

## BAB IV

### PENGOLAHAN DATA

#### 4.1.1 Latar Belakang Perusahaan

#### 4.1.1 Sejarah Berdirinya Perusahaan

Sejarah berdirinya PT. Sarihusada dimulai dari tahun 1954 pemerintahan Indonesia bekerjasama dengan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mendirikan NV Saridele yang merupakan wujud dari program khusus guna menunjang kecukupan protein nasional. Lantas NV Saridele memelopori pengembangan produk-produk nutrisi dan kaya protein bagi rakyat Indonesia. Pada tahun 1965 merupakan tahun peluncuran merek legendaris dan masih tetap eksis hingga saat ini, yaitu SGM. Saat ini merek SGM berkembang menjadi SGM Bunda, SGM Eksplor, SGM Aktif, dan SGM Progres yang masih populer dan diterima oleh masyarakat luas.

NV Saridele berpindah kepemilikan ke PT. Kimia Farma pada tahun 1968, lalu pada tahun 1972 NV Saridele berganti nama menjadi Sarihusada setelah hasil *joint venture* antara PT. Kimia Farma dengan PT. Tiga Rakasa. Pada tahun 1983, Sarihusada melakukan IPO di lantai Bursa Efek Jakarta. Sebagai sebuah perusahaan listing posisi kepemilikan saham mengalami sejumlah perubahan signifikan. Tahun 1992, PT Tiga Rakasa menjadi pemegang saham mayoritas.

Dengan pertumbuhan bisnis yang kian meningkat, Sarihusada memperkuat posisinya di level internasional dengan beraliansi dengan Nutricia Internasional BV (Royal Numico NV) pada tahun 1998. Pada 2007, Sarihusada secara resmi keluar dari Bursa Efek Jakarta (BEJ) maupun Surabaya (BES) dan menjadi perusahaan tertutup. Danone Group kemudian mengakuisisi Royal Numico pada tahun 2008, sehingga menjadikannya sebagai pemegang saham mayoritas di Sarihusada.

Seiring waktu, Sarihusada terus mengembangkan lini produknya yang menghasilkan keragaman produk dengan kualitas yang tetap terjaga. Kehadiran berbagai produk Sarihusada di masyarakat semakin melengkapi ketersediaan gizi bagi masyarakat, terutama ibu dan anak. Dari pabriknya di kawasan Yogyakarta dan Klaten, Jawa Tengah serta didukung oleh lebih dari 400 peneliti dari Danone Research Center yang tersebar di Belanda, Singapura dan Indonesia, Sarihusada hingga detik ini masih setia seperti enam puluh tahun silam; menghasilkan beragam produk nutrisi berstandar internasional dengan harga terjangkau.

#### **4.1.2 Profil Singkat Perusahaan**

PT Sarihusada Generasi Mahardhika (Sarihusada) adalah perusahaan yang memproduksi berbagai produk nutrisi untuk ibu hamil & menyusui dan anak dengan rasa enak, terjangkau serta berstandar internasional. Sarihusada telah beroperasi di Indonesia sejak tahun 1954 sebagai wujud nyata Program Kecukupan Protein Nasional yang diselenggarakan pemerintah Indonesia bersama Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB).

Sarihusada merupakan bagian dari Danone Nutricia Early Life Nutrition, sebuah perusahaan nutrisi yang tersebar di beberapa negara di dunia dengan lebih dari 100 tahun pengalaman menyediakan nutrisi terbaik bagi buah hati. Didukung oleh lebih dari 400 ilmuwan, Danone Nutricia Early Life Nutrition telah menghasilkan 263 penelitian dan 147 inovasi mengenai ASI dan nutrisi awal kehidupan. Sebagai bukti komitmen Danone Nutricia Early Life Nutrition terhadap nutrisi telah berhasil dibuktikan sebagai Peringkat 1 Penghargaan Internasional Access to Nutrition Index (ATNI) pada tahun 2013.

Saat ini Sarihusada menaungi lebih dari 1.000 karyawan di seluruh penjuru Indonesia dan mengoperasikan fasilitas produksi di kawasan Yogyakarta dan Klaten untuk menghasilkan berbagai produk Sarihusada seperti susu pertumbuhan SGM, SGM Bunda, dan Lactamil.

Dalam praktek pemasaran produk, Sarihusada mematuhi etik pemasaran internal Danone Charter. Kode etik tersebut merujuk pada etika dan prinsip *World Health Organization's International Code of Marketing of Breast-Milk Substitutes* (WHO Code) dan memiliki kesamaan tujuan dengan resolusi *World Health Assembly*.

Sarihusada juga secara aktif berinteraksi dan bermitra dengan para praktisi kesehatan, penggiat gizi, pengambil kebijakan dan pihak terkait lainnya untuk memberikan edukasi yang diperlukan untuk mewujudkan generasi Indonesia yang sehat di masa kini dan masa datang.

#### 4.1.3 Lokasi PT. Sarihusadha Generasi Mahardhika

PT. Sarihusada memiliki dua lokasi pabrik dengan fungsi yang berbeda yaitu proses produksi berada di Yogyakarta dan proses pengemasan berada di Klaten. Berikut alamat pabrik PT. Sarihusada:

- a. Jalan Kusumanegara 173 Muja Muju, Umbulharjo, KotaYogyakarta, Daerah Istemewa Yogyakarta 55165.
- b. Jalan raya Jogja-Solo KM 19, Kemudo, Prambanan, Klaten, Jawa Tengah 57454.

#### 4.1.4 Visi

Visi dari PT. Sarihusada adalah “Bersama ibu-ibu Indonesia menyongsong kehidupan baru melalui nutrisi dan pendidikan yang terdepan dan terjangkau”.

#### 4.1.5 Misi

Misi dari PT. Sarihusada adalah “Bersama Ibu-Ibu Indonesia Menyongsong Kehidupan Baru Melalui Nutrisi dan Pendidikan yang Terdepan dan Terjangkau”.

#### 4.1.6 Waktu Kerja

PT. Sarihusada memiliki 2 macam waktu kerja. Waktu kerja secara *day time* dengan jam kerja sebagai berikut:

1.      Senin – kamis                   : 07.30 – 16.00 WIB  
           Jam istirahat                    : 12.00 – 13.00 WIB
2.      Jum’at                             : 07.30 -16.00 WIB  
           Jam istirahat                    : 11.30 – 13.00 WIB

Waktu kerja secara *shift* berlaku untuk operator dan bidang tertentu dengan jam kerja sebagai berikut:

1.      *Shift* pagi                         : 07.30 – 15.30 WIB
2.      *Shift* sore                        : 15.30 – 22.30 WIB
3.      *Shift* malam                     : 22.30 – 07.30 WIB

## 4.2 Pengumpulan Data

### 4.2.1 Data Waktu antar Kerusakan Komponen Mesin Evaporator

Data jumlah *downtime* dari evaporator TFD-315 diambil dari Januari 2015 hingga Agustus 2018 seperti yang tercantum pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Waktu antar Kerusakan Evaporator

No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish
1	Tabung Evaporator	Flowmeter	20/06/2016 11.00	20/06/2016 11.25
			12/05/2017 09.05	12/05/2017 10.10
			25/08/2017 07.40	25/08/2017 10.40
			03/03/2018 08.20	03/03/2018 12.00
		Seal Evaporator	15/02/2015 10.30	15/02/2015 23.15
			30/05/2016 14.25	30/05/2016 16.50
			16/03/2017 11.45	16/03/2017 13.05
		Pipa Steam	23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15
			13/02/2016 11.30	13/02/2016 13.30
			07/09/2016 14.25	07/09/2016 16.55
			15/09/2018 04.20	15/09/2018 06.35
		Piapa Kondensat	16/09/2018 10.45	16/09/2018 13.10
			14/06/2015 13.25	14/06/2015 14.55
			20/09/2016 19.55	20/09/2016 20.45
			09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30
		Filter	14/03/2018 09.20	14/03/2018 15.15
19/06/2016 17.50	19/06/2016 18.45			
08/09/2016 12.05	08/09/2016 14.05			
2	Pump	V-Belt	13/10/2017 14.25	13/10/2017 17.05
			20/10/2015 08.20	20/10/2015 09.05
			13/06/2017 11.30	13/06/2017 11.50
			24/08/2017 13.30	24/08/2017 15.35
		Bearing	11/04/2018 07.10	11/04/2018 08.20
			12/04/2018 16.40	12/04/2018 17.20
			10/12/2017 08.25	10/12/2017 10.45
			22/01/2018 08.25	22/01/2018 10.15
			02/03/2018 12.30	02/03/2018 14.40
			23/05/2018 07.15	23/05/2018 13.10
Pipa	07/07/2018 13.10	07/07/2018 16.45		
	11/09/2018 14.00	11/09/2018 19.20		
		05/10/2018 04.50	05/10/2018 09.20	
		28/01/2015 11.00	28/01/2015 12.50	

No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish
			23/10/2015 08.00	23/10/2015 09.30
			09/11/2016 01.55	09/11/2016 03.55
		<i>Pressure Relief Valve</i>	11/11/2016 15.40	11/11/2016 16.35
			26/01/2017 07.30	26/01/2017 08.45
		<i>Piston</i>	09/02/2015 15.40	09/02/2015 16.50
			18/12/2016 14.20	18/12/2016 17.00
		<i>Valve</i>	23/10/2015 08.00	23/10/2015 08.30
			24/10/2015 14.25	24/10/2015 15.35
			14/04/2016 16.35	14/04/2016 17.30
			04/10/2016 17.30	04/10/2016 19.55
		<i>Rotor</i>	12/07/2017 12.50	12/07/2017 16.00
			29/12/2015 15.40	29/12/2015 17.50
3	<i>Cooler</i>	<i>Plat Coller</i>	20/05/2015 09.05	20/05/2015 09.50
			13/12/2016 06.25	13/12/2016 08.30
			25/11/2017 14.45	25/11/2017 18.45
			18/03/2018 19.05	18/03/2018 20.25
			17/07/2018 15.35	17/07/2018 16.10
4	<i>Preheater</i>	<i>Pipa Preheater</i>	20/06/2016 11.00	20/06/2016 11.25
			12/05/2017 09.05	12/05/2017 10.10
			25/08/2017 07.40	25/08/2017 10.40
			03/03/2018 08.20	03/03/2018 12.00
			15/02/2015 10.30	15/02/2015 23.15
		<i>Plat Exchanger</i>	30/05/2016 14.25	30/05/2016 16.50
			16/03/2017 11.45	16/03/2017 13.05
			23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15
			13/02/2016 11.30	13/02/2016 13.30
			07/09/2016 14.25	07/09/2016 16.55
<i>Boiler</i>	15/09/2018 04.20	15/09/2018 06.35		
5	<i>Mix Storage Tank</i>	<i>Flowmeter</i>	16/09/2018 10.45	16/09/2018 13.10
			14/06/2015 13.25	14/06/2015 14.55
			20/09/2016 19.55	20/09/2016 20.45
			09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30
		<i>Sensor Pelampung</i>	14/03/2018 09.20	14/03/2018 12.15
		<i>Mixer</i>	19/06/2016 17.50	19/06/2016 18.45
			08/09/2016 12.05	08/09/2016 14.05
			13/10/2017 14.25	13/10/2017 17.05
			05/04/2015 17.30	05/04/2015 17.55
		<i>Valve</i>	07/04/2015 08.15	07/04/2015 11.00
			21/02/2016 11.25	21/02/2016 12.00
			03/05/2016 08.25	03/05/2016 09.20
18/09/2016 14.45	18/09/2016 16.45			

No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish
6	Balance Tank	Valve	20/05/2015 06.00	20/05/2015 08.00
			20/12/2016 09.00	20/12/2016 12.00
		Flowmeter	02/11/2015 19.25	02/11/2015 20.20
			14/03/2016 13.35	14/03/2016 14.05
			12/10/2018 10.20	12/10/2018 11.00
			15/10/2018 15.10	15/10/2018 15.40
			21/09/2017 15.30	21/09/2017 17.30
		Seal	24/11/2017 07.15	24/11/2017 10.20
07/10/2018 08.40	07/10/2018 10.35			
7	Pasteurisasi	Heater	27/03/2015 10.20	27/03/2015 10.50
			17/12/2016 11.05	17/12/2016 12.10
			28/08/2018 12.25	28/08/2018 13.25
			13/06/2017 09.35	13/06/2017 10.00
		Regenerator	23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15
			21/12/2017 07.00	21/12/2017 08.45
			02/11/2016 19.25	02/11/2016 20.20
		Flow Diversion Valve	15/12/2016 08.45	15/12/2016 09.55
			20/05/2015 09.05	20/05/2015 09.50
		Holder	09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30
			23/10/2015 08.00	23/10/2015 08.30
			04/10/2016 17.30	04/10/2016 19.55
			14/06/2017 16.40	14/06/2017 17.10
		Coller	24/08/2017 12.40	24/08/2017 13.40
			25/11/2017 14.45	25/11/2017 15.55
		Chiller	22/06/2016 04.55	22/06/2016 05.50
			23/01/2018 10.15	23/01/2018 11.30
			11/11/2015 07.20	11/11/2015 09.10
18/01/2017 15.20	18/01/2017 18.30			

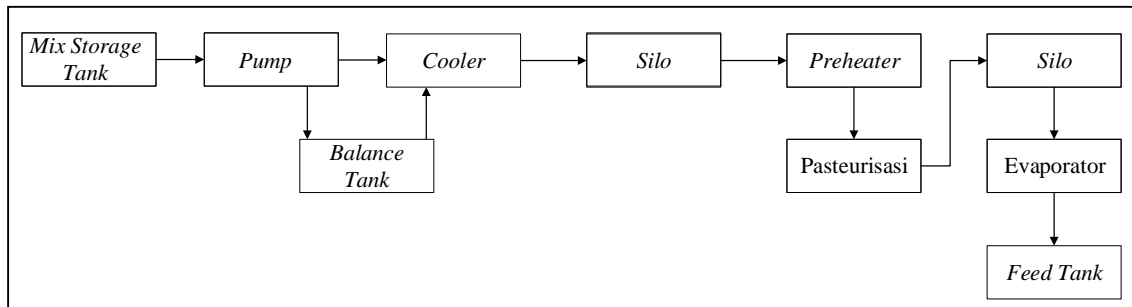
### 4.3 Pengolahan Data Tahap I (Penentuan Komponen Kritis)

Pengolahan tahap I menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM) untuk mendapatkan komponen kritis.

#### 4.3.1 Perawatan Reliability Centered Maintenance

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

Dari data mesin serta fungsinya yang telah didapatkan dari perusahaan dan hasil wawancara dengan Bapak Abet selaku Kepala Seksi Departemen *Maintenance* dijadikan input untuk membuat FBD. Berikut FBD lini evaporator TFD-315:



Gambar 4.1 *Functional block Diagram (FBD)* Evaporator

Penjelasan Gambar *Functional Block Diagram (FBD)*:

#### 1. *Mix Storage Tank*

*Liquid* susu yang melalui proses sebelumnya disimpan pada *mix storage tank* sebelum dialirkan ke proses selanjutnya. Di dalam MST *liquid* susu bersuhu 15<sup>0</sup> C.

#### 2. *Pump*

Untuk mengalirkan produk *liquid* dibantu menggunakan *pump* agar mendapatkan kecepatan tekanan aliran yang diinginkan untuk proses produksi susu.

#### 3. *Cooler*

*Cooler* mendinginkan suhu susu menjadi 2-4<sup>0</sup> C.

#### 4. *Balance Tank*

*Balance tank* digunakan untuk penampungan sementara sebelum memasuki proses evaporasi, hal ini dilakukan karena terdapat perbedaan kapasitas volume antara MST dengan Tabung Evaporator.

#### 5. *Silo*

*Silo* merupakan tangki tampung susu sebelum menuju proses berikutnya.

#### 6. *Preheater*

*Liquid* memasuki *preheater* dari *balance tank* dibantu menggunakan *pump* untuk mencapai besaran tekanan aliran yang diinginkan. Di dalam *preheater liquid* dipanaska terlebih dahulu sebelum masuk ke proses selanjutnya.

### 7. *Pasteurisasi*

Di *pasteurisasi* susu dipanaskan dengan suhu tertentu dan dalam waktu yang ditentukan untuk membunuh bakteri yang terdapat dalam susu.

### 8. Evaporator

Di dalam tabung Evaporator pemanasan *liquid* dengan cara menempelkan pipa *liquid* produk dengan pipa *steam*. Dilakukan pemanasan di dalam tabung Evaporator ditujukan untuk mengurangi kadar air dalam *liquid* susu sehingga *liquid* susu lebih kental. Uap yang dihasilkan dikeluarkan ke pipa uap sedangkan *liquid* yang kental dialirkan ke *feed tank*.

### 9. *Feed Tank*

Produk *liquid* yang telah melalui hasil evaporasi disimpan dalam *feed tank* sebelum dialirkan ke proses selanjutnya.





## 2. Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)

Hasil dari FBD berupa nama mesin dan fungsinya dijadikan input dalam pengisian FMEA *worksheet*. FMEA *worksheet* pada penelitian ini diisi oleh Bapak Abet selaku Kepala Seksi Departemen *Maintenance*. Berikut hasil dari pengisian FMEA *worksheet* lini evaporator TFD-315:

Tabel 4.2 Failure Mode Effect and Analysis Evaporator TFD-315

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Evaporator	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Counting sensor rusak	Sensor kotor	Keakuratan sensor berkurang	4	2	3	24
				Counting sensor tidak berfungsi	Umur sensor	Penggantian sensor	5	2	2	20
		Seal Evaporator	Menjaga tabung dari kebocoran pada setiap sambungan	Seal kendor	Baut kendor	Pressure liquid tidak sesuai target	5	2	3	30
				Karet seal keras	Usia, aus	Terjadi kebocoran	6	2	4	48
		Pipa Steam	Mengalirkan liquid panas	Pipa berkerak	Korosi	Tekanan steam tidak terpenuhi	7	4	5	140
				Kebocoran pada pipa	Baut kendor	Tekanan steam tidak terpenuhi	6	2	3	36

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
		Piapa Kondensat	Mengalirkan hasil produk liquid susu kental	Aliran liquid tersendat	Terdapat endapan susu	Tekanan liquid tidak sesuai standard	6	3	5	90
		Filter	Menyaring material padat	Filter kotor	Terlalu banyak material tersaring	Aliran liquid tersendat	6	4	3	72
2	Pump	V-Belt	Mentransfer energi dari mesin ke penggerak	V-belt kendur	Usia, aus	Kecepatan penggerak berkurang	5	5	3	75
				V-belt putus	Kualitas rendah, usia	Energi dari mesin tidak dapat tersalurkan	6	4	6	144
		Bearing	Mengurangi gesekan putaran shaft	Bearing patah	Usia	HPP trip	7	2	3	42
				Minyak di bearing kurang	Seal pelumasan bocor	Tenaga yang dihasilkan tidak sesuai standard	6	2	7	84

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
				Terjadi sendatan saat mesin dijalankan	Pemasangan tidak sesuai standar	Berfungsi tidak sesuai kapasitas yang ditentukan	6	2	6	72
				Vibrasi tinggi	<i>Unbalance</i>	Berfungsi tidak sesuai kapasitas yang ditentukan	8	5	7	280
				Vibrasi pada <i>bearing</i> tinggi	Kurangnya pelumasan	Tenaga yang dihasilkan tidak sesuai standard	6	5	6	180
		<i>Pressure Relief Valve</i>	Menutup dan membuka saluran masuk bagi gas dan udara ke ruang bakar	Katup bocor	Katup berlubang	Terjadi kebocoran	5	3	4	60
		<i>Piston</i>	Untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (crank shaft) melalui batang piston (connecting rod)	Trouble	Tekanan kurang	Tidak tercapai tekanan yang diinginkan	5	5	3	75
		<i>Valve</i>	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve Steam trouble	Tekanan liquid yang besar dari proses buka tutup valve yang terlalu	Terjadi kebocoran	5	4	2	40

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
					sering					
3	Coller	Plat Cooler	Mendinginkan susu antara 2-4 C	Plat kotor	Berkerak	Tidak dapat menghantarkan suhu sesuai standar	6	4	4	96
4	Preheater	Pipa Preheater	Mengalirkan liquid menuju pemanas	Pipa kotor	Korosi	Tidak dapat mencapai suhu permukaan yang diinginkan	5	5	5	125
		Plat Exchanger	Media perpindahan panas	Plat kotor	Berkerak	Tidak dapat menghantarkan panas sesuai standar	6	3	5	90
		Boiler	Pemanas untuk menghasilkan uap	Tidak dapat bekerja	Tidak ada air yang dipanaskan	Tidak dapat menghasilkan produk uap	6	2	3	36
5	Mix Storage Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor rusak	Kurangnya kalibrasi	Penunjukkan nilai aliran tidak akurat	5	3	4	60
				Sensor kotor	Berkerak	Penunjukkan nilai aliran tidak akurat	6	4	3	72
		Sensor Pelampung	Mengontrol permukaan cairan dalam tangki agar tetap seimbang, bekerja secara otomatis	Sensor trouble	Sensor kotor	Keakuratan sensor berkurang	4	4	4	64
		Mixer	Untuk mencampur bahan-bahan yang bertujuan mengurangi	Pengaduk tidak ikut	Mixer kendor	Kecepatan tidak terpenuhi	5	3	4	60

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
			ketidaksamaan kondisi, suhu, atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan	berputar						
		Valve	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve trouble	Tekanan liquid yang besar dari proses buka tutup valve yang terlalu sering	Terjadi kebocoran	6	4	6	144
6	Balance Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor rusak	Kurangnya kalibrasi	Penunjukkan nilai aliran tidak akurat	5	3	4	60
		Seal	Menjaga dari kebocoran	Seal kendur	Baut kendur	Terjadi kebocoran	6	3	5	90
		Valve	Mengalirkan/Menghentikan Fluida secara manual	Kerusakan pada valve line suction	Mekanik Valve Loss	Fluida tidak mengalir'	5	4	4	80
7	Pasteurisasi	Heater	Memanaskan susu hingga suhu yang ditetapkan	Sambungan pipa heater kendur	Baut kendur	Terjadi kebocoran	5	3	5	75
		Regenerator	Memanaskan susu dari sumber yang berbeda	Tidak panas	Tidak ada aliran panas yang masuk	Susu tidak panas	6	3	5	90

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
		<i>Flow Diversion Valve</i>	Memindahkan susu menuju holder secara otomatis	<i>Valve</i> tidak terbuka	Katup macet	Susu tidak mengalir	5	4	3	60
		<i>Holder</i>	Mempertahankan suhu susu dari heater selama 15 detik	Susu tidak tertahan	Katup holder tidak menutup	Tidak sesuai ketetapan	5	4	3	60
		<i>Coller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari regenerator	Pompa air tidak bekerja	Air pendingin tidak naik	Tidak dapat mendinginkan susu	6	5	5	150
		<i>Chiller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari <i>coller</i>	Pendingin air tidak berfungsi	Suhu air tidak sesuai ketetapan	Suhu yang ditetapkan tidak tercapai	6	2	5	60

Dari tabel 4.2 dapat dilihat nilai RPN tertinggi yaitu pada mesin *pump* dengan komponen kritis *bearing*.

### 3. Logic Tree Analysis

Hasil dari FMEA berupa nama mesin, nama komponen, fungsi, dan mode kegagalan dijadikan input untuk mengerjakan LTA. Proses pengerjaan LTA juga dibantu oleh Bapak

Abet selaku Kepala Seksi Departemen *Maintenance* untuk menjawab tiga pertanyaan beruntun sehingga didapatkan kategori dari setiap mode kegagalan yang ada di lini evaporator TFD-315. Untuk pengisian LTA seluruh komponen lini evaporator dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 *Logic Tree Analysis* Evaporato TFD-315

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			Category
					Evident	Safety	Outage	
1	Evaporator	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Counting sensor rusak	Y	N	N	C
				counting sensor tidak berfungsi	Y	N	N	C
		Seal Evaporator	Menjaga tabung dari kebocoran pada setiap sambungan	seal kendor	Y	N	N	C
				Karet seal keras	Y	N	Y	B
		Pipa Steam	Mengalirkan liquid panas	pipa berkerak	Y	N	N	C
				kebocoran pada pipa	Y	N	N	C
		Piapa Kondensat	Mengalirkan hasil produk liquid susu kental	aliran liquid tersendat	Y	N	N	C

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			Category
					Evident	Safety	Outage	
		Filter	Menyaring material padat	Filter kotor	Y	N	N	C
2	Pump	V-Belt	Mentransfer energi dari mesin ke penggerak	V-belt kendur	Y	N	N	C
				V-belt putus	Y	N	Y	B
		Bearing	Mengurangi gesekan putaran shaft	Bearing patah	Y	N	Y	B
				Minyak di bearing kurang	Y	N	Y	B
				Terjadi sendatan saat mesin dijalankan	Y	N	Y	B
				Vibrasi tinggi	Y	N	Y	B
Vibrasi pada bearing tinggi	Y	N	N	C				



No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			Category
					Evident	Safety	Outage	
		Pressure Relief Valve	Menutup dan membuka saluran masuk bagi gas dan udara ke ruang bakar	katup bocor	Y	N	N	C
		Piston	Untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (crank shaft) melalui batang piston (connecting rod)	trouble	Y	N	N	C
		Valve	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve Steam trouble	Y	N	N	C
3	Coller	Plat Cooler	Mendinginkan susu antara 2-4 <sup>0</sup> C	Plat kotor	Y	N	N	C
4	Preheater	Pipa Preheater	Mengalirkan liquid menuju pemanas	pipa kotor	Y	N	N	C
		Plat Exchanger	Media perpindahan panas	Plat kotor	Y	N	N	C
		Boiler	Pemanas untuk menghasilkan uap	Tidak dapat bekerja	Y	N	N	C

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			Category
					Evident	Safety	Outage	
5	Mix Storage Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor rusak	Y	N	N	C
				Sensor kotor	Y	N	N	C
		Sensor Pelampung	Mengontrol permukaan cairan dalam tangki agar tetap seimbang, bekerja secara otomatis	Sensor Trouble	Y	N	N	C
		Mixer	Untuk mencampur bahan-bahan yang bertujuan mengurangi ketidaksamaan kondisi, suhu, atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan	Pengaduk tidak ikut berputar	Y	N	N	C
		Valve	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve trouble	Y	N	N	C
6	Balance Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor rusak	Y	N	N	C
		Seal	Menjaga dari kebocoran	Seal kendor	Y	N	Y	B
		Valve	Mengalirkan/Menghentikan Fluida secara manual	Kerusakan pada valve line suction	Y	N	N	C
7	Pasteurisasi	Heater	Memanaskan susu hingga suhu yang ditetapkan	Sambungan pipa heater kendor	Y	N	N	C

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			Category
					Evident	Safety	Outage	
		<i>Regenerator</i>	Memanaskan susu dari sumber yang berbeda	Tidak panas	Y	N	Y	B
		<i>Flow Diversion Valve</i>	Memindahkan susu menuju holder secara otomatis	Valve tidak terbuka	Y	N	Y	B
		<i>Holder</i>	Mempertahankan suhu susu dari heater selama 15 detik	Susu tidak tertahan	Y	N	Y	B
		<i>Coller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari regenerator	Pompa air tidak bekerja	Y	N	Y	B
		<i>Chiller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari <i>coller</i>	Pendingin air tidak berfungsi	Y	N	Y	B

Dari tabel 4.3 dapat dilihat kategori terbanyak dari tiap mode kegagalan yang terdapat dari komponen lini Evaporator FFD-315 adalah kategori C.

#### 4. Pemilihan Tindakan (*Selection Task*)

Hasil dari FMEA dan LTA berupa nama mesin, nama komponen, fungsi, dan mode kegagalan dijadikan input untuk menentukan *selection task*. Proses pengerjaan *selection task* juga dibantu oleh Bapak Abet selaku Kepala Seksi Departemen *Maintenance* untuk menjawab tujuh pertanyaan beruntun sehingga didapatkan jenis tindakan yang dapat dilakukan dari setiap mode kegagalan yang ada di lini evaporator TFD-315. Untuk pengisian *selection task* seluruh komponen lini evaporator dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 *Selection task* Evaporator TFD-315

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Selection guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
1	Evaporator	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Counting sensor eror	Y	N	Y	N	-	Y	-	CD
				Counting sensor rusak	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
		Seal Evaporator	Menjaga tabung dari kebocoran pada setiap sambungan	Seal kendor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
				Karet seal keras	Y	Y	Y	N	-	Y	-	TD
		Pipa Steam	Mengalirkan liquid panas	Pipa berkerak	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
				Kebocoran pada pipa	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Piapa Kondensat	Mengalirkan hasil produk liquid susu kental	Aliran liquid tersendat	N	-	Y	N	-	Y	-	CD

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Selection guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
		Filter	Menyaring material padat	Filter kotor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
2	Pump	V-Belt	Mentransfer energi dari mesin ke penggerak	V-belt kendur	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
				V-belt putus	Y	N	Y	N	-	Y	-	CD
		Bearing	Mengurangi gesekan putaran shaft	Bearing patah	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
				Minyak di bearing kurang	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
				Terjadi sendatan saat mesin dijalankan	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
				Vibrasi tinggi	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
				Vibrasi pada bearing tinggi	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	FF
		Piston	Untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol ( <i>crank shaft</i> ) melalui batang piston ( <i>connecting rod</i> )	Trouble	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Selection guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
		Valve	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve Steam trouble	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
3	Coller	Plat Cooler	Mendinginkan susu antara 2-4 C	Plat kotor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
4	Preheater	Pipa Preheater	Mengalirkan liquid menuju pemanas	pipa kotor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Plat Exchanger	Media perpindahan panas	Plat kotor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Boiler	Pemanas untuk menghasilkan uap	Tidak dapat bekerja	N	-	Y	Y	Y	Y	-	FF
5	Mix Storage Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor error	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
				Sensor kotor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Mixer	Untuk mencampur bahan-bahan yang bertujuan mengurangi ketidaksamaan kondisi, suhu, atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan	Pengaduk tidak ikut berputar	N	-	Y	N	-	Y	-	CD

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Selection guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
		Valve	Untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida.	Valve trouble	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
6	Balance Tank	Flowmeter	Menunjukkan angka kecepatan aliran liquid	Sensor eror	Y	Y	Y	N	-	Y	-	CD
		Seal	Menjaga dari kebocoran	Seal kendor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Valve	Mengalirkan/Menghentikan Fluida secara manual	Kerusakan pada valve line suction	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
7	Pasteurisasi	Heater	Memanaskan susu hingga suhu yang ditetapkan	Sambungan pipa heater kendor	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Regenerator	Memanaskan susu dari sumber yang berbeda	Tidak panas	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		Flow Diversion Valve	Memindahkan susu menuju holder secara otomatis	Valve tidak terbuka	N	-	Y	N	-	Y	-	CD

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Selection guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
		<i>Holder</i>	Mempertahankan suhu susu dari heater selama 15 detik	Susu tidak tertahan	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		<i>Coller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari regenerator	Pompa air tidak bekerja	N	-	Y	N	-	Y	-	CD
		<i>Chiller</i>	Mendinginkan susu yang datang dari <i>coller</i>	Pendingin air tidak berfungsi	N	-	Y	N	-	Y	-	CD

Dari tabel 4.4 dapat dilihat pemilihan tindakan terbanyak dari tiap mode kegagalan yang terdapat dari komponen lini Evaporator FFD-315 adalah CD (*conditional Derected*).



#### 4.4 Pengolahan Data Tahap II (Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan dan Penggantian Komponen Kritis)

Pengolahan tahap II menggunakan metode *age replacement* untuk mendapatkan waktu interval pemeriksaan dan interval waktu penggantian komponen kritis.

##### 4.4.1 Penentuan Komponen Kritis

Setelah diketahui komponen kritis dari hasil pengolahan tahap I, dilakukan pencocokan hasil komponen kritis dari besaran data nilai *downtime* tiap komponen. Berikut ini adalah tabel *downtime* mesin yang berada pada lini evaporator TFD-315.

Tabel 4.5 Tabel *downtime* mesin lini evaporator TFD-315

No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish	Downtime
1	Evaporator	Flowmeter	20/06/2016 11.00	20/06/2016 11.25	25
			12/05/2017 09.05	12/05/2017 10.10	65
			25/08/2017 07.40	25/08/2017 10.40	180
			03/03/2018 08.20	03/03/2018 12.00	220
		Seal Evaporator	15/02/2015 10.30	15/02/2015 23.15	765
			30/05/2016 14.25	30/05/2016 16.50	145
			16/03/2017 11.45	16/03/2017 13.05	80
		Pipa Steam	23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15	105
			13/02/2016 11.30	13/02/2016 13.30	120
			07/09/2016 14.25	07/09/2016 16.55	150
			15/09/2018 04.20	15/09/2018 06.35	135
			16/09/2018 10.45	16/09/2018 13.10	145
		Piapa Kondensat	14/06/2015 13.25	14/06/2015 14.55	90
			20/09/2016 19.55	20/09/2016 20.45	50
			09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30	35
		Filter	14/03/2018 09.20	14/03/2018 15.15	355
19/06/2016 17.50	19/06/2016 18.45		55		
08/09/2016 12.05	08/09/2016 14.05		120		
2	Pump	V-Belt	13/10/2017 14.25	13/10/2017 17.05	160
			20/10/2015 08.20	20/10/2015 09.05	45
			13/06/2017 11.30	13/06/2017 11.50	20
			24/08/2017 13.30	24/08/2017 15.35	125
			11/04/2018 07.10	11/04/2018 08.20	70
		12/04/2018 16.40	12/04/2018 17.20	40	
		Bearing	10/12/2017 08.25	10/12/2017 10.45	140
22/01/2018 08.25	22/01/2018 10.15		110		

No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish	Downtime
			02/03/2018 12.30	02/03/2018 14.40	130
			23/05/2018 07.15	23/05/2018 13.10	355
			07/07/2018 13.10	07/07/2018 16.45	215
			11/09/2018 14.00	11/09/2018 19.20	320
			05/10/2018 04.50	05/10/2018 09.20	270
		Pipa	28/01/2015 11.00	28/01/2015 12.50	110
			23/10/2015 08.00	23/10/2015 09.30	90
			09/11/2016 01.55	09/11/2016 03.55	120
		Pressure Relief Valve	11/11/2016 15.40	11/11/2016 16.35	55
			26/01/2017 07.30	26/01/2017 08.45	75
		Piston	09/02/2015 15.40	09/02/2015 16.50	70
			18/12/2016 14.20	18/12/2016 17.00	160
		Valve	23/10/2015 08.00	23/10/2015 08.30	30
			24/10/2015 14.25	24/10/2015 15.35	70
			14/04/2016 16.35	14/04/2016 17.30	55
			04/10/2016 17.30	04/10/2016 19.55	145
		Rotor	12/07/2017 12.50	12/07/2017 16.00	190
			29/12/2015 15.40	29/12/2015 17.50	130
3	Cooler	Plat Coller	20/05/2015 09.05	20/05/2015 09.50	45
			13/12/2016 06.25	13/12/2016 08.30	125
			25/11/2017 14.45	25/11/2017 18.45	240
			18/03/2018 19.05	18/03/2018 20.25	80
			17/07/2018 15.35	17/07/2018 16.10	35
4	Preheater	Pipa Preheater	20/06/2016 11.00	20/06/2016 11.25	25
			12/05/2017 09.05	12/05/2017 10.10	65
			25/08/2017 07.40	25/08/2017 10.40	180
			03/03/2018 08.20	03/03/2018 12.00	220
		15/02/2015 10.30	15/02/2015 23.15	765	
		Plat Exchanger	30/05/2016 14.25	30/05/2016 16.50	145
			16/03/2017 11.45	16/03/2017 13.05	80
			23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15	105
		Boiler	13/02/2016 11.30	13/02/2016 13.30	120
			07/09/2016 14.25	07/09/2016 16.55	150
15/09/2018 04.20	15/09/2018 06.35		135		
5	Mix Storage Tank	Flowmeter	16/09/2018 10.45	16/09/2018 13.10	145
			14/06/2015 13.25	14/06/2015 14.55	90
			20/09/2016 19.55	20/09/2016 20.45	50
			09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30	35
		Sensor Pelampung	14/03/2018 09.20	14/03/2018 12.15	175

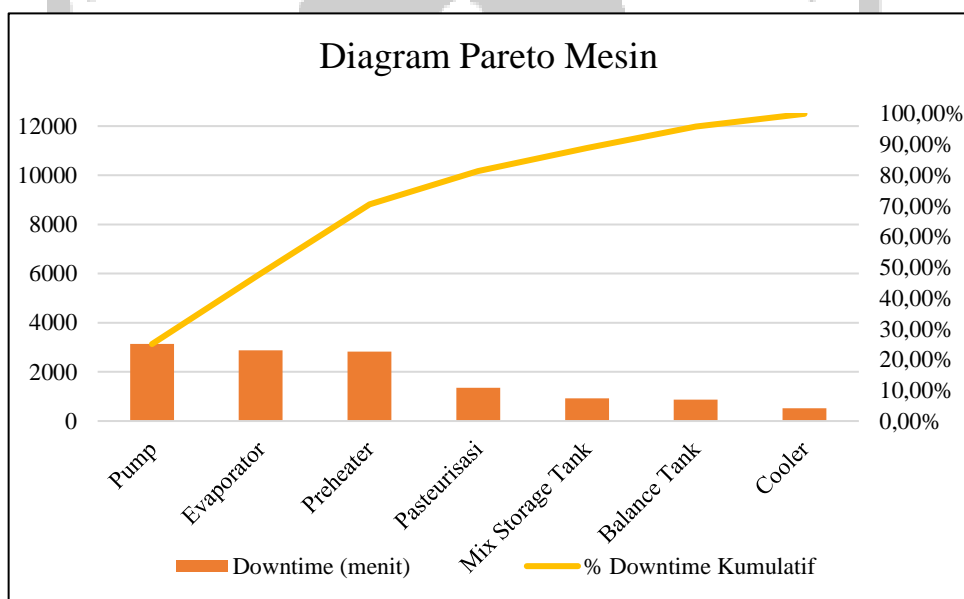
No	Komponen	Sub Komponen	Actual Start	Actual Finish	Downtime	
		<i>Mixer</i>	19/06/2016 17.50	19/06/2016 18.45	55	
			08/09/2016 12.05	08/09/2016 14.05	120	
			13/10/2017 14.25	13/10/2017 17.05	160	
			05/04/2015 17.30	05/04/2015 17.55	25	
		<i>Valve</i>	07/04/2015 08.15	07/04/2015 11.00	165	
			21/02/2016 11.25	21/02/2016 12.00	35	
			03/05/2016 08.25	03/05/2016 09.20	55	
			18/09/2016 14.45	18/09/2016 16.45	120	
6	<i>Balance Tank</i>	<i>Valve</i>	20/05/2015 06.00	20/05/2015 08.00	120	
			20/12/2016 09.00	20/12/2016 12.00	180	
		<i>Flowmeter</i>	02/11/2015 19.25	02/11/2015 20.20	55	
			14/03/2016 13.35	14/03/2016 14.05	30	
			12/10/2018 10.20	12/10/2018 11.00	40	
			15/10/2018 15.10	15/10/2018 15.40	30	
		<i>Seal</i>	21/09/2017 15.30	21/09/2017 17.30	120	
			24/11/2017 07.15	24/11/2017 10.20	185	
07/10/2018 08.40	07/10/2018 10.35		115			
7	<i>Pasteurisasi</i>	<i>Heater</i>	27/03/2015 10.20	27/03/2015 10.50	30	
			17/12/2016 11.05	17/12/2016 12.10	65	
			28/08/2018 12.25	28/08/2018 13.25	60	
			13/06/2017 09.35	13/06/2017 10.00	25	
		<i>Regenerator</i>	23/10/2015 10.30	23/10/2015 12.15	105	
			21/12/2017 07.00	21/12/2017 08.45	105	
			02/11/2016 19.25	02/11/2016 20.20	55	
		<i>Flow Diversion Valve</i>	15/12/2016 08.45	15/12/2016 09.55	70	
			20/05/2015 09.05	20/05/2015 09.50	45	
		<i>Holder</i>	09/01/2017 07.55	09/01/2017 08.30	35	
			23/10/2015 08.00	23/10/2015 08.30	30	
			04/10/2016 17.30	04/10/2016 19.55	145	
			14/06/2017 16.40	14/06/2017 17.10	30	
			<i>Coller</i>	24/08/2017 12.40	24/08/2017 13.40	60
				25/11/2017 14.45	25/11/2017 15.55	70
		<i>Chiller</i>	22/06/2016 04.55	22/06/2016 05.50	55	
			23/01/2018 10.15	23/01/2018 11.30	75	
			11/11/2015 07.20	11/11/2015 09.10	110	
			18/01/2017 15.20	18/01/2017 18.30	190	

Dari tabel 4.5 di atas dapat dirangkum total *downtime* tiap mesin sebagai berikut:

Tabel 4.6 Tabel kumulatif kerusakan mesin

No	Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	%Downtime
1	<i>Pump</i>	25	3140	25%
2	Evaporator	19	2880	23%
3	<i>Preheater</i>	19	2820	23%
4	<i>Pasteurisasi</i>	19	1360	11%
5	<i>Mix Storage Tank</i>	13	930	7%
6	<i>Balance Tank</i>	9	875	7%
7	<i>Cooler</i>	5	525	4%

Dari tabel 4.6 di atas dapat dilihat bahwa mesin yang memiliki *downtime* terbesar adalah *pump* dengan besar *downtime* 3140 menit atau 25% dari total *downtime* mesin ini evaporator.



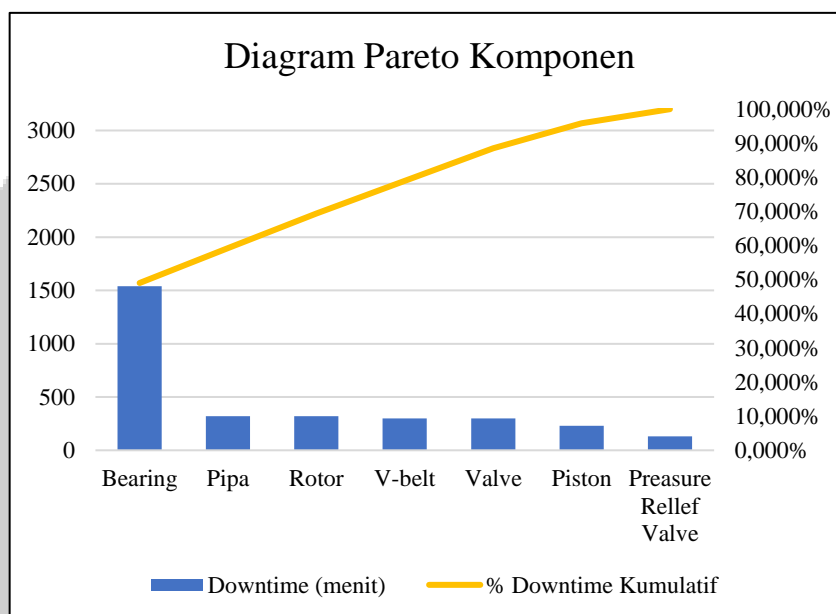
Gambar 4.2 Diagram pareto *downtime* mesin

Komponen kritis dipilih dari total *downtime* komponen terbesar dari mesin *pump*. Berikut ini adalah tabel *downtime* komponen dari mesin *pump*:

Tabel 4.7 Tabel kumulatif *downtime* komponen mesin *pump*

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	% Downtime
1	<i>Bearing</i>	7	1540	49,045%
2	Pipa	3	320	10,191%
3	<i>Rotor</i>	2	320	10%
4	<i>V-belt</i>	5	300	9,554%

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	% Downtime
5	Valve	4	300	10%
6	Piston	2	230	7%
7	Pressure Relief Valve	2	130	4%



Gambar 4.3 Diagram pareto *downtime* komponen

#### 4.4.2 Penentuan Distribusi Data Waktu antar Kerusakan (*Time to Failure*)

Data yang dimasukkan dalam perhitungan distribusi adalah data waktu antar kerusakan komponen *bearing pump* lini evaporator TFD-315. Berikut waktu antar kerusakan komponen *bearing pump* pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Waktu antar kerusakan komponen *bearing pump*

No	Mulai <i>downtime</i>	Selesai <i>downtime</i>
1	10/12/2015 08.25.00	10/12/2015 10.45.00
2	22/01/2016 08.25.00	22/01/2016 10.15.00
3	02/05/2016 12.30.00	02/05/2016 14.40.00
4	23/12/2016 07.15.00	23/12/2016 13.10.00
5	07/04/2017 13.10.00	07/04/2017 16.45.00
6	11/02/2018 14.00.00	11/02/2018 19.20.00
7	05/08/2018 04.50.00	05/08/2018 09.20.00

Pengujian distribusi ini menggunakan metode *least square curve fitting* yaitu pemilihan berdasarkan nilai *index of fit* yang paling besar. Distribusi yang digunakan

untuk menghitung waktu kerusakan adalah dengan distribusi Normal (*Gaussian*), Lognormal, Eksponensial, dan *Weibull*.

### 1. Distribusi *Weibull*

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Weibull* perhitungan ( $i=1$ ):

$$X_i = 11,03133$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,109375$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left[ \frac{1}{1-0,109375} \right] \right] = -2,15562$$

$$X_i * Y_i = 11,03133 * (-2,15562) = -23,7793$$

$$X_i^2 = (11,03133)^2 = 121,6904$$

$$Y_i^2 = (-2,15562)^2 = 4,64668$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi *Weibull*

No	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	61780	11,03133	121,6904	0,109375	-2,15562	4,64668	-23,7793
2	145575	11,88845	141,3352	0,265625	-1,17527	1,381261	-13,9721
3	151200	11,92636	142,238	0,421875	-0,60154	0,361855	-7,17422
4	251130	12,43373	154,5975	0,578125	-0,14729	0,021693	-1,83133
5	337955	12,73067	162,0699	0,734375	0,281918	0,079478	3,589002
6	446235	13,0086	169,2237	0,890625	0,794337	0,630971	10,33321
Total	1393875	73,01914	891,1547	3	-3,00346	7,121938	-32,8348

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(6 * (-32,8348)) - (73,01914 * (-3,00346))}{\sqrt{((6 * 891,1547) - 73,01914^2) * ((6 * 7,121938) - (-3,00346)^2)}} = 0,98734781$$

### 2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal perhitungan ( $i=1$ ):

$$X_i = 61780$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,109375$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[0,12963] = -1,229859$$

Nilai  $Y_i$  dapat dilihat dalam tabel *standardized Normal probabilities* pada lampiran.

$$\begin{aligned} X_i * Y_i &= 61780 * (-1,229859) \\ &= -75980,7 \\ X_i^2 &= (61780)^2 = 3816768400 \\ Y_i^2 &= (-1,229859)^2 = 1,51255257 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi Normal

No	ti	Xi= ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	61780	61780	3816768400	0,10937 5	- 1,22986	1,51255 3	- 75980,7
2	145575	145575	21192080625	0,26562 5	-0,6261	0,392	- 91144,4
3	151200	151200	22861440000	0,42187 5	-0,1971	0,03884 8	- 29801,4
4	251130	251130	63066276900	0,57812 5	0,19709 9	0,03884 8	49497,4 9
5	337955	337955	1,14214E+11	0,73437 5	0,62609 9	0,392	211593, 3
6	446235	446235	1,99126E+11	0,89062 5	1,22985 9	1,51255 3	548806
Tota 1	139387 5	139387 5	424.275.823.17 5	3	0	3,88680 1	612970, 4

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned} r_{(\text{index of fit})} &= \frac{(6*(27990,6)) - (429075*(0))}{\sqrt{((6*424275823175) - 1393875^2) * ((6*3,886801) - 0^2)}} \\ &= 0,980894 \end{aligned}$$

### 3. Distribusi Lognormal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Lognormal perhitungan (i=1):

$$X_i = 11,03133$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,109375$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[0,109375] = -1,22986$$

Nilai Yi dapat dilihat dalam tabel *standardized Normal probabilities* pada lampiran.

$$\begin{aligned} X_i * Y_i &= 11,03133 * (-1,22986) \\ &= -13,567 \end{aligned}$$

$$X_i^2 = (11,03133)^2 = 121,6904$$

$$Y_i^2 = (-1,22986)^2 = 1,51255257$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan nilai r TTF dari distribusi lognormal

No	ti	Xi=ln ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	61780	11,03133	121,6904	0,109375	-1,22986	1,512553	-13,567
2	145575	11,88845	141,3352	0,265625	-0,6261	0,392	-7,44334
3	151200	11,92636	142,238	0,421875	-0,1971	0,038848	-2,35067
4	251130	12,43373	154,5975	0,578125	0,197099	0,038848	2,450676
5	337955	12,73067	162,0699	0,734375	0,626099	0,392	7,970659
6	446235	13,0086	169,2237	0,890625	1,229859	1,512553	15,99874
Total	1393875	73,01914	891,1547	3	0	3,886801	3,059074

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$r_{\text{(index of fit)}} = \frac{(6*(1,874)) - (66,60937*(0))}{\sqrt{((6*891,1547) - 73,01914^2)*((6*3,886801) - 0^2)}}$$

$$= 0,97699$$

#### 4. Distribusi Eksponensial

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Eksponensial erhitungan (i=1):

$$X_i = 61780$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,109375$$

$$Y_i = \ln \left[ \frac{1}{\{1-0,109375\}} \right] = 0,115832$$

$$X_i * Y_i = 61780 * 0,115832$$

$$= 7156,0895$$

$$X_i^2 = (61780)^2 = 3.816.768.400$$

$$Y_i^2 = (0,115832)^2 = 0,013417$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi Eksponensial

No	ti	Xi= ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	61780	61780	3.816.768.400	0,109375	0,1158318	0,0134170	7156,0895
2	145575	145575	21192080625	0,265625	0,3087354	0,0953175	44944,167
3	151200	151200	22861440000	0,421875	0,5479651	0,3002658	82852,333
4	251130	251130	63066276900	0,578125	0,8630462	0,7448487	216736,79
5	337955	337955	1,14214E+11	0,734375	1,3256697	1,7574002	448016,71
6	446235	446235	1,99126E+11	0,890625	2,2129729	4,8972492	987505,97
<b>Tot</b>	1393875	1393875	42427582317	3	5,37422	7,80850	1787212



No	ti	Xi= ti	Xi <sup>2</sup>	F(ti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
al	75	75	5				

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$r(\text{index of fit}) = \frac{(6*(497157,3))-(429075*(5,374221))}{\sqrt{((6*424275823175)-1393875^2)*((6*7,808499)-(5,374221^2))}}$$

$$= 0,982144$$

Berikut ini adalah hasil rekapan nilai *index of fit* untuk masing-masing distribusi dapat dilihat dalam tabel 4.13

Tabel 4.13 Rekapan nilai r komponen *bearing pump*

Distribusi	Index Of Fit
<i>Eksponensial</i>	0,982144239
Normal	0,980943675
Lognormal	0,976993523
<i>Weibull</i>	0,987347808

Dari tabel 4.13 dapat diketahui nilai *index of fit* terbesar pada distribusi *weibull* selanjutnya dilanjutkan pengujian distribusi.

#### 4.4.3 Penentuan Distribusi Data Waktu antar Perbaikan (*Time to Repair*)

Data yang dimasukkan dalam perhitungan distribusi adalah data waktu perbaikan komponen *bearing pump* lini evaporator TFD-315. Berikut data waktu perbaikan komponen dilihat dalam tabel 4.14:

Tabel 4.14 Waktu antar perbaikan komponen *bearing pump*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime
1	10/12/2015 08.25.00	10/12/2015 10.45.00
2	22/01/2016 08.25.00	22/01/2016 10.15.00
3	02/05/2016 12.30.00	02/05/2016 14.40.00
4	23/12/2016 07.15.00	23/12/2016 13.10.00
5	07/04/2017 13.10.00	07/04/2017 16.45.00
6	11/02/2018 14.00.00	11/02/2018 19.20.00
7	05/08/2018 04.50.00	05/08/2018 09.20.00

Pengujian distribusi ini menggunakan metode *least square curve fitting* yaitu pemilihan berdasarkan nilai *index of fit* yang paling besar. Distribusi yang digunakan

untuk menghitung waktu kerusakan adalah dengan distribusi Normal (*Gaussian*), Lognormal, Eksponensial, dan *Weibull*.

### 1. Distribusi *Weibull*

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi *Weibull*

Perhitungan ( $i=1$ )

$$X_i = \ln(110) = 4,7005$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(7+0,4)} = 0,0946$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left[ \frac{1}{\{1-0,0946\}} \right] \right] = -2,3089$$

$$X_i * Y_i = 4,7005 * (-2,3089)$$

$$= -10,8528$$

$$X_i^2 = (4,7005)^2 = 22,0945$$

$$Y_i^2 = (-2,3089)^2 = 5,3309$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4.15 Perhitungan nilai TTR pada distribusi *Weibull*

No	dti	$X_i = \ln dti$	$X_i^2$	$F(dti)$	$Y_i$	$Y_i^2$	$X_i Y_i$
1	110	4,7005	22,0945	0,0946	-2,3089	5,3309	-10,8528
2	130	4,8675	23,6929	0,2297	-1,3432	1,8041	-6,5380
3	140	4,9416	24,4198	0,3649	-0,7898	0,6238	-3,9031
4	215	5,3706	28,8438	0,5000	-0,3665	0,1343	-1,9684
5	270	5,5984	31,3423	0,6351	0,0082	0,0001	0,0459
6	320	5,7683	33,2735	0,7703	0,3858	0,1489	2,2257
7	355	5,8721	34,4818	0,9054	0,8579	0,7360	5,0376
<b>Total</b>	1540	37,1192	198,1486	3,5	-3,5565	8,7781	-15,9532

Untuk mendapatkan nilai  $r$  dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$r_{\text{(index of fit)}} = \frac{(7 * (-15,9532)) - (37,1192 * (-3,5565))}{\sqrt{((7 * 198,1486) - 37,1192^2) * ((7 * 8,7781) - (-3,5565)^2)}}$$

$$= 0,9595917$$

### 2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan ( $i=1$ )

$$X_i = 110$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(7+0,4)} = 0,0946$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[0,0946] = -1,3130$$

Nilai  $Y_i$  dapat dilihat dalam tabel *standardized Normal probabilities* pada lampiran.

$$X_i * Y_i = 110 * (-1,3130) = -131,2981$$

$$X_i^2 = (110)^2 = 12100$$

$$Y_i^2 = (-1,3130)^2 = 1,7239$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4.16 Perhitungan nilai r TTR distribusi Normal

No	dti	$X_i = dti$	$X_i^2$	$F(dti)$	$Y_i$	$Y_i^2$	$X_i Y_i$
1	110	110	12100	0,0946	-1,3130	1,7239	-144,4280
2	130	130	16900	0,2297	-0,7397	0,5472	-96,1658
3	140	140	19600	0,3649	-0,3455	0,1194	-48,3679
4	215	215	46225	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
5	270	270	72900	0,6351	0,3455	0,1194	93,2810
6	320	320	102400	0,7703	0,7397	0,5472	236,7159
7	355	355	126025	0,9054	1,3130	1,7239	466,1084
<b>Total</b>	1540	1540	396150	3,5	0	4,7810	507,1436

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$r_{\text{(index of fit)}} = \frac{(7 * (507,1436)) - (1540 * (0))}{\sqrt{((7 * 396150) - 1540^2) * ((7 * 4,7810) - 0^2)}}$$

$$= 0,9685134$$

### 3. Distribusi Lognormal

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi lognormal perhitungan ( $i=1$ ):

$$X_i = \ln(110) = 4,7005$$

$$F(t_i) = \frac{(1-0,3)}{(7+0,4)} = 0,0946$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[0,0946] = -1,3130$$

Nilai  $Y_i$  dapat dilihat dalam tabel *standardized Normal probabilities* pada lampiran.

$$X_i * Y_i = 4,7005 * (-1,3130) = -6,1716$$

$$X_i^2 = (4,7005)^2 = 22,20945$$

$$Y_i^2 = (-1,3130)^2 = 1,7239$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17 Perhitungan nilai r TTR distribusi Lognormal

No	dti	$X_i = \ln dti$	$X_i^2$	$F(dti)$	$Y_i$	$Y_i^2$	$X_i Y_i$
1	110	4,7005	22,0945	0,0946	-1,3130	1,7239	-6,1716
2	130	4,8675	23,6929	0,2297	-0,7397	0,5472	-3,6007
3	140	4,9416	24,4198	0,3649	-0,3455	0,1194	-1,7073

No	dti	Xi=ln dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
4	215	5,3706	28,8438	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
5	270	5,5984	31,3423	0,6351	0,3455	0,1194	1,9342
6	320	5,7683	33,2735	0,7703	0,7397	0,5472	4,2670
7	355	5,8721	34,4818	0,9054	1,3130	1,7239	7,7100
Total	1540	37,1192	198,1486	3,5	0	4,7810	2,4316

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 r \text{ (index of fit)} &= \frac{(7*(2,4316))-(37,1192*(0))}{\sqrt{((7*198,1486)-37,1192^2)*((7*4,7810)-0^2)}} \\
 &= 0,969584
 \end{aligned}$$

#### 4. Distribusi Eksponensial

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi Eksponensial

Perhitungan (i=1)

$$\begin{aligned}
 X_i &= 110 \\
 F(t_i) &= \frac{(1-0,3)}{(7+0,4)} = 0,0946 \\
 Y_i &= \ln \left[ \frac{1}{\{1-0,0946\}} \right] = 0,0994 \\
 X_i * Y_i &= 110 * 0,0994 \\
 &= 10,9310 \\
 X_i^2 &= (110)^2 = 12100 \\
 Y_i^2 &= (0,0994)^2 = 0,0099
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.18 Perhitungan nilai r TTR distribusi *Weibull*

No	dti	Xi= dti	Xi <sup>2</sup>	F(dti)	Yi	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	110	110	12100	0,0946	0,0994	0,0099	10,9310
2	130	130	16900	0,2297	0,2610	0,0681	33,9318
3	140	140	19600	0,3649	0,4539	0,2060	63,5484
4	215	215	46225	0,5000	0,6931	0,4805	149,0266
5	270	270	72900	0,6351	1,0082	1,0165	272,2216
6	320	320	102400	0,7703	1,4709	2,1634	470,6726
7	355	355	126025	0,9054	2,3582	5,5609	837,1450
Total	1540	1540	396150	3,5000	6,3447	9,5053	1837,4770

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 r \text{ (index of fit)} &= \frac{(7*1837,4770)-(1540*(6,3447))}{\sqrt{((7*396150)-1540^2)*((7*9,5053)-6,3447^2)}} \\
 &= 0,95176
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil rekapan nilai *index of fit* untuk masing-masing distribusi dapat dilihat dalam tabel 4.19

Tabel 4.19 Rekapan nilai r data antar perbaikan komponen *bearing pump*

Distribusi	Index Of Fit
Exponensial	0,95175647
Normal	0,96851340
Log Normal	0,96958395
Weibull	0,95959167

Dari tabel 4.19 dapat diketahui nilai *index of fit* terbesar pada distribusi lognormal selanjutnya dilanjutkan pengujian distribusi.

#### 4.4.4 Uji Goodness of Fit Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan

Setelah terpilihnya distribusi *weibull* dari nilai *index of fit* tertinggi pada perhitungan sub bab 4.4.2 di atas maka selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi untuk mengetahui apakah distribusi terpilih mewakili data waktu antar kerusakan *bearing pump* lini evaporator TFD-315. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada data waktu antar kerusakan untuk komponen *bearing pump* menggunakan *Mann's Test*.

Hipotesa untuk melakukan Uji *Mann's Test* adalah:

$H_0$  = Data *Time to Failure* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Data *Time to Failure* tidak berdistribusi *wibull*

$\alpha$  = 0,05

Wilayah kritis : Bila  $M < F_{crit}$  maka  $H_0$  diterima, yaitu  $M < F_{0,5;2k_2;2k_1}$

Tabel 4.20 Perhitungan *Mann's Test* untuk komponen *bearing pump*

No	$t_i$	$\ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i / M_i$
1	61780	11,03133	-2,4843	1,1913	0,8571	0,7195
2	145575	11,88845	-1,2930	0,6213	0,0379	0,0610
3	151200	11,92636	-0,6717	0,4745	0,5074	1,0693
4	251130	12,43373	-0,1973	0,4386	0,2969	0,6770
5	337955	12,73067	0,2413	0,5102	0,2779	0,5448
6	446235	13,0086	0,7515			

Contoh perhitungan untuk Uji *Mann's Test*:

$$n = 6$$

$$k_1 = \left\lfloor \frac{6}{2} \right\rfloor = 3$$

$$k_2 = \left\lceil \frac{6-1}{2} \right\rceil = 2,5$$

$$Z_i = \ln \left[ \ln \left[ 1 - \frac{1-0,5}{\{6+0,25\}} \right] \right] = -2,4843$$

$$M_i = -1,2930 - (-2,4843) = 1,1913$$

$$M = \frac{k_1 \sum_4^5 [0,6144]}{k_2 \sum_1^3 [1,5864]} = 0,34087975$$

Sehingga keputusannya  $M < F_{crit}$ ,  $M = 0,3872976 < F_{0,05; 5;6} = 4,3873742$ , yaitu  $H_0$  diterima.

#### 4.4.5 Uji Goodness of Fit Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan

Setelah terpilihnya distribusi lognormal dari nilai *index of fit* tertinggi pada perhitungan sub bab 4.4.3 di atas maka selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi untuk mengetahui apakah distribusi terpilih mewakili data waktu perbaikan *bearing pump* lini evaporator TFD-315. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada data waktu kerusakan untuk komponen *bearing pump* menggunakan *Kolmogrov-Smirnov Test*.

Tabel 4.21 Perhitungan *Kolmogrov-Smirnov Test* untuk komponen *bearing pmp*

No	ln ti	[ti - xbar ti ] <sup>2</sup>	Zti	Fti	D1	D <sup>2</sup>
1	4,7004804	0,3627125	-1,3892608	0,0823767	0,0823767	0,0604804
2	4,8675345	0,1894009	-1,003907	0,1577117	0,0148546	0,1280026
3	4,9416424	0,130389	-0,8329577	0,2024343	-0,08328	0,2261371
4	5,370638	0,0046106	0,1566324	0,5622327	0,1336613	0,0091959
5	5,598422	0,0874298	0,6820753	0,7524043	0,1809758	-0,0381186
6	5,77	0,2167689	1,0739917	0,8585868	0,1443011	-0,0014439
7	5,8721178	0,324195	1,313426	0,9054803	0,0483374	0,0945197
<b>Total</b>	37,119	1,3155067		Dn Max	0,1809758	0,2261371

$D_{hitung}$  dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka  $D_{hitung} = 0,2261271$

Hipotesa untuk melakukan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah:

$H_0$  = Data *Time to Repair* berdistribusi Lognormal

$H_1$  = Data *Time to Repair* tidak berdistribusi Lognormal

$\alpha$  = 0,05

$D_{tabel}$  = Dapat dilihat dari tabel D Kolmogorov-Smirnov, dengan nilai  $D_{crit} 7;0,05 = 0,3$

Wilayah kritis:  $D_n < D_{crit}$  maka  $H_0$  diterima

Sehingga keputusannya  $D_n < D_{crit}$ ;  $D_n = 0,2261271 < D_{crit} = 0,3$ , yaitu  $H_0$  diterima.

#### 4.4.6 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Setelah distribusi terpilih mewakili data waktu antar kerusakan langkah selanjutnya menghitung estimasi parameter. Perhitungan parameter yang digunakan pada distribusi *Weibull* untuk data waktu antar kerusakan adalah  $\beta$  (*shape parameter*) dan  $\theta$  (*scale parameter*) dengan perhitungan sebagai berikut:

a.  $\beta$  (*shape parameter*)

$$b = \beta = \frac{(6 * (-32,8348) - (73,01914 * (-3,0034634)))}{(6 * 891,1539) - 5331,794} = 1,473592$$

$$a = \frac{-3,003462 - (1,473592 * 73,01914)}{6} = -18,4339$$

b.  $\theta$  (*scale parameter*)

$$\theta = e^{-1843449/1,47392}$$

$$= 413199,3$$

#### 4.4.7 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Setelah distribusi terpilih mewakili data waktu perbaikan langkah selanjutnya menghitung estimasi parameter. Parameter yang digunakan pada distribusi lognormal untuk data waktu perbaikan adalah  $s$  (parameter bentuk) dan  $t_{med}$  (parameter lokasi) dengan perhitungan sebagai berikut:

a.  $t_{med}$  (parameter lokasi)

$$n = 7$$

$$\mu = \frac{37,119}{7} = 5,30$$

$$t_{med} = e^{5.30} = 200,88580$$

b.  $s$  (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{01,3155067}{7}} = 0,43351$$

#### 4.4.8 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Dari parameter yang telah didapatkan menjadi input dalam perhitungan MTTF. Berikut ini adalah perhitungan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk distribusi *Weibull*:

$$MTTF = 413199,3 \cdot \Gamma(1,67) = 373119$$

(nilai  $\Gamma(1,67) = 0,90330$  dapat dilihat pada tabel fungsi *gamma*)

#### 4.4.9 Penentuan Nilai Tengah Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Dari parameter yang telah didapatkan menjadi input dalam perhitungan MTTR. Berikut ini adalah perhitungan nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk distribusi Lognormal:

$$\text{MTTR} = 200,88580 \times e^{\frac{0,18793}{2}} = 220,67727$$

#### 4.4.10 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Setelah mengetahui MTTR, selanjutnya menghitung interval waktu Pemeriksaan komponen *bearing*. Berikut ini adalah perhitungan interval waktu pemeriksaan komponen *bearing*:

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk pemeriksaan *pump* adalah 60 menit.
2. Jumlah pemeriksaan (k)
  - a. 1 bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja
  - b.  $t = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$
  - c. Jumlah kerusakan *bearing* selama 4 tahun = 7 kali
  - d.  $k = \frac{7}{44 \text{ bulan}}$   
= 0,152
3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ( $1/\mu$ )
  - a. MTTR = 220,6773 menit = 3,67 jam
  - b.  $t = 720 \text{ jam/bulan}$
  - c.  $1/\mu = 3,67 / 720$   
 $1/\mu = 0,005108$   
 $\mu = 195,761$
4. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ( $1/i$ )
  - a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan ( $t_i$ ) = 1 jam
  - b.  $t = 720 \text{ jam/bulan}$
  - c.  $\frac{1}{i} = \frac{1}{720}$   
 $\frac{1}{i} = 0,000189$   
 $i = 720$



5. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

$$n = \sqrt{\frac{0,152 \times 720}{195,761}}$$

$$n = 0,748 \text{ kali pemeriksaan per bulan}$$

6. Interval Waktu Pemeriksaan =  $720 / 0,784$   
 $= 962,408 \text{ jam} = 40 \text{ hari}$

Dari perhitungan di atas diketahui waktu interval Pemeriksaan komponen *bearing* setiap 40 hari sekali.

#### 4.4.11 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Dengan Minimasi *Downtime*

Parameter dan MTTF yang telah didapatkan menjadi input untuk melakukan perhitungan interval waktu penggantian komponen *bearing*. Perhitungan interval waktu penggantian *bearing* dilakukan menggunakan metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi *downtime* yang dimana nilai interval waktu antar kerusakan ( $tp$ ) yang terpilih yaitu yang memiliki nilai *downtime* terkecil. Data-data yang dibutuhkan untuk mencari interval penggantian pencegahan yang telah ditentukan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Data waktu kerusakan berdistribusi *weibull*

$$\text{MTTF} = 373119$$

$$\beta = 1,453584$$

$$\theta = 413199,3$$

2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

$$T_f = 220,6773 \text{ menit}$$

3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

$$T_p = 220,6773 \text{ menit}$$

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan hasil yang dapat dilihat dalam tabel 4.22

Tabel 4.22 Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen *bearing pump*

$tp$	$R(tp)$	$F(tp)$	$tp+T_p$	$(\text{MTTF}/F(tp))+T_f$	$D(tp)$
1	1,00000	5,298E-09	221,67727	7,042E+13	0,00059109431125088

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	(MTTF/F(tp))+ Tf	D(tp)
100	0,999995 3	4,691E- 06	320,6772 7	7,954E+10	0,0005909376094685 0
10000	0,995854 7	0,004145 3	10220,67 7	90010347	0,0005757383602128 7
60000	0,943435 8	0,056564 2	60220,67 7	6596529,6	0,0005132722283493 9
11000 0	0,867409 9	0,132590 1	110220,6 8	2814271,2	0,0004707772622438 9
16000 0	0,781083 8	0,218916 2	160220,6 8	1704594,8	0,0004428520702714 6
21000 0	0,691526 5	0,308473 5	210220,6 8	1209773,9	0,0004255608067928 3
26000 0	0,603334 5	0,396665 5	260220,6 8	940849,76	0,0004162129674260 8
31000 0	0,519552 9	0,480447 1	310220,6 8	776820,51	0,0004129461483239 9
<b>32000 0</b>	0,503511 7	0,496488 3	320220,6 8	751729,1	0,0004128979774690 1
32000 1	0,503510 1	0,496489 9	320221,6 8	751726,7	0,0004128979817865 9
32000 2	0,503508 5	0,496491 5	320222,6 8	751724,29	0,0004128979861059 7
32000 3	0,503506 9	0,496493 1	320223,6 8	751721,88	0,0004128979904271 5
32000 4	0,503505 3	0,496494 7	320224,6 8	751719,47	0,0004128979947501 3
32000 5	0,503503 7	0,496496 3	320225,6 8	751717,06	0,0004128979990749 0
32000 6	0,503502 1	0,496497 9	320226,6 8	751714,66	0,0004128980034014 7
32000 7	0,503500 6	0,496499 4	320227,6 8	751712,25	0,0004128980077298 4
32000 8	0,503499	0,496501	320228,6 8	751709,84	0,0004128980120600 1
32000 9	0,503497 4	0,496502 6	320229,6 8	751707,43	0,0004128980163919 7
				Min D(tp)	0,0004128979774 6901

Dari tabel 4.22 dapat diketahui waktu interval penggantian komponen pada menit ke 320.000 atau 7 bulan 12 hari.

#### 4.5 Perhitungan *Reliability* Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen

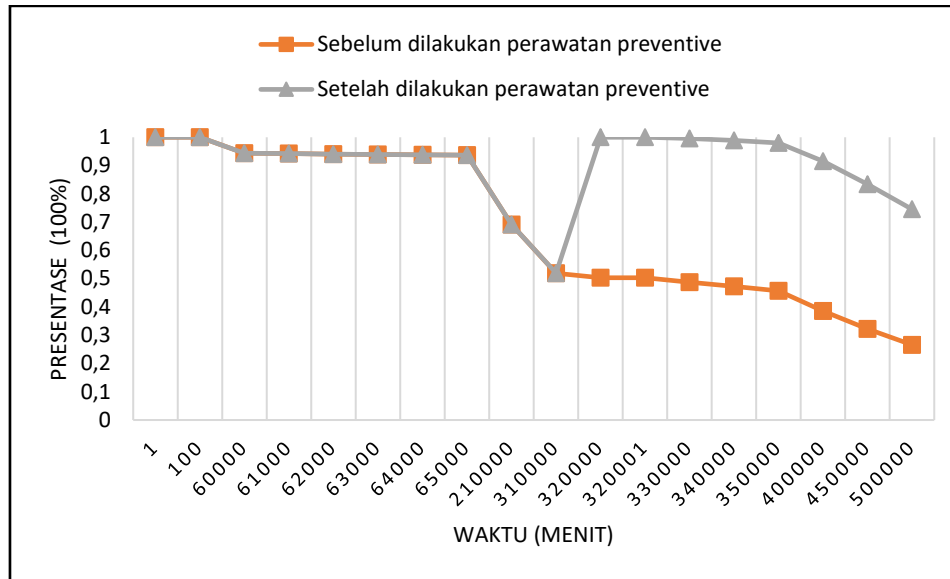
Berdasarkan data kerusakan yang dialami komponen *bearing* dan hasil perhitungan untuk mencari interval waktu penggantian komponen *bearing*, dapat dihitung perbandingan *reliability* mesin sebelum dan setelah dilakukannya perawatan penggantian komponen *bearing*. Pada perhitungan kali ini diasumsikan ketika komponen telah diganti maka kondisi mesin kembali seperti awal. Berikut adalah perhitungan *reliability* sebelum dan sesudah dilakukan tindakan penggantian pencegahan dengan data-data sesuai dengan *failure time* berdistribusi *weibull* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\beta &= 1,47358391 \\ \theta &= 413195,071 \\ T &= 320000\end{aligned}$$

Tabel 4.23 Perbandingan *reliability* sebelum dan sesudah penggantian komponen

n	tp (menit)	R(tp) Sebelum Penggantian	R(t-nT) Setelah Penggantian
0	1	1	1
0	100	0,999995	0,999995
0	1000	0,99986	0,99986
0	10000	0,995855	0,995855
0	60000	0,943435	0,943435
0	110000	0,867408	0,867408
0	160000	0,781081	0,781081
0	210000	0,691523	0,691523
0	260000	0,60333	0,60333
0	310000	0,519548	0,519548
1	<b>320000</b>	0,503506	1
1	330000	0,487732	0,995855
1	340000	0,472235	0,98853
1	350000	0,457023	0,979251
1	400000	0,385467	0,914874
1	450000	0,321749	0,833644
1	500000	0,26595	0,745346

Dilihat dari tabel 4.23 tingkat keandalan pada 320000 menit sebelum dilakukan penggantian pencegahan sebesar 0,503506 dan setelah dilakukan penggantian pencegahan naik menjadi 1.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan *reliability* sesudah dan sebelum dilakukan perawatan

Sumber : Pengolahan data

#### 4.6 Perhitungan *Availability*

Setelah mengetahui *reliability* mesin *pump*, selanjutnya menghitung *availability* mesin *pump* setelah dilakukannya perawatan. Langkah-langkah dalam perhitungan *availability* sebagai berikut:

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan:

$$\begin{aligned}
 D(n) &= \frac{0,133}{195,786} + \frac{1}{720} \\
 &= \frac{0,133}{195,786} + 0,001388889 \\
 &= 0,000679 + 0,001388889 \\
 &= 0,002068
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A(n) &= 1 - 0,002068 \\
 &= 0,997932
 \end{aligned}$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan:

$$A(tp) = 1 - 0,000412899 = 0,999587$$

3. *Availability* total:

$$\begin{aligned}
 Availability &= 0,997932 * 0,999587 \\
 &= 0,99752
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui *availability* mesin setelah dilakukan perawatan Pemeriksaan dan penggantian sebesar 99,75%.