt;= 6 per million</b>
2	Failure relative sangat sedikit terjadi	Once every 3-6 years	<=3 per 10 million
1	<b>Remote : failure is unlikely</b>	<b>Once every 6-100 years</b>	<b>&lt;=2per billion</b>

Sumber: PT KPC

- Deteksi penyebab (*Detection*) D – Bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan

Tabel 2.5 Parameter *Detection* pada RPN

Tabel Penilaian RPN	
Likelihood of <i>Detection</i>	
Rating	Ability to defect
10	Tidak dapat dideteksi
9	Unit kadang-kadang diperiksa saat terjadi kerusakan
8	Kerusakan hanya terdeteksi oleh instrument yang ada pada alat tersebut
7	Semua unit diperiksa secara manual
6	Unit diperiksa secara manual dan melakukan perkiraan modifikasi
5	Process is monitored Statistical process control ( SPC ) and manually inspected
4	SPC is used with an immediate reaction / adjustment to out of control conditions
3	SPC as above with 100% inspection surrounding out of control conditions
2	All unit are automatically inspected
1	Problem jelas, namun tidak mempengaruhi operasional dn safety.

Sumber: PT KPC



Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan rangking atau urutan defisiensi desain.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2-30)$$

Nilai RPN yang tinggi akan membantu memberikan pertimbangan untuk tindakan korektif pada setiap moda kegagalan.

Terdapat enam langkah dalam penyusunan RPN, yaitu:

1. Langkah ke-1 : menilai tingkat dampak (*severity*) kesalahan

Penilaian terhadap tingkat dampak adalah perkiraan besarnya dampak negatif yang diakibatkan apabila kesalahan terjadi. Bila pernah terjadi maka penilaian akan lebih mudah, tetapi bila belum pernah maka penilaian dilakukan berdasarkan perkiraan.

2. Langkah ke-2 : menilai tingkat kemungkinan terjadinya (*Occurrence*) kesalahan

Sama dengan langkah keempat, bila tersedia cukup data maka dapat dihitung probabilitas atau frekuensi kemungkinan terjadinya kesalahan tersebut. Bila tidak tersedia maka harus digunakan estimasi yang didasarkan pada pendapat ahli (*expert judgement*) atau metode lainnya.

3. Langkah ke-3 : menilai tingkat kemungkinan deteksi dari tiap kesalahan atau dampaknya

Penilaian yang diberikan menunjukkan seberapa jauh kita dapat mendeteksi kemungkinan terjadinya kesalahan atau timbulnya dampak dari suatu kesalahan. Hal ini dapat diukur dengan seberapa jauh pengendalian atau indikator terhadap hal tersebut tersedia. Bila tidak ada maka nilainya rendah, tetapi bila indikator sehingga kecil kemungkinan tidak terdeteksi maka nilainya tinggi.

4. Langkah ke-4 : hitung tingkat prioritas risiko (RPN) dari masing-masing kesalahan dan dampaknya

Nilai prioritas risiko (RPN) merupakan perkalian dari : *Severity x Occurrence x Detection*

Total nilai RPN ini dihitung untuk tiap-tiap kesalahan yang mungkin terjadi. Bila proses tersebut terdiri dari kelompok-kelompok tertentu maka jumlah keseluruhan RPN pada kelompok tersebut dapat menunjukkan bahwa betapa gawatnya kelompok proses tersebut bila suatu kesalahan terjadi. Jadi terdapat tingkat prioritas tertinggi untuk jenis kesalahan dan jenis kelompok proses.

5. Langkah ke-5 : urutkan prioritas kesalahan yang memerlukan penanganan lanjut

Setelah dilakukan perhitungan RPN untuk masing-masing potensi kesalahan maka dapat disusun prioritas berdasarkan nilai RPN tersebut. Apabila digunakan skala 10

untuk masing-masing variable maka nilai tertinggi RPN adalah =  $10 \times 10 \times 10 = 1000$ . Bila digunakan skala 5, maka nilai tertinggi adalah =  $5 \times 5 \times 5 = 125$ . Terhadap nilai RPN tersebut dapat dibuat klasifikasi tinggi, sedang dan rendah atau ditentukan secara umum bahwa untuk nilai RPN di atas 250 (*cut-off points*) harus dilakukan penanganan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan dan dampaknya serta pengendalian deteksinya. Penentuan klasifikasi atau nilai batas penanganan ditentukan oleh kepala tim atau oleh manajemen sesuai dengan jenis proses yang dianalisis.

6. Langkah ke-6 : lakukan tindak mitigasi terhadap kesalahan tersebut

Idealnya semua kesalahan yang menimbulkan dampak tinggi harus dihilangkan sepenuhnya. Penanganan dilakukan secara serentak untuk ketiga aspek, yaitu meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi kesalahan, mengurangi dampak kesalahan bila terjadi. Salah satu contoh untuk mendeteksi adanya kesalahan adalah adanya indikator panas pada mesin mobil bila terjadi overheating. Kesalahan ini dapat disebabkan oleh berbagai hal ; misalnya kipas radiator tidak bekerja, kebocoran pipa air pendingin, pompa air radiator tidak bekerja dan lain-lain. Sedangkan cara untuk mencegah dampak kesalahan bila sudah terjadi adalah dengan memasang kontak pemutus aliran listrik ke mesin sehingga mesin mati bila terjadi overheating. Dengan demikian, mesin tidak akan rusak karena overheating berlanjut. Untuk mengurangi terjadinya kesalahan, caranya adalah dengan menyusun suatu prosedur pemeriksaan berkala terhadap semua peralatan tersebut : kipas radiator, pompa air radiator, pengisian air radiator dengan cairan yang khusus untuk itu dan lain-lain.

#### 2.9.14. RCM Decision Diagram

RCM *Decision Diagram* mengintegrasikan semua proses keputusan kedalam suatu kerangka pemikiran. *Worksheet* ini mengandung informasi mengenai waktu dilaksanakannya perawatan rutin (jika ada) yang harus dilakukan, seberapa sering pelaksanaan perawatan rutin dilakukan, dan pihak yang bertanggung jawab melaksanakan perawatan rutin. Selain itu, kegagalan mana saja yang berpengaruh sangat besar yang mengharuskan mendesai ulang metode perawatan, dan penjelasan mengenai kejadian kegagalan yang terjadi.



Tabel 2.6 RCM *Decision Worksheet*

RCM <i>Decision Worksheet</i>			System:							System No:				Facilitator:		
			Sub-System:							Sub-System No:				Auditor:		
Information reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by	
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				

Sumber: Moubray, 1997

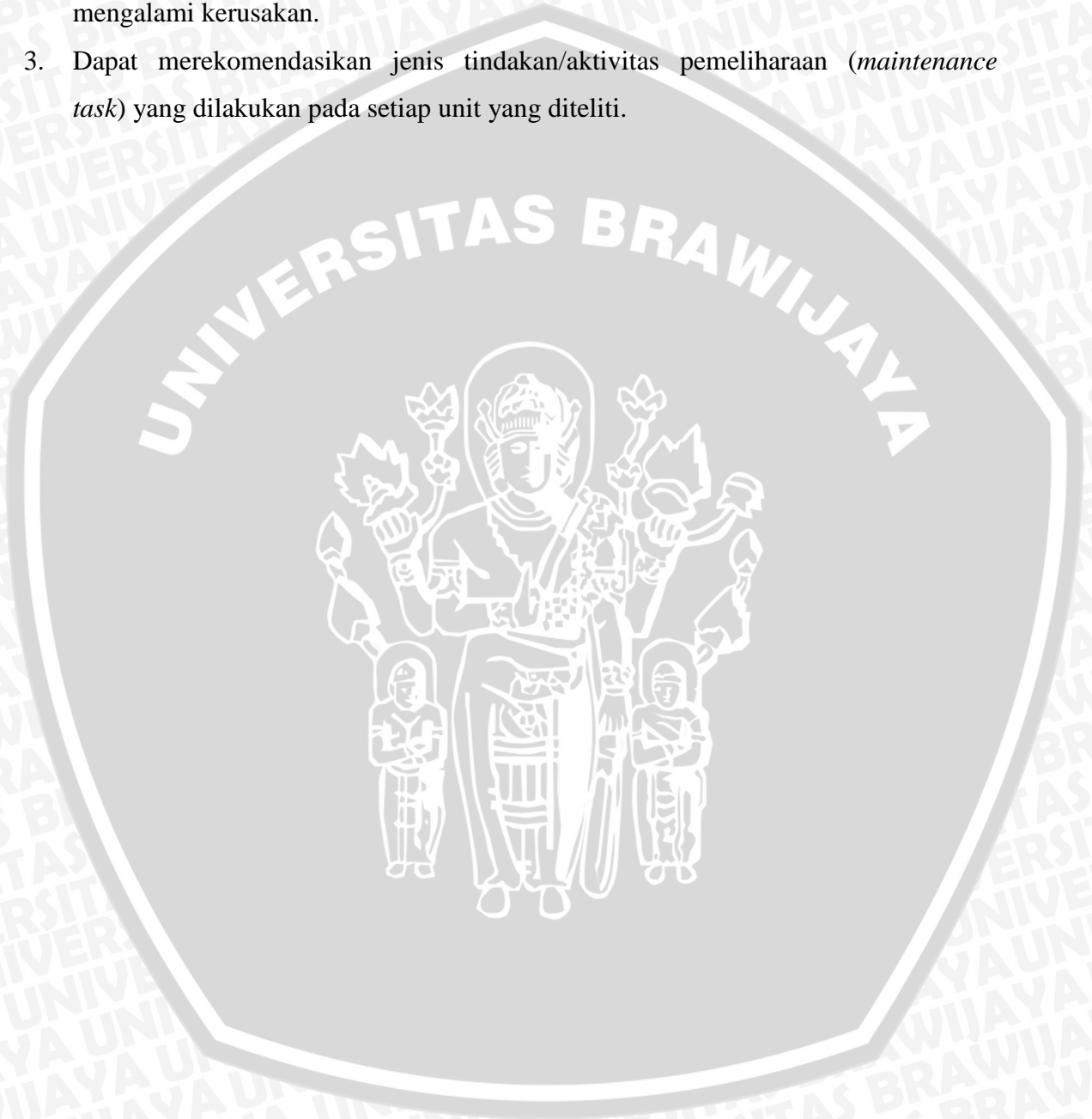
Tabel RCM *Decision Worksheet* dapat ditunjukkan pada tabel 2.6 yang di dalamnya terdapat 16 kolom. Masing-masing kolom diisi dengan ketentuan tersendiri. Ketentuan-ketentuan tersebut adalah:

- Kolom *information reference* yang terdiri dari F, FF dan FM diisi berdasarkan nomor yang merujuk pada fungsi, kegagalan fungsi, dan penyebab kegagalan peralatan pada tabel FMEA
- Kolom *consequence evaluation* yang terdiri dari H, S, E dan O diisi berdasarkan konsekuensi dari kegagalan yang terjadi. Masing-masing simbol mewakili:
  - H adalah *hidden failure consequences*
  - S adalah *safety consequences*
  - E adalah *environmental consequences*
  - O adalah *operational consequences*
- Kolom H1, H2, H3, berdasarkan *proactive task* yang dipilih. Masing-masing simbol mewakili:
  - H1/S1/O1/N1 merupakan tindakan *scheduled on-condition task* yang dipilih
  - H2/S2/O2/N2 merupakan tindakan *scheduled restoration task* yang dipilih
  - H3/S3/O3/N3 merupakan tindakan *scheduled discard task* yang dipilih
- Kolom *default action* diisi berdasarkan *default action* yang dipilih. Masing-masing simbol mewakili:
  - H4 adalah *failure finding*
  - H5 adalah *redesign*
  - H6 adalah *no scheduled maintenance*
- Kolom *proposed task* diisi dengan tindakan yang dipilih (jika ada)
- Kolom *initial interval* diisi dengan jangka waktu dilakukannya tindakan yang dipilih
- Kolom *can be done by* diisi dengan pihak yang melaksanakan

## 2.10 Hipotesis

Dengan menggunakan metode RCM diharapkan dapat terwujud sebagai berikut:

1. Komponen-komponen kritis pada *equipment Feeder Breaker* dapat teridentifikasi.
2. Dapat menentukan interval waktu perbaikan komponen kritis yang sering mengalami kerusakan.
3. Dapat merekomendasikan jenis tindakan/aktivitas pemeliharaan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap unit yang diteliti.





## BAB III METODE PENELITIAN

Pengerjaan laporan ini memerlukan proses penelitian yang terstruktur sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya, sehingga memudahkan pihak lain untuk memahami proses penelitian yang dilakukan.

### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

#### i. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. KPC, Sangatta Utara-Kaltim.

#### ii. Waktu Penelitian

Mei – Juni 2015

### 3.2 Identifikasi Variabel

Dalam tujuan menyelesaikan tugas akhir ini, maka dibutuhkan penentuan identifikasi variabel. Identifikasi variabel di bagi menjadi 2, yakni :

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti. Variabel ini menjadi sebab atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah data kerusakan komponen kritis pada *equipment Feeder Breaker*

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keandalan

#### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah yang nilainya ditentukan oleh peneliti dan dibuat konstan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah karakteristik kondisi kerja komponen kritis pada *equipment Feeder Breaker*

### 3.3 Tahapan Penelitian

Agar penelitian dapat dipahami, maka diperlukan langkah-langkah penulisan skripsi yang sistematis. Adapaun tahapan-tahapan yang dilakukan:

#### 3.3.1 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

##### 1. Identifikasi dan perumusan permasalahan

Pada langkah ini dilakukan peninjauan awal untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang terjadi, yakni kegagalan pada unit yang mengganggu jalan proses produksi perusahaan. Identifikasi kondisi awal tersebut akan digunakan untuk merumuskan permasalahan dan menetapkan tujuan penelitian, serta penentuan batasan-batasan penelitian dan asumsi yang digunakan.

##### 2. Studi Pustaka

Studi kepustakaan akan digunakan untuk mendapatkan kajian secara teoritis, mengetahui metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan secara teoritis, mengetahui metode yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Teori yang diaplikasikan merupakan teori tentang pemeliharaan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

##### 3. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dalam rangka untuk mengetahui kondisi system/obyek yang akan dijadikan peneitian di perusahaan. Studi ini penting dilakukan agar peneliti dapat mengetahui jelas gambaran proses kerja dari sistem yang diamati serta proses produksi secara keseluruhan, sehingga akan dapat memudahkan peneliti dalam penyusunan laporan.

##### 4. Penentuan unit kritis

Langkah selanjutnya adalah menentukan unit kritis dalam suatu asset yang telah ditentukan, sebagai acuan adalah:

- a. Resiko yang ditimbulkan dapat mengakibatkan kerugian baik materi, maupun jiwa manusia, serta lingkungan.
- b. Mesin memiliki pengaruh besar dalam proses produksi yang dijalankan. Proses produksi berjalan 24 jam penuh, jika terjadi kegagalan proses dapat berhenti.
- c. Mesin memiliki data historis kerusakan komponen selama periode waktu tertentu.



### 3.3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan kegiatan untuk memperoleh data yang nantinya akan diolah sebagai bahan evaluasi. Dalam proses pengumpulan data dan informasi ini memerlukan data primer dan sekunder meliputi:

1. Data detail komponen dan komponen kritis, meliputi fungsi, keterkaitan dengan komponen lain, kegagalan fungsi yang mungkin terjadi, bentuk kegagalan, efek kegagalan yang ditimbulkan.
2. Data waktu kegagalan, data actual proses operasional mesin
3. Data pemeliharaan mesin, data waktu antar perbaikan.

### 3.3.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data terdapat beberapa langkah, yaitu:

1. Mendeskripsikan sistem dengan *Functional Block Diagram (FBD)*.
2. Mendeskripsikan fungsi, kegagalan fungsi, dampak, dan konsekuensi dengan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.
3. Menentukan nilai RPN
4. Pembuatan *RCM Decision Worksheet* yang menunjukkan tindakan pemeliharaan yang akan diambil..
5. Pengujian kesesuaian distribusi dan estimasi parameter.

Menentukan jenis-jenis distribusi waktu antar kerusakan dan distribusi waktu lama perbaikan, Hal ini dapat dilakukan untuk melihat pola atau kecenderungan dari data waktu antar kerusakan dan data waktu lama perbaikan apakah berdistribusi weibull, normal, lognormal atau eksponensial. Selanjutnya akan diketahui parameter-parameter dari distribusi yang kemudian akan diolah untuk menghitung nilai MTTF

6. Perhitungan nilai MTTF

Melakukan pengujian distribusi yang tepat diperlukan parameter waktu antar kerusakan dan waktu lama perbaikan yang sesuai dari tiap komponen pada *equipment Feeder Breaker* . Sehingga akan didapat nilai MTTF dari tiap komponen kritis *equipment Feeder Breaker*.

7. Menghitung nilai *Reliability* saat ini untuk setiap komponen pada *equipment Feeder Breaker*
8. Menentukan interval waktu pemeliharaan yang tepat dengan nilai *reliability* yang diinginkan oleh perusahaan yaitu 90%

### 3.3.4 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Berdasarkan hasil analisa yang telah dibuat maka akan diperoleh kesimpulan yang akan menjawab tujuan awal dari penelitian ini. Kesimpulan yang diberikan juga disertai saran-saran baik untuk perusahaan maupun untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya.

#### 1. Analisis Hasil

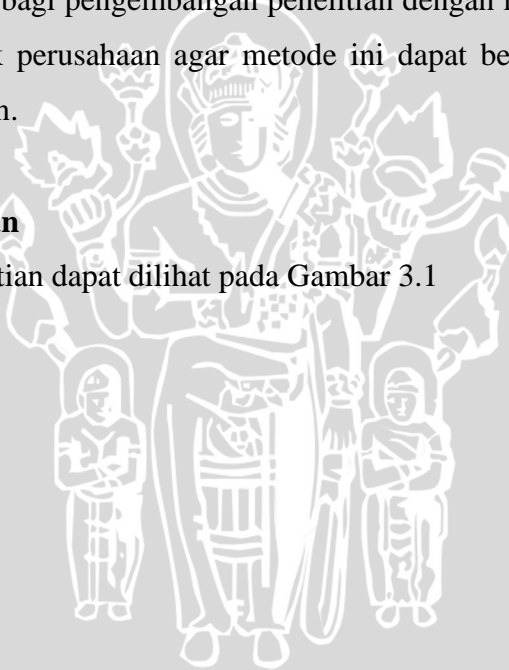
Dari hasil pengolahan data yang diperoleh maka dapat dilakukan tindakan pemeliharaan yang tepat untuk komponen kritis.

#### 2. Kesimpulan dan Saran

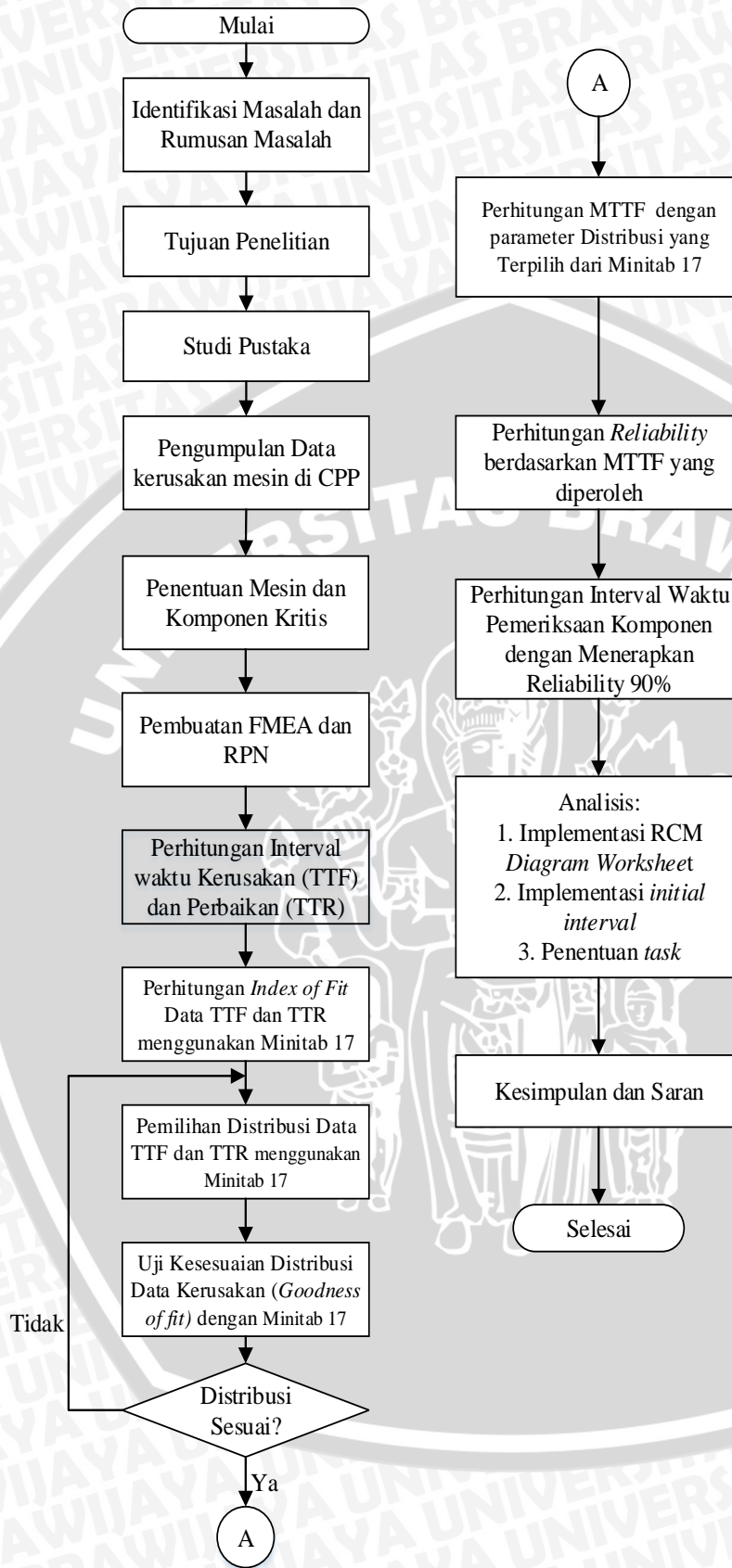
Tahapan akhir pada penelitian ini adalah menyimpulkan hasil penelitian yang berusaha menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Dan pemberian saran bertujuan sebagai saran bagi pengembangan penelitian dengan menggunakan metode ini maupun bagi pihak perusahaan agar metode ini dapat berjalan efektif apabila diterapkan di perusahaan.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1







Gambar 3.1 Diagram Alir Penerapan RCM pada Penelitian ini

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Studi Pendahuluan

Pada bab ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh dari PT. Kaltim Prima Coal, yang dijadikan sebagai objek untuk uji coba model pada penelitian ini, berikut analisis terhadap hasil yang diperoleh.

#### 4.1.1 Proses Produksi Di Coal Processing and Plant (CPP)

Penambangan batubara di PT. Kaltim Prima Coal (KPC) merupakan penambangan yang dilakukan dengan mem- *blasting* lapisan tanah. Dengan demikian maka lapisan tanah akan terbuka dan siap untuk ditambang, penambangan yang dilakukan dibantu dengan bantuan alat muat dan alat angkut. Sebelum diangkut dan dijual kepada konsumen terdapat pemisahan batubara, yaitu batubara bersih dengan batubara kotor yang menjadi pembeda kedua jenis batubara ini adanya material (non batubara) yang masih ada di batubara seperti tanah ataupun material logam yang dilakukan oleh *Departement CPHD* . Dengan adanya perbedaan jenis batubara maka ada perlakuan khusus untuk batubara kotor. Tetapi secara umum pengolahan batubara di lokasi CPP melewati tahapan, yaitu :

1. Bak Penampung (*Hopper*) merupakan bagian terdepan dari unit operasi CPP, batubara hasil tambang yang diangkut oleh dumptruck dituangkan dan akan diteruskan kedalam mesin penghancur. Adapun komponen dari *hopper*, yaitu :
  - a. *Grizzly* adalah saringan tetap agar batubara yang masuk tidak melebihi batas ukuran yang ditetapkan
  - b. *Dust Supression* adalah semprotan air untuk menangkap debu batubara
2. *Feeder breaker* merupakan mesin pengumpan yang berfungsi untuk menghantarkan batubara kedalam *breaker* yang menghancurkan batu berukuran  $\geq 200$  mm menjadi ukuran  $\leq 200$  mm yang nantinya akan dihancurkan kembali oleh *crusher* menjadi ukuran yang lebih kecil.
3. Mesin Penghancur (*Crusher*) merupakan mesin penghancur batubara yang diangkut dari lokasi tambang melalui *hooper* dan *feeder* dengan dua tahapan penghancuran.
4. *Conveyor* merupakan penghantar untuk mendukung aliran dan distribusi batubara mulai dari keluaran *crusher* menuju proses atau tempat selanjutnya. Adapun komponen *conveyor* terdiri dari : *belt conveyor, carry roller, return roller, head*



*pulley, tail pulley, take-up pulley, rope switch, torn belt dan belt drift.* Beberapa jenis *conveyor* yang digunakan di tempat ini : *stacking conveyor* dan *transfer conveyor*.

5. Pencuci Batubara Kotor (*Wash Plant*) merupakan rangkaian unit operasi yang berfungsi untuk mencuci batubara kotor dengan material lain.
6. *Stockpile* merupakan tempat penimbunan sementara sebelum batubara dialirkan ke *overland conveyor* dan didistribusikan melalui *product reclaim conveyor*.
7. *Surge Bin* merupakan tempat transfer batubara yang dialirkan dari tiga *stockpile* ke *coal terminal* melalui *overland conveyor*
8. *Overland Conveyor* merupakan pengantar batubara ke *stockpile* di Tanjung Bara ke pelabuhan (*Marine Operation*) untuk dipasarkan

#### 4.1.2 Pemilihan Mesin Kritis

Dalam penelitian ini, uji coba penerapan RCM dilakukan pada *equipment* yang memiliki tingkat kritis yang tinggi atau yang sering terjadi kerusakan dan apabila terjadi kerusakan dapat mengakibatkan berhentinya proses produksi. Setelah dilakukan ranking critical unit pada seluruh *equipment* di *Coal Processing Plant* (CPP) dari tertinggi sampai yang terendah berdasarkan *Maintenance Priority Index* (MPI) yang diterapkan oleh PT. KPC di dapat pada Tabel 4.1. Pada penelitian ini, penerapan RCM dilakukan pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2*. Penerapan RCM pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2* dilakukan berdasarkan 5 urutan tertinggi data MPI dan atas pertimbangan dari pihak Engineering dan pemeliharaan PT. Kaltim Prima Coal Departemen *Coal Processing and Plant*. Berikut data MPI yang di dapat dari PT. KPC.

Tabel 4.1 Data MPI pada seluruh *equipment Coal Processing and Plant*

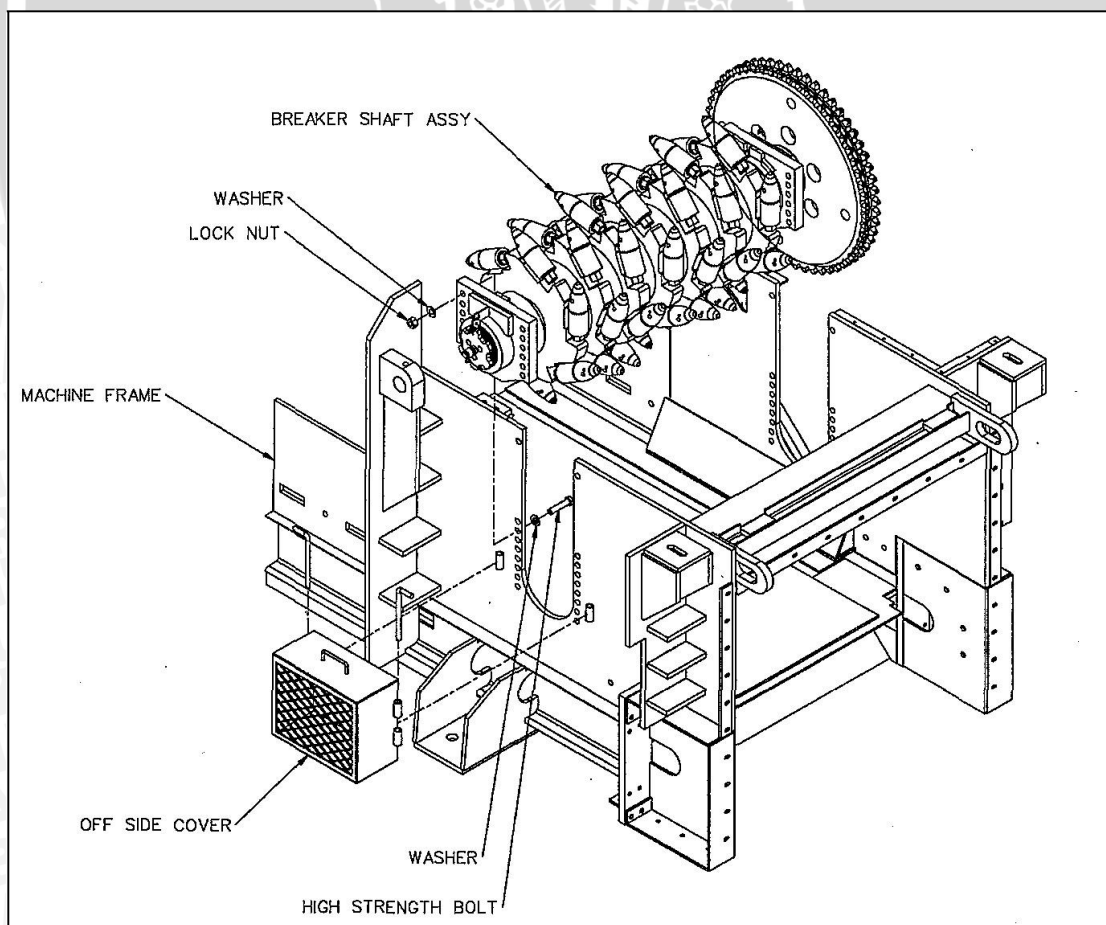
EQUIP. NO.	Equipment	SCR	OCR	ACR	AFPF	MPI
2.138	Crusher#1	4.25	10	42.5	10	425
2.420	Conveyor Stacking #2	4.25	10	42.5	10	425
2.154	Vibrating Feeder #6	4.25	10	42.5	10	425
2.125	Feeder breaker #2	4.25	10	42.5	10	425
2.434	Vibrating Feeder#4	4.25	10	42.5	10	425
2.436	Vibrating Feeder#5	4.25	10	42.5	10	425
2.645	Feeder Breaker#3	4.25	10	42.5	10	425
2.660	Transfer Conv #2	4.25	10	42.5	10	425
9.580	Sampler	3.25	2	6.5	10	65
2.400	Prima Conveyor	5.25	10	52.5	1	52.5

Sumber: PT. KPC

Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa *feeder breaker* berada di urutan ke 4 yang merupakan salah satu dari 5 *equipment* terkritis di Departemen *Coal Processing and Plant*.

#### 4.1.3 *Equipment Feeder breaker*

*Equipment Feeder breaker* merupakan *seizing equipment* yang prosesnya meliputi dari pengumpanan batu baru dari dumb truck menuju alat penghancur yang berfungsi untuk mengubah batu bara dari ukuran besar menjadi ukuran yang diinginkan. *Feeder* sendiri berfungsi sebagai mesin pengumpan yang memiliki bentuk serupa dengan *chain conveyor*, sedangkan *breaker* adalah alat penghancur yang menghancurkan batu berukuran  $\geq 200$  mm menjadi ukuran  $\leq 200$  mm. Proses pada alat ini adalah batu bara dari tempat penampung sementara (*hooper*) diterima oleh *feeder* kemudian diumpankan menuju *breaker* untuk dihancurkan yang nantinya akan diteruskan ke *crusher*. Berikut bagian-bagian dari *feeder breaker*.



Gambar 4.1 Bagian-bagian *equipment feeder breaker*  
Sumber: PT. KPC



Spesifikasi Mesin Feeder Breaker:

1. *Conveyor pump motors* 2-90 kW – 380 AC
2. *Breaker motor* 190 kW – 380 AC
3. *Head shaft feeder(2)* 130 mm diameter with 100 mm *bearings*
4. *Tail shaft feeder (2)* 87 mm diameter with 87 mm *bearings*,
5. *Breaker shaft* 254 mm diameter *solid steel*
6. *Breaker pick diameter* 1270 mm
7. *Material (coal)* 1000 mm x 1000 mm x 1000 mm size in *maximum*
8. *Material (coal)* minus 200 mm (*one dimension only*) size out
9. *Throughput (variable)* 1500-200 tph
10. *Approximate weight* 52,000 kgs.

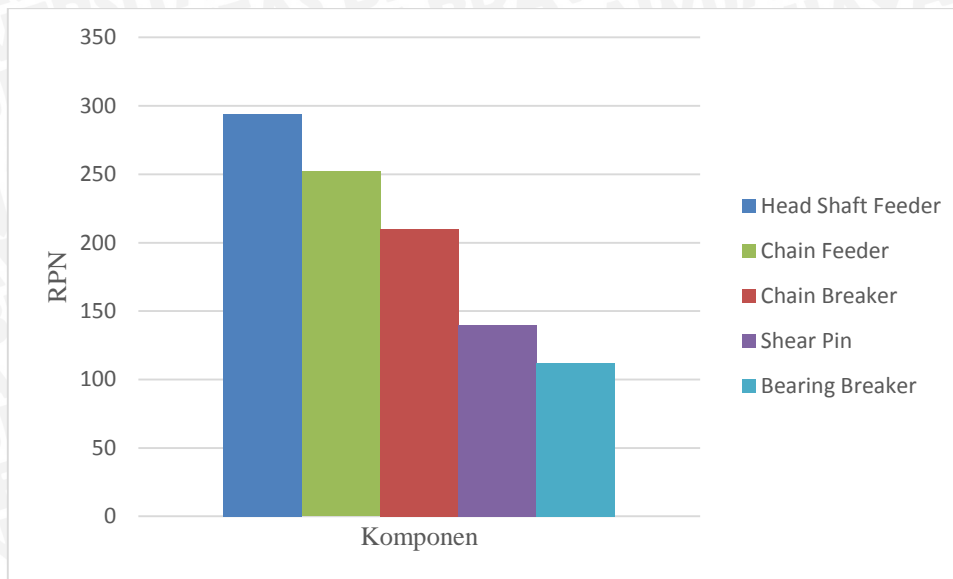
#### 4.1.4 Pemilihan Komponen Kritis

Setelah didapatkan *equipment* kritis pada satu *plant*, maka akan dianalisis untuk mendapatkan komponen mana yang paling kritis. Tidak semua komponen yang dianalisis untuk menentukan kebijakan perawatan yang baik. Oleh karena itu dipilih beberapa komponen yang mempunyai prioritas penanganan terlebih dahulu. Pemilihan komponen tersebut didasarkan beberapa hal, antara lain:

1. Frekuensi kegagalan yang dialami komponen
2. Waktu antar kerusakan komponen
3. Lama perbaikan / *downtime* yang memengaruhi lama berhentinya proses produksi

Ketiga hal diatas dapat disimpulkan dengan menggunakan metode *risk priority number* (RPN).

Setelah diurutkan berdasarkan nilai RPN tertinggi, di ambil 5 komponen terkritis untuk dianalisa menggunakan metode RCM, maka selanjutnya dilakukan analisis pareto. Berikut ini adalah hasil analisis diagram dari nilai RPN komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2*.



Gambar 4.2 Grafik analisis 5 nilai RPN tertinggi pada komponen *feeder breaker 2*.

Dari gambar 4.2, didapatkan hasil bahwa 5 komponen dengan nilai RPN tertinggi sampai terendah adalah *head shaft feeder*, *chain feeder*, *chain breaker*, *shear pin*, dan *bearing breaker*.

#### 4.2 Pengumpulan Data

Adapun data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini meliputi data kerusakan mesin dan komponennya, data waktu antar kerusakan yang meliputi seluruh *equipment* di *Coal Processing Plant*, dan data lama perbaikan. Pengumpulan data ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari mesin-mesin yang memiliki tingkat *critical* tertinggi. Data yang diambil berupa data kerusakan mesin dan komponen yang terjadi pada bulan Januari 2010 sampai Desember 2014. Dari data tersebut, tahap awal yang dilakukan adalah mengurutkan seluruh *equipment* di dalam CPP berdasarkan tingkat kritis tertinggi sampai yang terendah dengan menggunakan metode MPI yang diterapkan oleh perusahaan, kemudian diambil 10 besar teratas *equipment* kritis seperti yang terlihat pada tabel 4.1. Mengacu atas anjuran perusahaan, *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2* dijadikan sebagai objek untuk uji coba *model* pada penelitian ini. Setelah mendapatkan *equipment* mana yang paling kritis, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah mengurutkan komponen-komponen kritis yang dimiliki oleh *equipment 2.125*. Berikut data komponen, data waktu antar kerusakan, serta lama perbaikan komponen-komponen pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2*.

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:



a. Data waktu antar kerusakan dan data waktu perbaikan

Data waktu kerusakan merupakan lamanya waktu antara kerusakan dengan kerusakan berikutnya atau biasa disebut dengan istilah *time to failure*. Sedangkan lama waktu perbaikan merupakan lamanya waktu yang digunakan untuk memperbaiki kerusakan sampai peralatan tersebut bisa kembali ke kondisi normal biasa disebut dengan istilah *time to repair*. Berikut data waktu antar kerusakan (Tf) dan lama waktu perbaikan (Tr) 5 komponen pada *feeder breaker*.

Tabel 4.2 Data Waktu antar Kerusakan (TF) dan Waktu Lama Perbaikan (TR) Komponen *Feeder Breaker* dari Januari 2010-Desember 2014 dalam Satuan Jam

Head Shaft Feeder		Chain Feeder		Chain drive Breaker		Shear pin		Bearing Breaker	
TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR
	8		4.9		1.50		0.6		0.4
12	7.9	384	4.5	2808	3.60	144	0.7	1056	0.1
24	2	7608	0.8	528	3.7	12	0.7	2496	3.6
12	8	12	8	12	8	960	0.5	12	0.8
12	7.9	12	7.3	3960	1.9	12	0.9	15072	2.3
3816	8	24	8	624	5.5	864	0.4	6504	1.4
1296	0.5	12	2.1	1896	4.3	48	3.8	12	0.1
24	0.1	12	4.9	24	3	600	0.4		
12	0.3	864	2.5	12	8	1728	0.5		
552	0.5	7608	12	1992	4.3	12	0.7		
264	0.4	12	2.2	2448	4.7	3048	0.9		
24	0.3	24	4.8	3456	3.4	24	0.1		
864	0.1	6936	11.7	1008	2.6	1704	0.6		
9864	8.1	12	10.9	24	4.3	72	0.2		
4512	5	6480	8.4	11112	3.3	120	0.1		
5904	5.5	7464	7.8	864	3.9	240	0.3		
12	1.2	24	8.9			1248	0.7		
3312	5.2					168	1.8		
3360	7.7					5616	0.4		
24	3.1					2232	0.3		
1992	4					2184	0.2		
						696	0.3		
						5760	0.2		
						1704	1.1		
						912	0.4		
						288	0.4		
						24	0.7		
						72	0.7		
						1056	0.2		

Misalnya: Komponen *chain breaker* terakhir mengalami kerusakan dan diperbaiki selama (Tr) 1,5 jam dan kemudian *chain breaker* berfungsi sampai mengalami kerusakan berikutnya selama 2.808 jam dan kemudian diperbaiki lagi.

b. Data Fungsi dan Kegagalan fungsi (*Function and Function Failure*)

Fungsi utama dari mesin *Feeder breaker* adalah mengumpangkan (*feeder*) batu bara dari dumb truck menuju alat penghancur (*breaker*) yang berfungsi untuk mengubah batu bara dari ukuran besar menjadi ukuran yang diinginkan.

Tabel 4.3 *Function and Function Failure Feeder Breaker*

<i>Function</i>	<i>Function Failure</i>
Mengumpangkan batu bara menuju alat penghancur	Tidak bisa mengumpangkan batu bara menuju alat penghancur

c. Data Penyebab Kegagalan dan Efek Kegagalan (*Failure Mode and Failure Effect*)

Pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker* diketahui bahwa komponen yang sering mengalami kerusakan adalah *head shaft feeder*, *chain feeder*, *chain breaker*, *shear pin*, dan *bearing breaker*.

Tabel 4.4 Penyebab Kegagalan dan Efek Kegagalan Fungsi *Feeder Breaker*

<i>Component</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
<i>Head Shaft feeder</i>	Pembebanan pada <i>head shaft feeder</i> tidak merata yang mengakibatkan <i>misalignment shaft</i>	Dapat mengakibatkan <i>head shaft feeder</i> patah sehingga mengalami <i>downtime</i> selama 4 jam untuk mengganti <i>head shaft</i>
<i>Chain Feeder</i>	<i>elongation</i> antar <i>chain Feeder</i> melebihi 3%	<i>Chain feeder</i> putus menyebabkan <i>downtime</i> selama 6,4 jam untuk penggantian spare baru
<i>Chain drive Breaker</i>	<i>Bearing breaker</i> seize (mencekam) diakibatkan karena kegagalan <i>chain breaker</i>	<i>Chain breaker</i> patah akibat gaya gesek dan beban puntir dari <i>shaft</i> yang berputar sehingga mengakibatkan <i>downtime</i> 4 jam
<i>Shear pin</i>	<i>Bearing breaker</i> unbalance	Mengakibatkan <i>bearing breaker</i> patah yang membuat <i>downtime</i> 1,2 jam untuk penggantian <i>bearing breaker</i>
<i>Bearing Breaker</i>	Gigi <i>breaker</i> yang sudah tumpul atau aus dikarenakan proses <i>hardfacing</i> belum dilakukan kembali	<i>shear pin</i> broken yang menyebabkan penggantian spare baru selama 0,6 jam



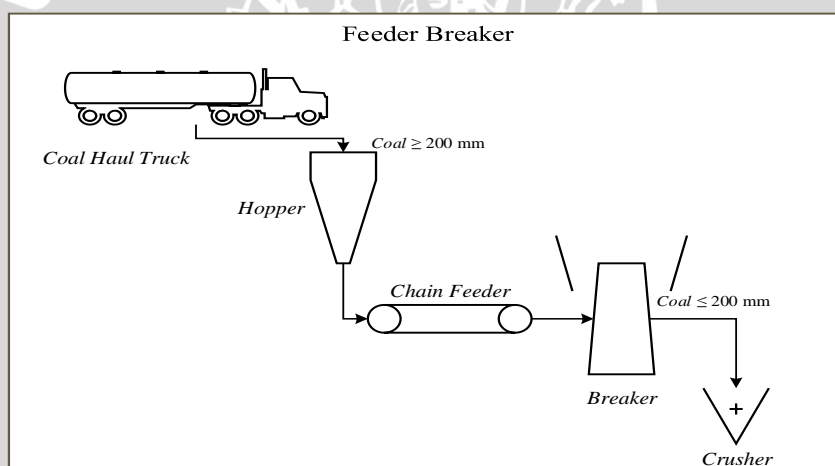
### 4.3 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data maka tahap selanjutnya adalah menganalisa data tersebut. Pada proses RCM terdapat 2 cara analisa yaitu menganalisa secara kualitatif yang meliputi RPN, FMEA, Diagram *Decision Worksheet*; dan menganalisa secara kuantitatif yang meliputi uji distribusi, penentuan *interval* pemeliharaan, perhitungan MTBF.

Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan berdasarkan RCM dengan menggunakan data-data yang sudah diperoleh.

#### 4.3.1 *Functional Block Diagram (FBD)*

Diagram ini digunakan untuk mendiskripsikan sistem kerja dari *Feeder Breaker*. Pembuatan *Functional Block Diagram* diharapkan dapat memudahkan pada saat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi. Gambar 4.3 menampilkan (FBD) dari *Feeder Breaker*.



Gambar 4.3 FBD *Feeder Breaker*

#### 4.3.2 RPN (*Risk Priority Number*)

RPN adalah indikator kekritisan untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda kegagalan. RPN digunakan oleh banyak prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut :

- Keparahan efek (*Severity*) S – Seberapa serius efek akhirnya yang dapat menyebabkan berhentinya proses produksi
- Probabilitas kejadian (*Occurrence*) O – Bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam moda kegagalan

- Deteksi penyebab (*Detection*) D – Bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan

Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan rangking atau urutan defisiensi desain.

$$RPN = S \times O \times D$$

Kriteria penilaian yang dilakukan untuk mengisi nilai RPN dibuat melalui penyesuaian serta persetujuan dan pertimbangan dari pihak Engineering dan pemeliharaan PT. Kaltim Prima Coal Departemen *Coal Processing and plant*. Berikut ini adalah hasil penilaian RPN untuk *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2*. Pada tabel 4.5 akan ditunjukkan mengenai penilaian yang ada berdasarkan parameter-parameter yang telah dibuat.

Tabel 4.5 *Risk Priority Number (RPN)* komponen- komponen *Feeder breaker 2*

<i>Process Step</i>	<i>Input</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<b>RPN</b>
<i>Feeder breaker 2</i>	<i>Head Shaft Feeder</i>	7	6	7	294
	<i>Chain Feeder</i>	7	6	6	252
	<i>Chain drive Breaker</i>	7	6	5	210
	<i>Shear pin</i>	5	4	7	140
	<i>Bearing Breaker</i>	4	7	4	112

Dari perhitungan  $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$ , dimana ketiga parameter tersebut didasarkan pada frekuensi kegagalan yang dialami komponen, waktu antar kerusakan komponen, lama perbaikan / downtime yang memengaruhi lama berhentinya proses produksi, sehingga dihasilkan nilai-nilai RPN pada masing-masing komponen kritis yang dapat dilihat pada tabel 4.5. Tabel 4.5 menunjukkan urutan komponen-komponen kritis dari nilai RPN terbesar adalah *head shaft feeder* (294), *chain feeder* (252), *chain breaker* (210), *shear pin* (140), dan *bearing breaker* (112).

#### 4.3.3 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Langkah selanjutnya yaitu masuk ke tahapan FMEA. Dengan menggunakan FMEA maka dapat diketahui kegagalan fungsi setiap komponen yang terjadi pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2* yang kemudian dapat diidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan dan dampak yang ditimbulkan apabila kegagalan tersebut terjadi. Berikut ini adalah analisa FMEA pada komponen kritis di *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2* yang dapat dilihat pada tabel 4.6.



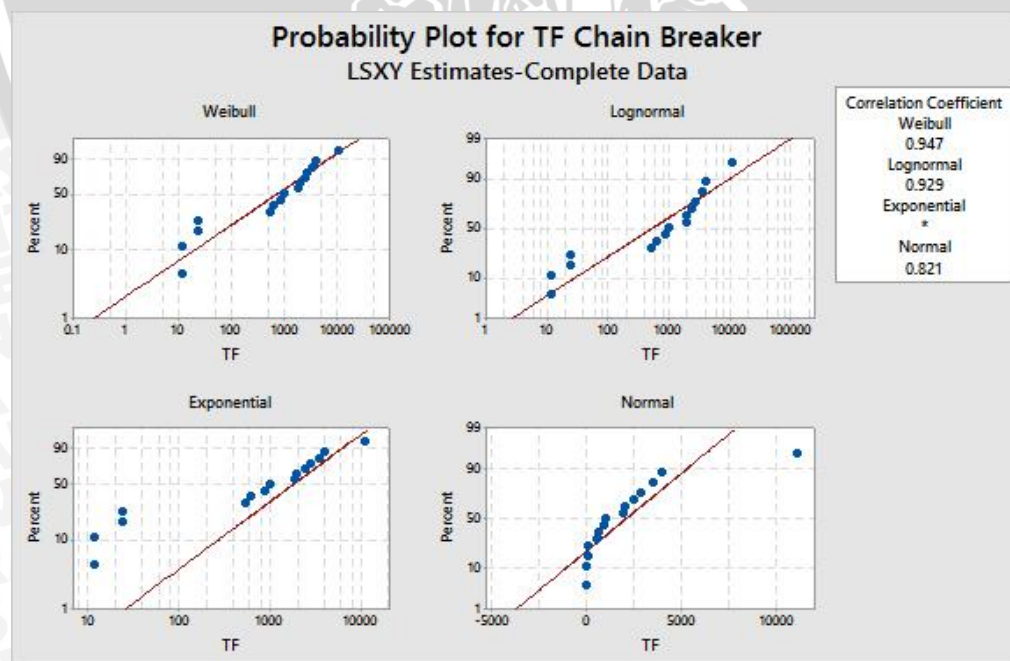
Tabel 4.6 FMEA Diagram feeder breaker 2

RCM INFORMATION WORKSHEET		System : Feeder breaker		Facilitator:		
		Sub System: PT. KPC		Auditor:		
Function		Functional Failure		Failure Mode		
				Failure Effect		
1	Stamler Feeder 2 mengumpankan batu bara berukuran dari >200 mm ke alat penghancur breaker menjadi ukuran <200 mm, kemudian di umpankan menuju crusher	A	Tidak dapat mengumpankan batu bara menuju breaker dan crusher	A1	Pembebanan pada head shaft feeder tidak merata yang mengakibatkan shaft tidak lurus pada sumbunya (misalignment)	Dapat mengakibatkan head shaft feeder patah sehingga mengalami downtime selama 4 jam untuk mengganti head shaft
				A2	Jarak pemanjangan (elongation) antar chain Feeder melebihi 3%	Chain feeder putus menyebabkan downtime selama 6,4 jam untuk penggantian spare baru
				A3	Bearing breaker seize (mencekam) diakibatkan karena kegagalan chain breaker	Chain drive breaker patah akibat gaya gesek dan beban puntir dari shaft yang berputar sehingga mengakibatkan downtime 4 jam
				A4	Gigi breaker yang sudah tumpul atau aus dikarenakan proses hardfacing belum dilakukan kembali	shear pin broken yang menyebabkan penggantian spare baru selama 0,6 jam
				A5	Bearing breaker unbalance.	Mengakibatkan bearing breaker patah yang membuat downtime 1,2 jam untuk penggantian bearing breaker

#### 4.3.4 Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan

Menentukan distribusi dilakukan dengan cara menguji distribusi berdasarkan data-data waktu antar kerusakan (*time to failure*). Perhitungan distribusi dilakukan dengan bantuan software Minitab 17 untuk menghitung nilai *index of fit*. Dengan uji distribusi maka akan diketahui parameter-parameter pada setiap distribusi. Identifikasi jenis distribusi ini menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Data-data *time to failure* (TF) maupun data *time to repair* (TR) setiap komponen akan digambarkan kedalam grafik *probability plot* dengan tujuan untuk menyesuaikan pola sebaran frekuensi data TF kedalam grafik regresi linier sehingga dari distribusi akan diperoleh nilai *index of fit*. Dari perhitungan ini kita memperoleh nilai *index of fit* berdasarkan nilai Anderson Darling (AD) dan nilai *Correlation Coefficient* (r) pada data TF maupun TR. Semakin kecil nilai parameter *index of fit* Anderson Darling maka nilai *Correlation Coefficient* nya juga semakin besar (kedua parameter tersebut selalu berkaitan), maka distribusi tersebut adalah yang paling sesuai (Kartika, p12). Berikut ini adalah contoh hasil pengujian distribusi dari data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan untuk komponen *chain breaker* dengan menggunakan bantuan *software* Minitab 17. Langkah-langkah pengerjaannya dapat dilihat pada gambar 2.10

- a. Contoh Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan Komponen *Chain Drive Breaker*



Gambar 4.4 Penentuan distribusi waktu antar kerusakan pada komponen *chain drive breaker*

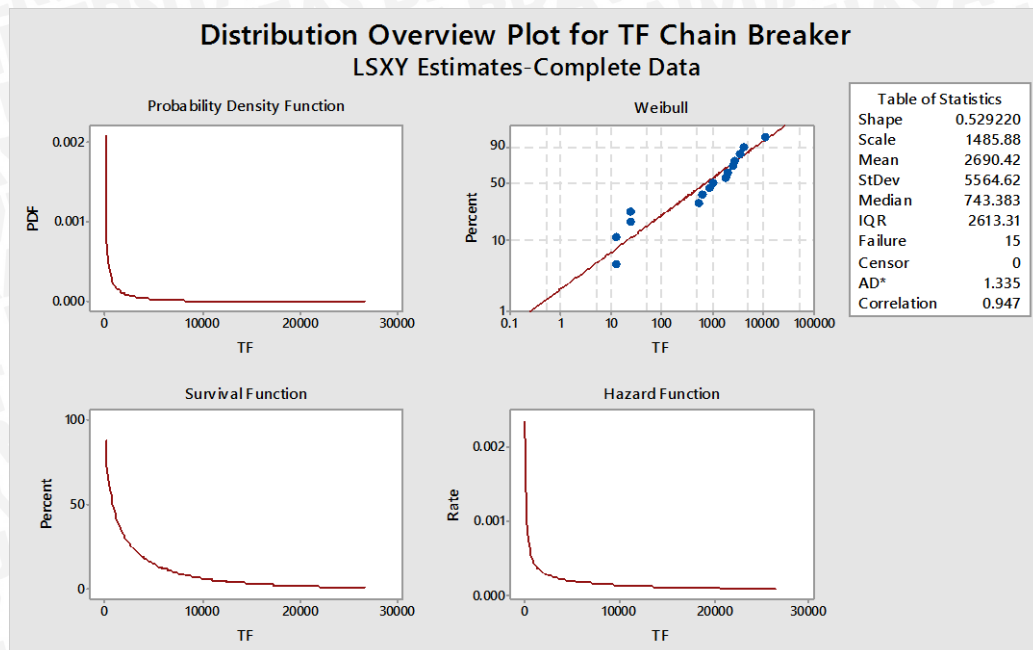


Dari hasil pengolahan *Index of Fit* dengan Minitab 17, didapatkan nilai AD yang terkecil dan nilai r yang terbesar untuk data TF komponen *chain breaker* adalah dengan menggunakan distribusi Weibull dengan  $AD = 1,335$  dan  $r = 0,947$ , dimana artinya bahwa persebaran angka waktu antar kerusakan pada komponen *chain breaker* berdistribusi Weibull. Sehingga untuk mencari nilai MTTF harus menggunakan distribusi Weibull yang akan digambarkan pada grafik *overview plot*. Berikut ini adalah hasil perhitungan MTTF dengan menggunakan bantuan *software* Minitab 17.

b. Contoh Perhitungan Parameter Distribusi komponen *Chain Drive Breaker*

Pengujian yang dilakukan dengan *software* Minitab 17 ini juga menggunakan keempat distribusi yang digunakan dalam perhitungan secara manual, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Tujuan dari Pengujian ini dilakukan untuk memudahkan dalam menentukan distribusi terpilih, yang akan menghasilkan nilai *P-Value* dan nilai *Anderson-Darling* dari data waktu berdasarkan masing-masing distribusi. Distribusi terpilih adalah distribusi yang menghasilkan nilai *P-Value* terbesar, dan nilai *Anderson-Darling* terkecil. Karena semakin besar nilai *P-Value*, dan semakin kecil nilai *Anderson-Darling*, maka data akan semakin mengikuti distribusi tersebut. Selain itu, data dikatakan mengikuti suatu distribusi tertentu, memiliki nilai *P-Value* yang lebih besar dari nilai  $\alpha$ .

Setelah distribusi kerusakan *chain breker* diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter-parameter, untuk distribusi weibull, parameternya adalah  $\theta$  (parameter lokasi / *location parameter*) dan  $\beta$  (parameter bentuk / *shape parameter*). Berikut hasil perhitungan  $\theta$  dan  $\beta$  dengan menggunakan *software* Minitab 17.



Gambar 4.5 Hasil parameter-parameter pada distribusi Weibull komponen *Chain drive Breaker* yang didapatkan menggunakan *software* Minitab

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan distribusi Weibull diperoleh nilai shape ( $\beta$ ) atau parameter bentuk sebesar 0,52922 dan nilai scale ( $\theta$ ) atau parameter skala sebesar 1485,88 dan nilai MTTF yang merupakan rata-rata waktu terjadi antar kerusakan sebesar 2.690,42 jam.

Selain menggunakan *software* Minitab 17 dapat dilakukan perhitungan manual juga untuk mencari parameter distribusi terpilih. Dengan menggunakan persamaan 2-18 untuk mencari nilai  $a$  dan persamaan 2-17 untuk mencari nilai  $b$  yang kemudian di masukkan dalam persamaan 2-19 untuk mencari  $\theta$  dan persamaan 2-20 untuk mencari  $\beta$ . Berikut perhitungan parameter distribusi untuk komponen *chain breaker*:

Tabel 4.7 Perhitungan parameter distribusi Weibull Komponen *Chain drive Breaker*

i	$t_i$	$x_i = \ln(t_i)$	$F(t_i)$	$y_i$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	12	2.4849066	0.0454545	-3.0678726	-7.6233771	6.1747611	9.4118424
2	12	2.4849066	0.1103896	-2.1458235	-5.332171	6.1747611	4.6045583
3	24	3.1780538	0.1753247	-1.6462808	-5.2319689	10.100026	2.7102404
4	24	3.1780538	0.2402597	-1.2917894	-4.1053761	10.100026	1.6687197
5	528	6.2690963	0.3051948	-1.0102614	-6.3334263	39.301568	1.0206282
6	624	6.4361504	0.3701299	-0.7716675	-4.9665683	41.424032	0.5954708
7	864	6.7615728	0.4350649	-0.5602882	-3.7884292	45.718866	0.3139228
8	1008	6.9157234	0.5	-0.3665129	-2.534702	47.827231	0.1343317
9	1896	7.5475017	0.5649351	-0.1836104	-1.3857999	56.964782	0.0337128
10	1992	7.5968944	0.6298701	-0.0061173	-0.0464728	57.712805	3.742E-05
11	2448	7.8030266	0.6948052	0.1712648	1.336384	60.887225	0.0293316
12	2808	7.9402278	0.7597403	0.3548976	2.8179682	63.047217	0.1259523
13	3456	8.1478671	0.8246753	0.5545261	4.5182053	66.387739	0.3074992
14	3960	8.2839993	0.8896104	0.7901556	6.5456483	68.624644	0.6243458
15	11112	9.3157809	0.9545455	1.1285084	10.512937	86.783773	1.2735312
$\Sigma$	30768	94.343762	7.5	-8.0508714	-15.617149	667.22946	22.854125



$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} = \frac{15(-15.617) - (94.343)(-8.050)}{15(667.229) - (94.343)^2} = 0.529$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \frac{-8.050}{15} - 0.47422 \frac{94.343}{15} = -3.51937$$

Dimana

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

Untuk distribusi weibull :

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right)$$

Sumber : Ebelling (1997 : 358 – 376)

Setelah nilai b dan a diketahui, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $\theta$  (parameter skala) dengan satuan jam dan  $\beta$  (parameter bentuk. Perhitungan sebagai berikut:

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} = e^{-\left(\frac{-3.51937}{0.47422}\right)} = 1485.88 \text{ (jam)}$$

$$\beta = b = 0.517$$

Sehingga mendapatkan parameter distribusi weibull yaitu parameter bentuk atau  $\beta = 1.06681$  dan parameter lokasi atau  $\theta = 7.1901$ . Nilai – nilai parameter inilah yang akan digunakan dalam perhitungan keandalan *chain breaker*. Hasil uji distribusi tiap komponen *Feeder breaker* dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.8 Hasil Uji Distribusi

Feeder Breaker 2						
Nama Komponen	Ket	Jenis Distribusi	Parameter			
			$\beta$	$\theta$	s	$t_{med}$
Head Shaft Feeder	Tf	Lognormal			2.5593	236.49
Chain Feeder	Tf	Weibull	0.37443	701.34		
Chain drive Breaker	Tf	Weibull	0.52922	1485.88		
Shear Pin	Tf	Weibull	0.635542	831.681		
Bearing Breaker	Tf	Weibull	0.360164	2319.41		

Keterangan:

$\beta$  = Parameter bentuk (distribusi Weibull)

$\theta$  = Parameter Skala (distribusi Weibull)

$\mu$  = Mean (rata-rata)

$\sigma$  = Standar deviasi (distribusi Normal)

s = Scale Parameter (distribusi Lognormal)

$t_{med}$  = Location Parameter (distribusi Lognormal)

c. Hasil Perhitungan MTTF

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan MTTF berfungsi untuk mengetahui jarak waktu antar kerusakan. Setelah parameter distribusi diperoleh maka akan digunakan untuk menentukan nilai *mean time to failure (MTTF)*. Adapun contoh perhitungan MTTF dengan distribusi Weibull dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

Contoh perhitungan MTTF *Chain Breaker*:

Rumus:

$$MTTF = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

Keterangan:  $\theta = 1485,88$

$\beta = 0,52922$

$\Gamma = 1.79553$  (dapat dilihat pada tabel *Gamma Function*, Ebeling, p473)

Maka:

$$MTTF = 1485,88 \times \Gamma(1 + \frac{1}{0,52922})$$

$$MTTF = 1485,88 \times \Gamma(2,8887)$$

$$MTTF = 1485,88 \times 1.79553$$

$$MTTF = 2.690,42 \text{ (jam)}$$

Melalui perhitungan yang sudah dijelaskan melalui sub-bab di atas, di dapat nilai MTTF dan MTTR tiap komponen seperti pada tabel 4.8

Tabel 4.9 Nilai MTTF pada tiap komponen

<i>Equipment</i>	Nama Komponen	MTTF (jam)
<i>Feeder breaker 2</i>	<i>Head Shaft Feeder</i>	6252.84
	<i>Chain Feeder</i>	2827.18
	<i>Chain drive Breaker</i>	2690.42
	<i>Shear pin</i>	1165.72
	<i>Bearing Breaker</i>	10586.6

Hasil dari perhitungan MTTF menunjukkan bahwa semakin besar nilai MTTF maka komponen tersebut memiliki rentang waktu kerusakan yang lama. Sebaliknya jika



semakin kecil nilai MTTF memiliki rentang waktu komponen untuk mengalami kerusakan yang cepat.

Dari hasil pengujian distribusi data menunjukkan bahwa komponen yang memiliki nilai MTTF tertinggi adalah *Bearing Breaker* sedangkan nilai MTTF terendah adalah *Shear pin*. Jika nilai rata-rata waktu antar kerusakan rendah maka proses *feeding* dan *breaking* dapat segera dilakukan kembali dan produktivitas *Feeder breaker* yang dihasilkan dapat memenuhi target, sehingga perusahaan tidak akan mengalami kerugian

#### 4.3.5 Analisa *Reliability* Komponen Mesin *Equipment Feeder Breaker* dan Interval Waktu Pemeliharaan

Berikut adalah perhitungan keandalan dari komponen-komponen kritis *equipment Feeder breaker* 2. Perhitungan *reliability* digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu komponen. Nilai *reliability* didapat berdasarkan dari bentuk distribusi komponen. Perhitungan *reliability* untuk setiap komponen kritis *equipment Feeder breaker* 2 adalah sebagai berikut:

##### a. Komponen *Head Shaft*

Bentuk distribusi dari komponen *Head shaft* adalah lognormal, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Head shaft* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi lognormal. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{2.55925} \ln \frac{6252,84}{236,491}\right)$$

$R(t) = 1 - \Phi(1,27)$  ( $\Phi(z)$  : didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal)

$$R(t) = 1 - 0,898 = 0,102 \sim 10,2 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *head shaft* saat ini sebesar 10,2%. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *shaft*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.10 Nilai Keandalan Komponen *Head Shaft*

t	R(t)	R(t) %
48	0.97442	97.4418
96	0.94949	94.9491
144	0.9252	92.5201
<b>192</b>	<b>0.90153</b>	<b>90.1533</b>

*Reliability* (keandalan) komponen *head shaft* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.15 % meningkat sebesar 79,05 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 10,2 %. Oleh karena itu setiap selang waktu  $t = 192$  jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

#### b. Komponen *Chain Feeder*

Bentuk distribusi dari komponen *Chain Feeder* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Chain Feeder* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

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

Keterangan:  $R(t)$  = keandalan mesin saat  $t$  (%)

$t$  = nilai dari MTTF

$\beta$  = parameter bentuk

$\theta$  = parameter skala

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{2827.18}{701.34}\right)^{0.37443}}$$

$$R(t) = 22.10 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Chain Feeder* saat ini sebesar 22.10 %. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *Chain Feeder*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu



Tabel 4.11 Nilai Keandalan Komponen *Chain Feeder*

t	R(t)	R(t) %
48	0.9747	97.4699
96	0.95004	95.0039
144	0.926	92.6002
<b>192</b>	<b>0.90257</b>	<b>90.2574</b>

*Reliability* (keandalan) komponen *Chain Feeder* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.25 % meningkat sebesar 68.15 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 22.1 %. Oleh karena itu setiap selang waktu  $t = 192$  jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

### c. Komponen *Chain drive Breaker*

Bentuk distribusi dari komponen *Chain drive Breaker* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Chain drive Breaker* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{2690.42}{1485.88}\right)^{0.52922}}$$

$$R(t) = 0.3835$$

$$R(t) = 38.35 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Chain drive Breaker* saat ini sebesar 38.35 %. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *Chain drive Breaker*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.12 Nilai Keandalan Komponen *Chain drive Breaker*

t	R(t)	R(t) %
24	0.99149	99.1488
48	0.98305	98.3049
72	0.97468	97.4682
96	0.96639	96.6386
120	0.95816	95.8161
144	0.95001	95.0005
168	0.94192	94.1919

Lanjutan Tabel 4.12

t	R(t)	R(t) %
192	0.9339	93.3902
216	0.92595	92.5953
240	0.91807	91.8072
264	0.91026	91.0257
<b>288</b>	<b>0.90251</b>	<b>90.251</b>

*Reliability* (keandalan) komponen *Chain drive Breaker* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.25 % meningkat sebesar 51.9 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 38.35 %. Oleh karena itu setiap selang waktu  $t = 288$  jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

d. Komponen *Shear pin*

Bentuk distribusi dari komponen *Shear pin* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Shear pin* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{1165.72}{831.681}\right)^{0.635542}}$$

$$R(t) = 0.4103$$

$$R(t) = 41.03 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Shear pin* saat ini sebesar 41.03 %. Sedangkan perusahaan menginginkan tingkat keandalan sebesar 90 %. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keandalan komponen *Shear pin*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.13 Nilai Keandalan Komponen *Shear pin*

t	R(t)	R(t) %
34	0.97435	97.4353
68	0.94936	94.9364
102	0.92502	92.5015
<b>136</b>	<b>0.90129</b>	<b>90.1292</b>



*Reliability* (keandalan) komponen *Shear pin* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.12 % meningkat sebesar 49.09 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 41.03 %. Oleh karena itu setiap selang waktu  $t = 136$  jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

e. Komponen *Bearing Breaker*

Bentuk distribusi dari komponen *Bearing Breaker* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Bearing Breaker* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{10586.6}{2319.41}\right)^{0.360164}}$$

$$R(t) = 0.1932$$

$$R(t) = 19.32 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Bearing Breaker* saat ini sebesar 19.32 %. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *Bearing Breaker*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

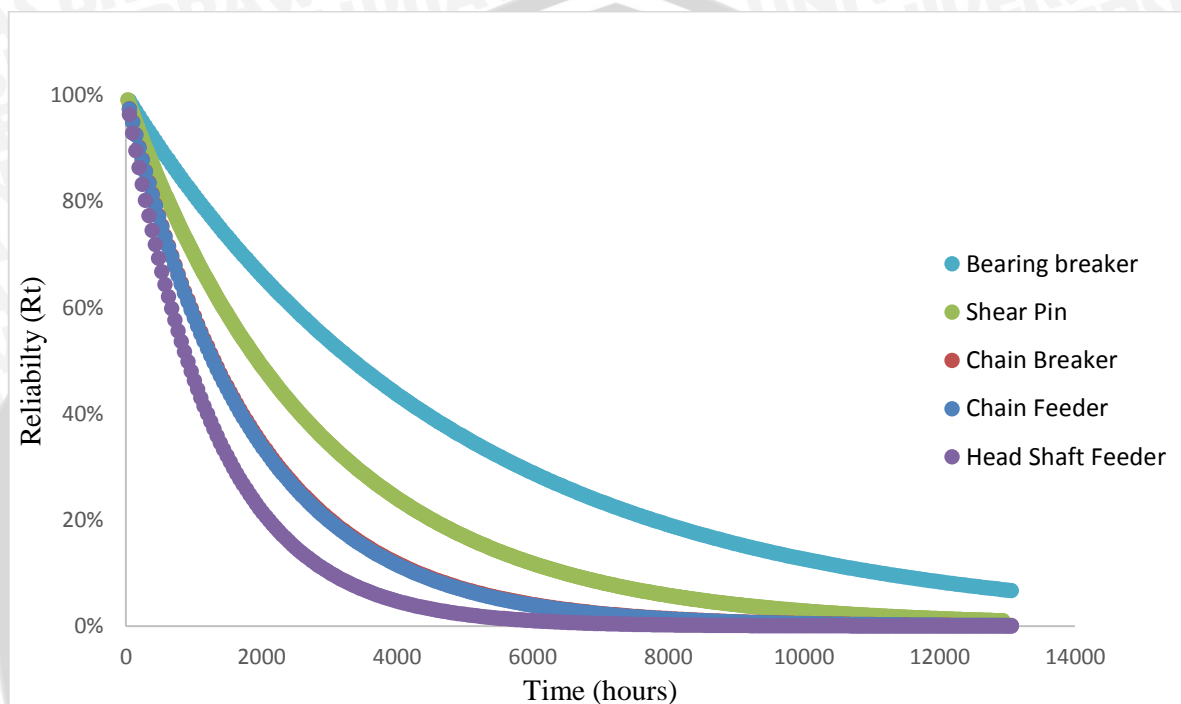
Tabel 4.14 Nilai Keandalan Komponen *Bearing Breaker*

t	R(t)	R(t) %
48	0.99011	99.011
96	0.98032	98.0317
144	0.97062	97.0621
192	0.96102	96.1021
240	0.95152	95.1516
288	0.94211	94.2105
336	0.93279	93.2788
384	0.92356	92.3562
432	0.91443	91.4427
<b>480</b>	<b>0.90538</b>	<b>90.5383</b>

*Reliability* (keandalan) komponen *Bearing Breaker* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.53 % meningkat sebesar 71.21 % dari nilai

*reliability* saat ini yaitu 19.32 %. Oleh karena itu setiap selang waktu  $t = 480$  jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

Hasil perhitungan nilai *reliability* untuk masing-masing komponen *Feeder Breaker 2* dihitung dengan interval waktu tertentu kemudian digambarkan kedalam grafik *reliability*.



Gambar 4.6 Grafik *Reliability* Komponen Kritis *equipment Feeder Breaker 2* Terhadap Waktu

Dengan adanya interval pemeliharaan pada *reliability* sebesar 90% atau mengalami peningkatan nilai *reliability* maka akan didapat grafik *reliability* tiap-tiap komponen pada gambar 4.6. Dari gambar 4.6 menunjukan bahwa *reliability* komponen *equipment Feeder Breaker 2* dipengaruhi oleh interval waktu, semakin panjang interval waktu penggunaan komponen *equipment Feeder Breaker 2* maka *reliability* dari komponen *equipment Feeder Breaker 2* semakin menurun.

#### 4.3.6 RCM *Decision Worksheet*

Setelah semua perhitungan didapat, maka tahap selanjutnya adalah menyusun RCM *Decision Worksheet*. RCM *Decision Worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan pemeliharaan yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode* seperti ditunjukkan pada tabel 4.14



#### 4.4 Pembahasan

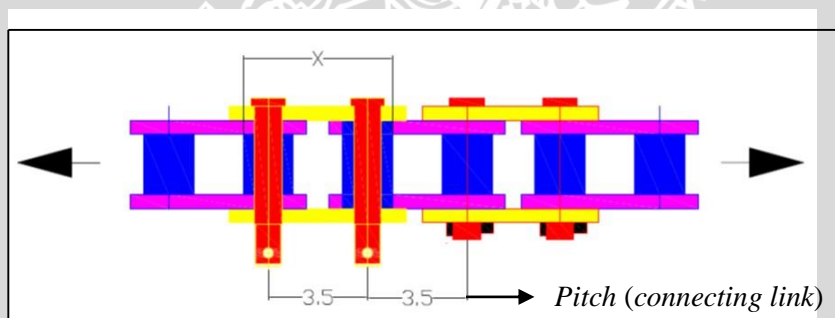
Dari *Decison worksheet* pada table 4.10 diperoleh tindakan pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen kritis. Tindakan itu adalah sebagai berikut

##### 1. Head Shaft feeder

Pada komponen *Head Shaft* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *On Condition Task* atau *predictive maintenance* yaitu melakukan tindakan dengan menggunakan teknik *condition monitoring* pada komponen *Head Shaft*. Teknik ini menggunakan peralatan khusus untuk melakukan monitor terhadap komponen. Tindakan *maintenance* sebagai pendeteksian kegagalan meliputi memeriksa kondisi *head shaft feeder* dan baut-bautnya, melakukan *allignment check* pada *Head Shaft*.

##### 2. Chain Feeder

Masalah yang terjadi pada chain feeder adalah apabila jarak pemanjangannya melebihi 3% maka akan menyebabkan putus. Jarak pemanjangan chain dihitung dari ujung *bushing* satu dengan *bushing* satunya, dalam keadaan baru jarak normalnya adalah 5.25 inc, berikut adalah perhitungan jarak pemanjangan bila melebihi 3%.



Gambar 4.7 jarak pemanjangan pada *chain breaker*

Sumber: *Joy Global Module*, 2014

$$\frac{x - 5,25}{7} \times 100 = 3\%$$

$$\frac{x - 5,25}{7} = 0,03$$

$$x - 5,25 = 0,21$$

$$x = 5,46 \text{ inch}$$

Pada komponen *Chain Feeder* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *On Condition Task* atau *predictive maintenance* yaitu melakukan tindakan dengan menggunakan teknik *condition monitoring* pada komponen *Chain Feeder*. Tindakan *maintenance* sebagai pendeteksian kegagalan meliputi melakukan *adjust* pada *chain feeder*, *check elongation* (pemanjangan) dari *conveyor chain* apakah sudah mencapai

3 % (batas aman). Jadi apabila jarak pemanjangan *chain* nya melebihi 5,46 inch atau 13,86 cm segera lakukan *adjustment* pada *chain*.

### 3. *Chain Drive Breaker*

Pada komponen *Chain Drive Breaker* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *On Condition Task* atau *predictive maintenance* yaitu melakukan tindakan dengan menggunakan teknik *condition monitoring* pada komponen *Chain drive Breaker*. Selanjutnya dilakukan pengecekan *oil level breaker drive chain oil bath*, *check tension* dari *breaker drive chain*.

### 4. *Shear Pin*

Pada komponen *Chain Breaker* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *On Condition Task* atau *predictive maintenance* yaitu melakukan tindakan dengan menggunakan teknik *condition monitoring* pada komponen *Chain Breaker*. Tindakan *maintenance* sebagai pendeteksian kegagalan adalah *check* kemungkinan *pick breaker* hilang atau aus.

### 5. *Bearing breaker*

Pada komponen *Bearing breaker* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *On Condition Task* atau *predictive maintenance* yaitu melakukan tindakan pengecekan vibrasi pada *breaker drive shaft*. Teknik ini dimonitor dengan menggunakan alat khusus. Periksa vibrasi pada semua bearing dan ukur vibrasi pada semua *drive unit* ( motor, gear box). Selanjutnya dilakukan *visual inspection* dan *vibration* pada *bearing*, *check* kondisi *grease* dan *hose grease*, apakah *grease* nya cukup, tambah bila kurang



Tabel 4.15 RCM Information Work Sheet Feeder breaker

RCM Decision Worksheet			System: Stamler Chain Feeder								System No: 2.125				Facilitator:		
			Sub-System: PT. KPC								Sub-System No:				Auditor:		
Information reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	A1	Y	N	N	Y	Y						Scheduled on-condition tasks. (Periksa kondisi head shaft feeder dan baut-bautnya, lakukan allignment check)		192 jam	Mechanic	
		A2	Y	N	N	Y	Y						Scheduled on-condition tasks. (Melakukan adjust pada chain feeder, check elongation (pemanjangan) dari conveyor chain apakah sudah mencapai 3 % (batas aman))		192 jam	Mechanic	
		A3	Y	N	N	Y	Y						Scheduled on-condition tasks. (check oil level breaker drive chain oil bath, check tension dari breaker drive chain)		288 jam	Mechanic	
		A4	Y	N	N	Y	Y						Scheduled on-condition tasks. (check kemungkinan pick breaker hilang atau rusak)		136 jam	Mechanic	
		A5	Y	N	N	Y	Y						Scheduled on-condition tasks. (Melakukan visual inspection dan vibration pada bearing, check bearing , apakah grease nya cukup, tambah bila kurang)		480 jam	Mechanic	

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab penutup ini akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada tahap awal. Sedangkan saran dimaksudkan untuk memberi masukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengacu pada hasil analisis dan pembahasan, baik untuk pihak instansi maupun penelitian selanjutnya.

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa yang telah dibahas pada Bab IV diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Equipment 2.125* atau *feeder breaker 2* merupakan *equipment* terkritis keempat berdasarkan nilai *Maintenance Priority Index* (MPI) yang diterapkan oleh perusahaan pada *Coal Processing Plant* (CPP). Setelah dilakukan analisis pada *equipment 2.125* atau *feeder breaker 2*, dilakukan penerapan RCM pada komponen-komponen paling kritis berdasarkan nilai RPN. Berikut komponen-komponen kritis berturut-turut dari nilai RPN terbesar adalah *head shaft feeder* (294), *chain feeder* (252), *chain drive breaker* (210), *shear pin* (140), dan *bearing breaker* (112).
2. Nilai keandalan sangat dipengaruhi oleh waktu, semakin lama waktu komponen beroperasi, maka nilai keandalan dari komponen tersebut akan semakin berkurang. Berikut interval pemeliharaan yang disarankan ketika nilai keandalan tiap-tiap komponen ditingkatkan pada titik 90 %:
  - a. *Reliability* (keandalan) komponen *Head Shaft* saat ini adalah 10,2 %. Setelah dilakukan peningkatan nilai keandalan pada titik 90.15 % atau meningkat sebesar 79,05 % maka interval waktu pemeliharaan yang disarankan adalah  $t = 192$  jam
  - b. *Reliability* (keandalan) komponen *Chain Feeder* saat ini adalah 22.10 %. Setelah dilakukan peningkatan nilai keandalan pada titik 90.25 % atau meningkat sebesar 68.15 % maka interval waktu pemeliharaan yang disarankan adalah  $t = 192$  jam
  - c. *Reliability* (keandalan) komponen *Chain drive Breaker* saat ini adalah 38.35 %. Setelah dilakukan peningkatan nilai keandalan pada titik 90.25 % atau



meningkat sebesar 51.9 % maka interval waktu pemeliharaan yang disarankan  $t = 288$  jam

- d. *Reliability* (keandalan) komponen *Shear pin* saat ini adalah 41.03 %. Setelah dilakukan peningkatan nilai keandalan pada titik 90.12 % atau meningkat sebesar 49.09 % maka interval waktu pemeliharaan yang disarankan adalah  $t = 136$  jam
  - e. *Reliability* (keandalan) komponen *Bearing Breaker* saat ini adalah 19.32 %. Setelah dilakukan peningkatan nilai keandalan pada titik 90.53 % atau meningkat sebesar 71.27 % maka interval waktu pemeliharaan yang disarankan adalah  $t = 480$  jam
3. Ditinjau dari RCM *decision worksheet*, pemeliharaan yang tepat / *proposed task* untuk setiap komponen menggunakan *scheduled on-condition tasks* semua, karena kegagalan setiap komponen mempengaruhi delay produksi, namun kegagalan dapat di prediksi dengan menjalankan *condition monitoring*.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian ini, maka penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, penelitian bisa dilakukan langsung terhadap detail komponen mesin kritis.
2. Bagi perusahaan, untuk meningkatkan keandalan suatu komponen maupun *equipment* diperlukan peningkatan penggunaan metode RCM.
3. Pemeliharaan yang disarankan adalah *proposed task* untuk setiap komponen menggunakan *scheduled on-condition tasks* semua, dengan menjalankan *condition monitoring* sesuai waktu yang telah ditentukan pada bab kesimpulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Sang. 2012. Perancangan Kegiatan Perawatan dengan Metode RCM di Unit *Crusher* PT. Semen Gresik Persero. Tbk. Malang: Universitas Brawijaya (UB).
- Ben-Daya, M. 2000. *You May Need RCM to Enhance TPM Implementation*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(2).
- Ebelling, C.E.1997. *An introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc.Graw Hill Companier inc.
- Dhillon, B. S., 2006. “*Maintainability, Maintenance, and, Reliability for Engineers*,” CRC, Otawwa, Ontario
- Gandi, Aripin. 2012. Implementasi *Failure Mode and Effect Analysis* untuk Meningkatkan Keandalan Pipa Boiler di PLTU Banten. Jakarta: Universitas Merchubuana.
- Islamidina, Farisa. 2014. Implementasi Teknik Keandalan untuk Mengoptimalkan Interval Perawatan pada Sistem *Coal Feeder*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Kartika, Steffi Widyasputri. 2010. “Perhitungan Reliability Untuk Penjadualan *Predictive Maintenance* Serta Biaya Perawatan Mesin Kritis *Oil Shipping Pump*”
- Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance II*. New York: Industrial Press Inc.
- Sayuti, M dkk. 2013. Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin dengan Menggunakan *Metode Reliability Centered Maintenance* pada PT. Z. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Troyer, D. 2006. *Strategic Plant Reliability Management Course Book*. Oklahoma: Noria Publishing..
- Iriawan, Nur. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Yogyakarta: Andi Offset.



## Lampiran 1. Perhitungan MTTF Komponen *Feeder Breaker* 2

1. Komponen *Head Shaft Feeder* berdistribusi lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF = 236.49 e^{\frac{2.5593^2}{2}}$$

$$MTTF = 236.49 e^{\frac{6.549}{2}}$$

$$MTTF = 236.49 e^{3.274}$$

$$MTTF = 236.49 \times 26.436$$

$$MTTF = 6252.84 \text{ (jam)}$$

2. Komponen *Chain Feeder* berdistribusi Weibull

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

$$MTTF = 701.34 \Gamma\left(1 + \frac{1}{0.37443}\right)$$

$$MTTF = 2827.18 \text{ (jam)}$$

3. Komponen *Shear Pin* berdistribusi Weibull

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

$$MTTF = 871.324 \Gamma\left(1 + \frac{1}{0.626012}\right)$$

$$MTTF = 1165.72 \text{ (jam)}$$

4. Komponen *Bearing Breaker* berdistribusi Weibull

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

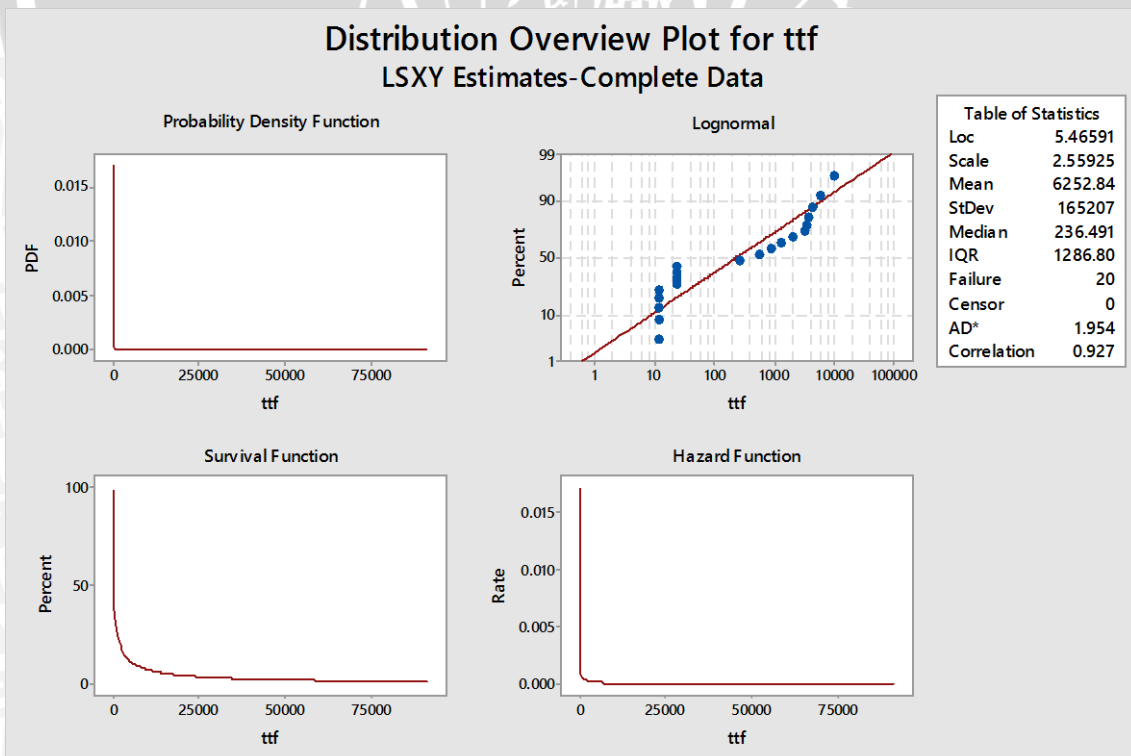
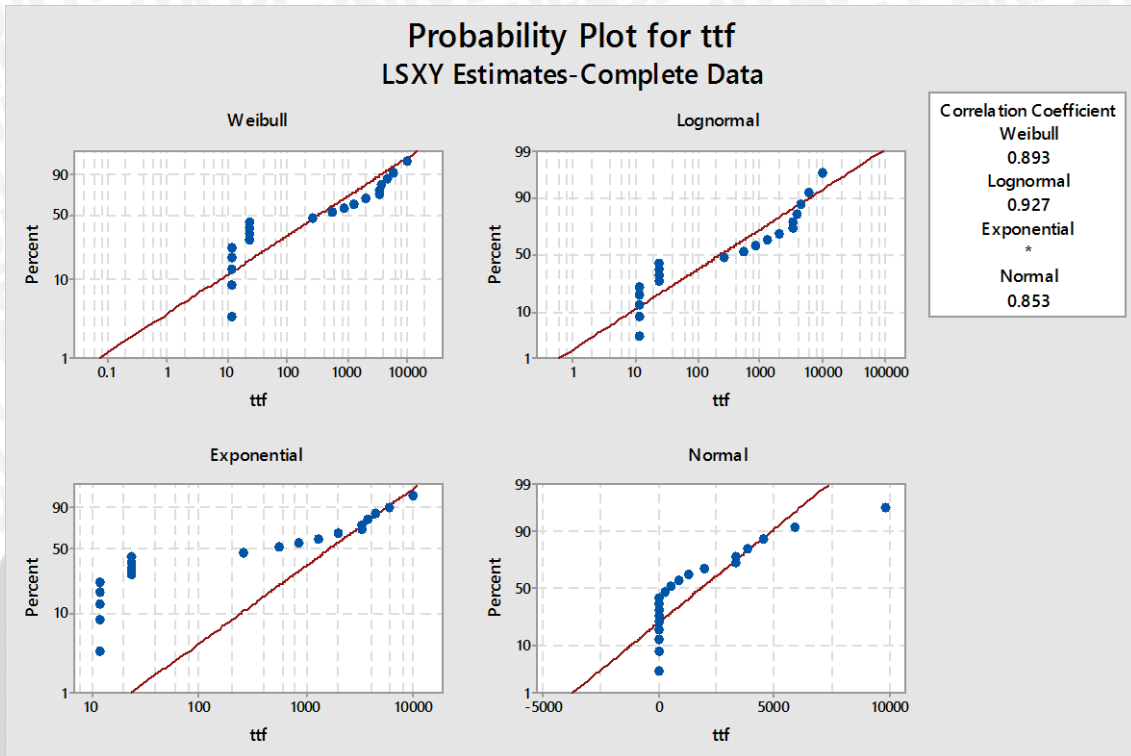
$$MTTF = 2213.31 \Gamma\left(1 + \frac{1}{0.458325}\right)$$

$$MTTF = 10586.6 \text{ (jam)}$$

## Lampiran 2. *Probability Plot dan Distribution Overview Plot*

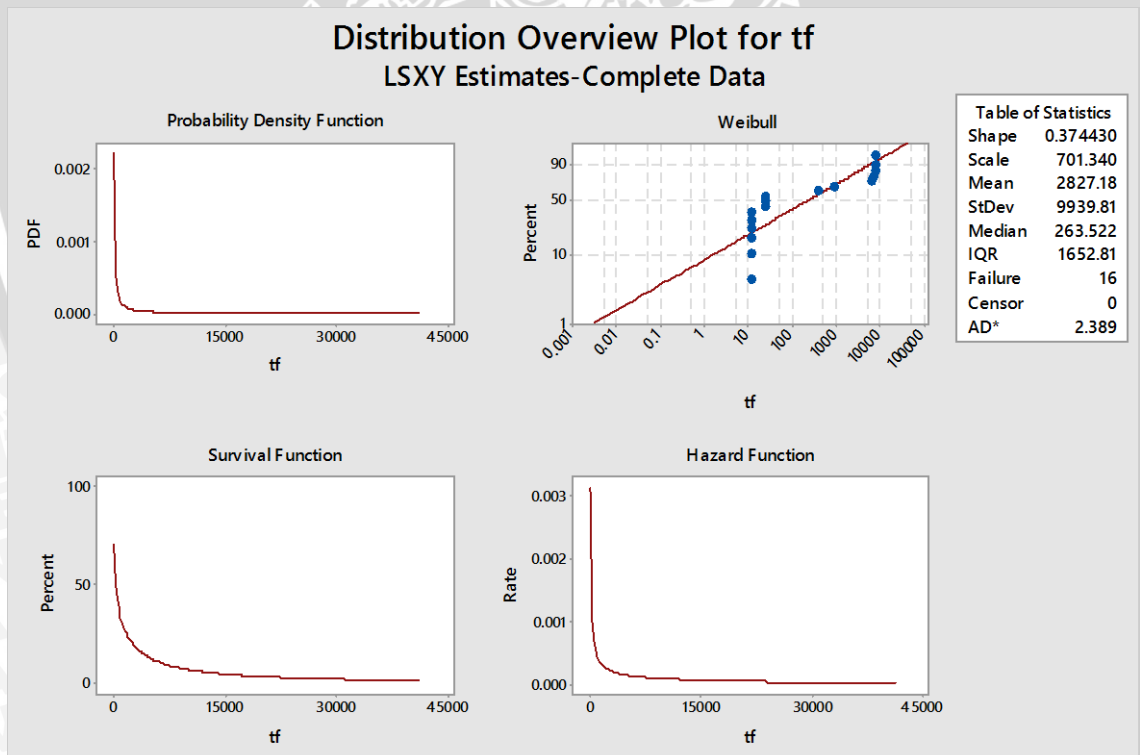
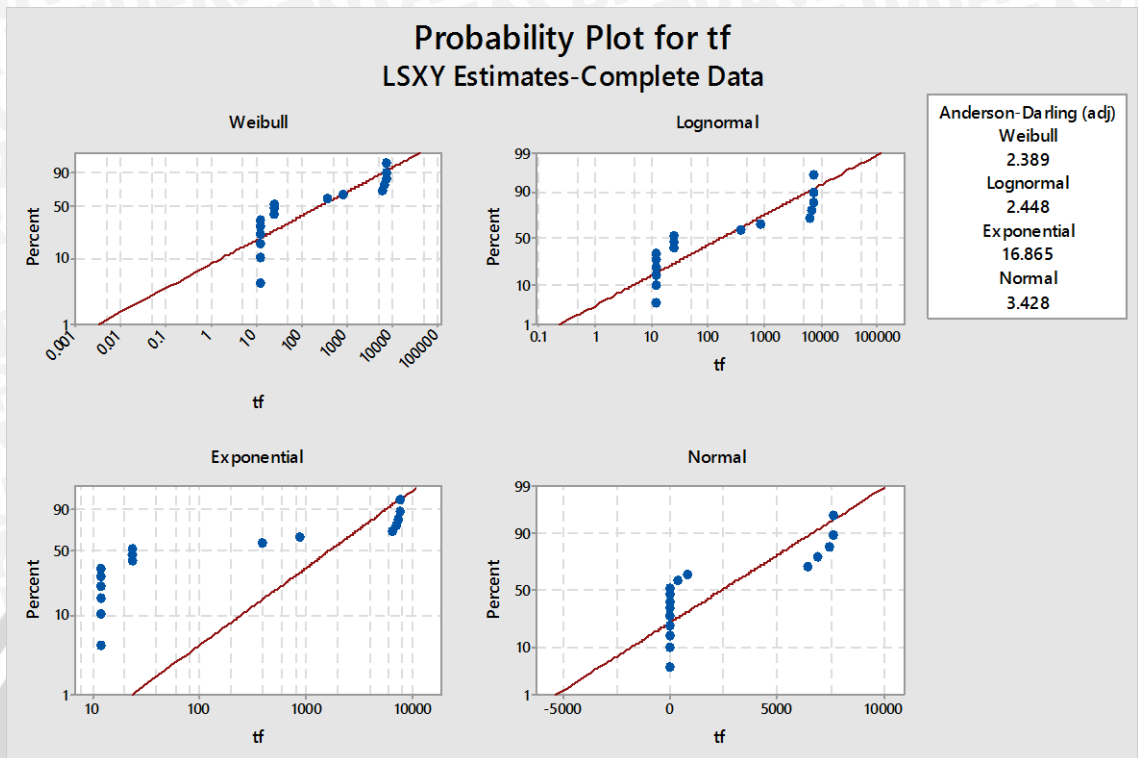
### 1. Gambar *Probability Plot dan Distribution Overview Plot* Komponen *Head Shaft*

#### *Feeder*

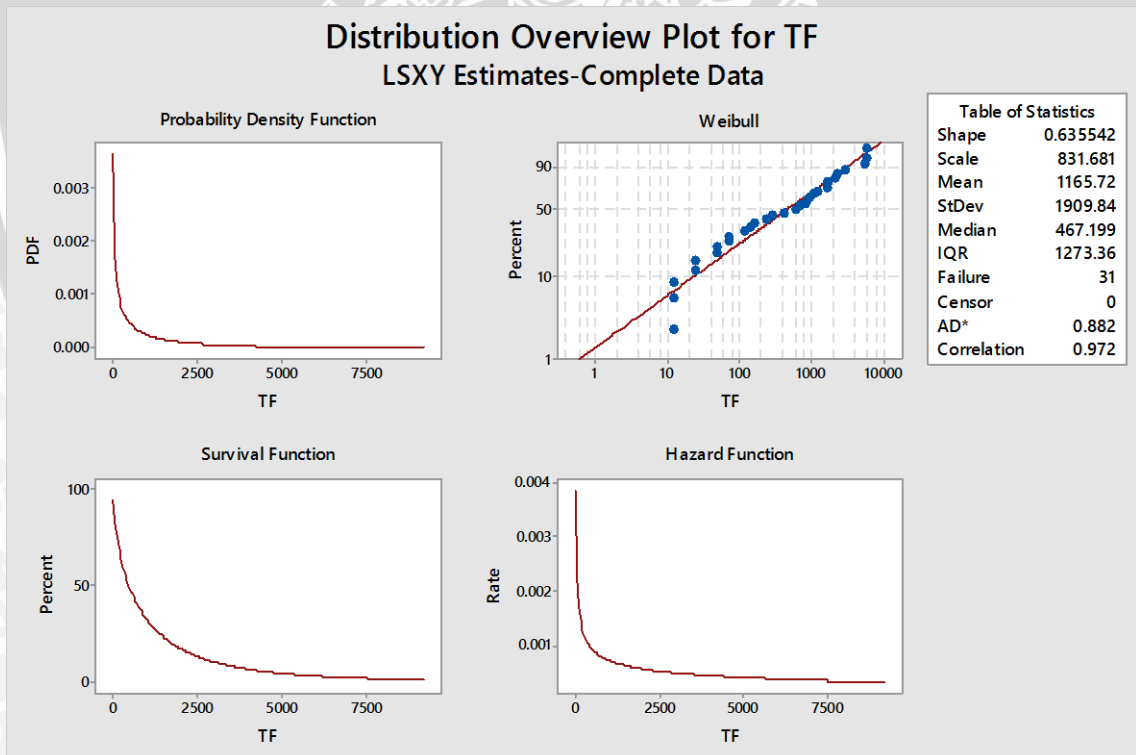
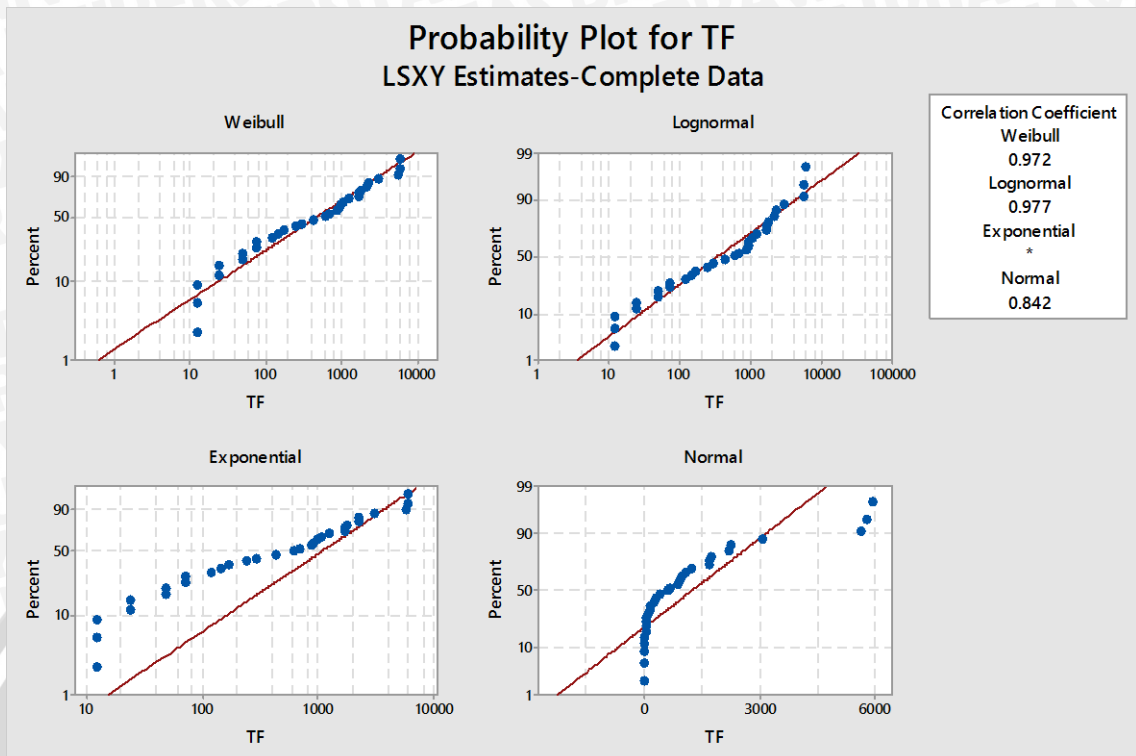




2. Gambar Probabilty Plot dan Distribution Overview Plot Komponen Chain Feeder

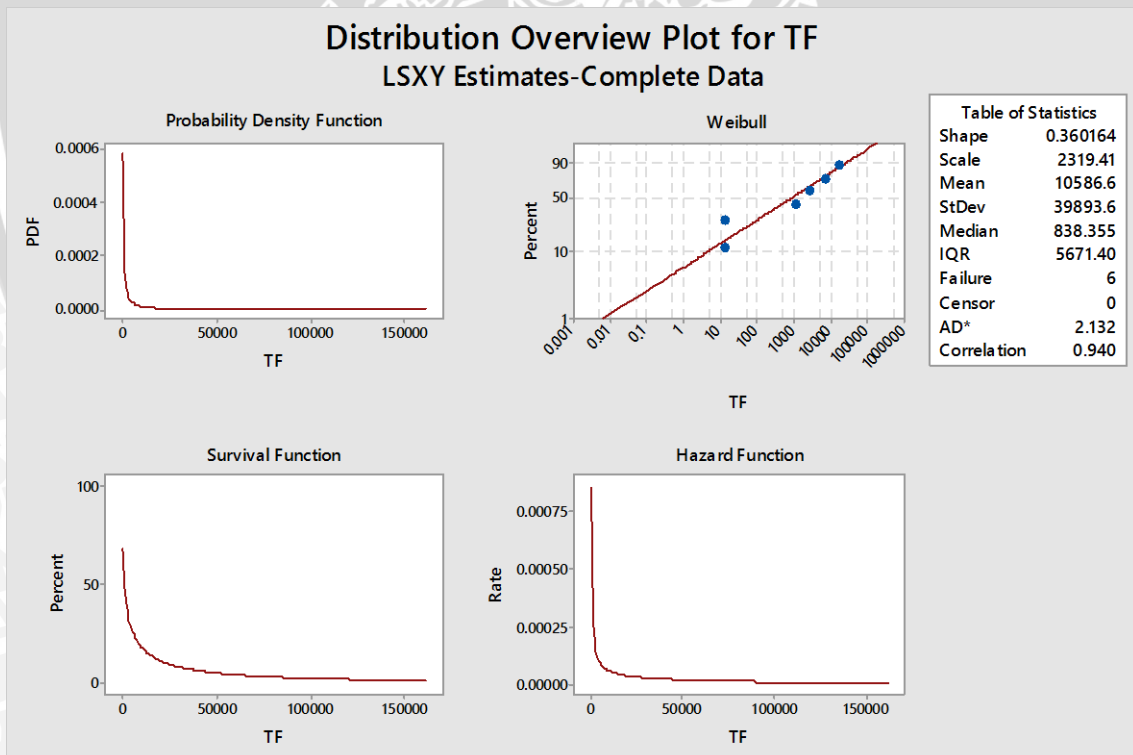
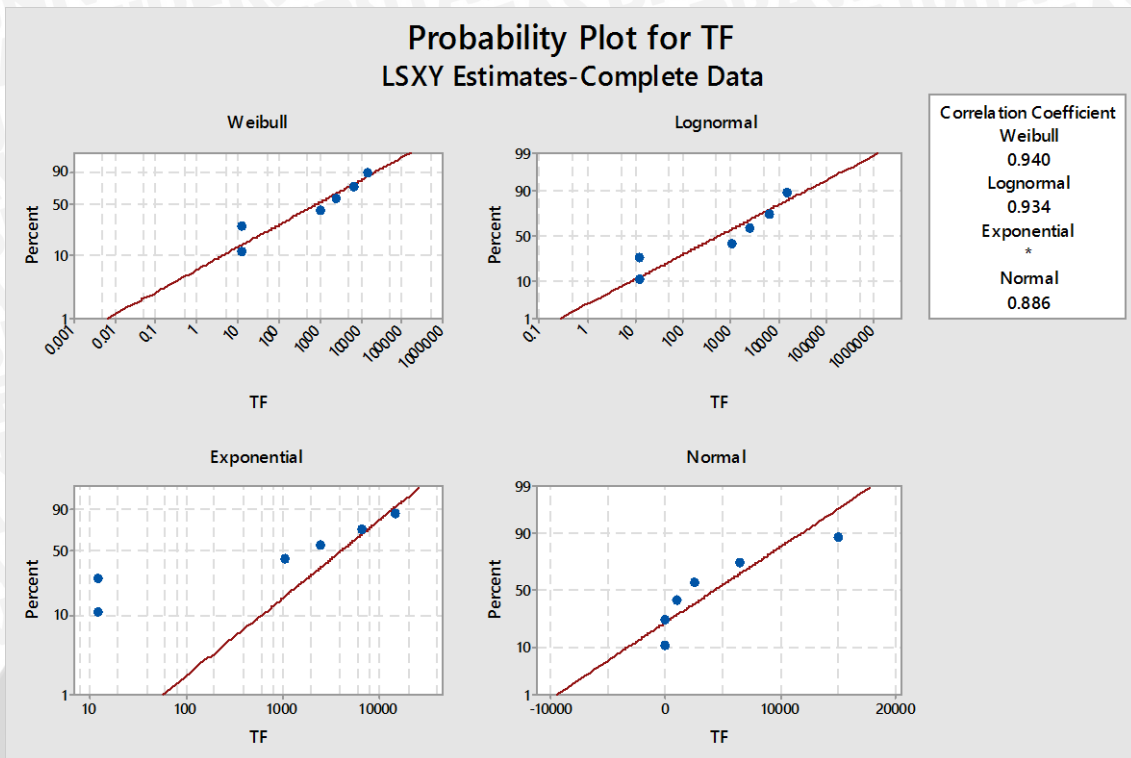


### 3. Gambar *Probability Plot* dan *Distribution Overview Plot* Komponen *Shear Pin*





4. Gambar *Probability Plot* dan *Distribution Overview Plot* Komponen *Bearing Breaker*



### Lampiran 3. Data TF dan TR Tiap Komponen

#### a. Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Lama Perbaikan *Head shat feeder*

<i>Head shat feeder</i>		
<b>Tanggal</b>	<b>Waktu Antar Kerusakan (Jam)</b>	<b>Waktu Lama Perbaikan (Jam)</b>
6/2/2010		8
6/2/2010	12	7.9
6/3/2010	24	2
6/3/2010	12	8
6/3/2010	12	7.9
11/9/2010	3816	8
1/2/2011	1296	0.5
1/3/2011	24	0.1
1/3/2011	12	0.3
1/26/2011	552	0.5
2/6/2011	264	0.4
2/7/2011	24	0.3
3/15/2011	864	0.1
4/29/2012	9864	8.1
11/3/2012	4512	5
7/7/2013	5904	5.5
7/7/2013	12	1.2
11/22/2013	3312	5.2
4/11/2014	3360	7.7
4/12/2014	24	3.1
7/4/2014	1992	4

#### b. Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Lama Perbaikan *Chain Drive Breaker*

<i>Chain Drive Breaker</i>		
<b>Tanggal</b>	<b>Waktu Antar Kerusakan (Jam)</b>	<b>Waktu Lama Perbaikan (Jam)</b>
2/21/2010		1.5
7/10/2010	3336	3.7
7/10/2010	12	8
12/22/2010	3960	1.9
4/6/2011	2520	4.3
4/7/2011	24	3
4/7/2011	12	8
6/29/2011	1992	4.3
10/9/2011	2448	4.7
3/1/2012	3456	3.4



4/12/2012	1008	2.6
4/13/2012	24	4.3
7/20/2013	11112	0.3
8/25/2013	864	3.9

c. Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Lama Perbaikan *Chain Breaker*

<i>Chain Breaker</i>		
Tanggal	Waktu Antar Kerusakan (Jam)	Waktu Lama Perbaikan (Jam)
2/21/2010		1.5
7/10/2010	3336	3.7
7/10/2010	12	8
12/22/2010	3960	1.9
4/6/2011	2520	4.3
4/7/2011	24	3
4/7/2011	12	8
6/29/2011	1992	4.3
10/9/2011	2448	4.7
3/1/2012	3456	3.4
4/12/2012	1008	2.6
4/13/2012	24	4.3
7/20/2013	11112	0.3
8/25/2013	864	3.9

d. Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Lama Perbaikan *Shear pin*

<i>Shear pin</i>		
Tanggal	Waktu Antar Kerusakan (Jam)	Waktu Lama Perbaikan (Jam)
1/9/2010		0.6
1/15/2010	144	0.7
1/15/2010	12	0.7
2/24/2010	960	0.5
2/24/2010	12	0.9
4/1/2010	864	0.4
4/3/2010	48	3.8
4/28/2010	600	0.4
7/9/2010	1728	0.5
7/9/2010	12	0.7
11/13/2010	3048	0.9
11/14/2010	24	0.1
1/24/2011	1704	0.6
1/27/2011	72	0.2
2/1/2011	120	0.1
2/11/2011	240	0.3

4/4/2011	1248	0.7
4/11/2011	168	1.8
12/1/2011	5616	0.4
3/3/2012	2232	0.3
6/2/2012	2184	0.2
7/1/2012	696	0.3
2/26/2013	5760	0.2
5/8/2013	1704	1.1
6/15/2013	912	0.4
6/27/2013	288	0.4
6/28/2013	24	0.7
7/1/2013	72	0.7
8/14/2013	1056	0.2
8/16/2013	48	0.1
9/3/2013	432	0.7
5/9/2014	5952	0.7

e. Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Lama Perbaikan *Bearing Breaker*

<i>Bearing Breaker</i>		
<b>Tanggal</b>	<b>Waktu Antar Kerusakan (Jam)</b>	<b>Waktu Lama Perbaikan (Jam)</b>
10/2/2010		0.4
11/15/2010	1056	0.1
2/27/2011	2496	3.6
2/27/2011	12	0.8
11/16/2012	15072	2.3
8/14/2013	6504	1.4
8/14/2013	12	0.1