

BAB IV

PENGOLAHAN DATA

4.1. Latar Belakang Perusahaan

4.1.1. Sejarah Berdirinya Perusahaan

PT. Sarihusada Generasi Mahardhika merupakan salah satu perusahaan produk bernutrisi untuk balita, anak-anak, ibu hamil dan ibu menyusui. Awal berdiri perusahaan ini adalah pada tahun 1954 dengan nama *Naamloze Vennotschap* (NV, sekarang disebut Perusahaan Terbuka atau PT) Saridele, dimana merupakan langkah pemerintah Indonesia bersama PBB yang pada saat itu berinisiatif mengembangkan program khusus untuk menunjang kecukupan protein nasional (Sarihusada, 2015). Sesuai fungsinya, NV Saridele memproduksi produk-produk nutrisi dan kaya protein bagi masyarakat Indonesia. Pada tahun 1965 keluar produk susu bubuk formula dengan merk SGM. Selanjutnya pada tahun 1968, NV Saridele dimiliki oleh PT. Kimia Farma. Tahun 1972, NV Saridele berganti nama menjadi Sarihusada sebagai hasil kerjasama antara PT. Kimia Farma dengan PT. Tiga Raksa. Sampai pada tahun 1983, Sarihusada menjual sahamnya melalui Bursa Efek Jakarta dan menjadi PT. Sarihusada Tbk. Ketika tahun 1998, Sarihusada beraliansi dengan Nutricia Internasional BV (Royal Numico NV) (Sarihusada, 2015). Kemudian pada 2007, Sarihusada menjadi perusahaan tertutup karena secara resmi telah keluar dari Bursa Efek Jakarta maupun Surabaya. Lalu, tahun 2008, Danone Group mengakuisisi Royal Numico sehingga menjadikan Danone Group sebagai pemegang saham mayoritas di Sarihusada (Sarihusada, 2015).

4.1.2. Profil Singkat Perusahaan

PT Sarihusada Generasi Mahardhika adalah sebuah perusahaan dibawah Groupe Danone. Berikut ini adalah profil singkat perusahaan:

1. Nama Perusahaan: PT. Sarihusada Generasi Mahardhika

2. Tahun Berdiri : 1954
3. Owner : Groupe Danone
4. Lokasi :
 - Jakarta : Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-5 No. 13 Cyber 2 Building 15th floor, Jakarta 12950, Indonesia.
 - Yogyakarta : Jl. Kusumanegara No.173, Muja Muju, Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55165
 - Klaten : Jalan Raya Jogja-Solo, KM 19, Kemudo, Kecamatan Prambanan, Tegalbarong, Kemudo, Kec. Prambanan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57454
5. Telepon/Fax : Yogyakarta (0274) 512990 / Klaten (0274) 498001

4.1.3. Lokasi PT. Sarihusada Generasi Mahardhika

PT. Sarihusada Generasi Mahardhika (SGM) adalah sebuah perusahaan Multi Nasional yang dimiliki oleh Danone Group. PT SGM terdiri dari tiga plan, yaitu:

1. Kantor Pusat dan Marketing

Kantor pusat PT SGM terletak di Jakarta yang beralamat di Jalan H.R.Rasuna Said Blok X-5 No. 13, Cyber 2 Building 15th floor, Jakarta 12950,Indonesia. Adapun pertimbangan yang digunakan dalam memilih kantor pusat danmarketing di Jakarta dikarenakan beberapa hal yaitu:

- a. Kota Jakarta merupakan pusat perekonomian nasional dan internasional
- b. Kota Jakarta adalah sebagai pusta kebijakan pemerintah sehingga program perbaikan dan pengembangan gizi baik bayi, anak, ibu dan generasi penerus untuk menuju Indonesia sehat dan dapat tercapai.

2. Pabrik Unit 1 (Plant Sari Husada 1)

Plant ini merupakan pusat pabrik untuk pengolahan dan administrasi.Lokasi Plant Sari Husada I terletak di timur kota Yogyakarta tepatnya di JalanKusumanegara No. 173, Muja Muju, Umbulharjo, Yogyakarta, Di Yogyakarta,Indonesia.

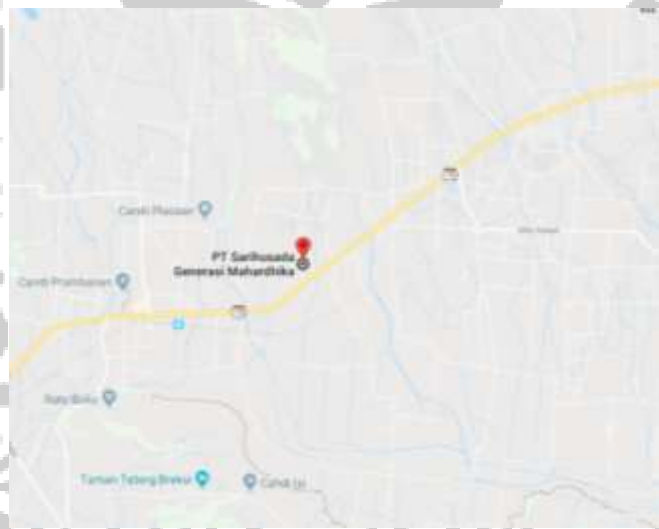
Untuk meningkatkan mutu produk yang dihasilkan, PT SGM membangunInstalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai sarana pembuangan air sisa pencucian alat-alat produksi dan merupakan pencontohan IPAL di DIY danJateng. Ini terletak di bantaran sungai Gajah Wong yang jaraknya sekitar 300 meter sebelah timur Plant Sari Husada I.



Gambar 4.1 Lokasi PT Sarihusada *Plant* Yogyakarta

3. Pabrik Unit 2 (Plant Sari Husada 2)

Plant Sari Husada II terletak di desa Kemudo, Prambanan, lebih tepatnya di Jalan Raya Yogya-Solo KM 19 Desa Kemudo, Prambanan, Klaten, Jawa Tengah. Di lokasi ini dilakukan kegiatan produksi secara lengkap dari proses produksi, *finishing*, *packaging*, IPAL, sarana bahan baku serta gudang barang atau produk jadi. Luas Plant Sari Husada II sekitar 20 Hektar.



Gambar 4.2 Lokasi PT Sarihusada *Plant* Klaten

4.1.4. Visi & Misi

1. VISI

Menjadi perusahaan nutrisi terdepan dan terpercaya dalam melengkapi kebutuhan gizi ibu dan anak di Indonesia

2. MISI

Turut serta meningkatkan status gizi ibu dan anak melalui komitmen Nutrisi untuk Bangsa yaitu :

- a. Menyediakan produk nutrisi berkualitas, enak dan terjangkau yang merupakan hasil riset dan pengembangan yang sesuai dengan kebutuhan asupan nutrisi ibu dan anak di 360 minggu awal kehidupan sebagai penentu kualitas kesehatan di masa depan.
- b. Berkontribusi aktif melalui kerjasama dengan berbagai pihak dalam melaksanakan program sosial berkelanjutan yang berfokus untuk meningkatkan status gizi ibu dan anak

4.2. Pengumpulan Data

4.2.1. Data waktu antar kerusakan komponen mesin Pengolahan Susu Bubuk

Data jumlah *downtime* dari mesin pengolahan susu bubuk pada *line* TFD 500 diambil periode Januari 2015-Desember 2017 seperti yang tercantum pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data waktu kerusakan komponen mesin pengolahan susu bubuk

Equipment	Sub Equipment	Actual Start	Actual Finish	Downtime
Compounding Tank	Mixer	4/5/15 5:30 PM	4/5/15 6:55 PM	85
		10/4/16 8:15 PM	10/4/16 9:25 PM	70
		3/28/17 7:30 AM	3/28/17 8:30 AM	60
	Flowmeter	6/10/15 9:00 AM	6/10/15 10:10 AM	70
		4/13/16 8:00 AM	4/13/16 12:50 PM	290
	Pompa	1/2/15 8:00 AM	1/2/15 12:00 PM	240
		12/15/16 9:00 AM	12/15/16 11:00 AM	120
		5/20/15 6:00 AM	5/20/15 8:00 AM	120
	Valve	12/20/16 9:00 AM	12/20/16 12:00 PM	180
		2/12/15 8:50 AM	2/12/15 11:00 AM	130
	Pipa Steam	7/12/17 12:50 PM	7/12/17 4:00 PM	190
		2/9/15 3:40 PM	2/9/15 4:50 PM	70
Rotor	12/18/16 2:20 PM	12/18/16 5:00 PM	160	
	1/28/15 11:00 AM	1/28/15 12:50 PM	110	
Homogenizer	Flowmeter	1/28/15 11:00 AM	1/28/15 12:50 PM	110

Equipment	Sub Equipment	Actual Start	Actual Finish	Downtime
	Valve	10/23/15 8:00 AM	10/23/15 8:30 AM	30
		10/24/15 2:25 PM	10/24/15 2:35 PM	10
		4/14/16 4:35 PM	4/14/16 5:30 PM	55
		10/4/16 5:30 PM	10/4/16 7:55 PM	145
	Pompa	1/15/16 9:00 AM	1/15/16 11:00 AM	120
		12/21/17 7:00 AM	12/21/17 8:45 AM	105
	Mixer	12/20/16 9:00 AM	12/20/16 12:00 PM	180
		2/12/15 8:50 AM	2/20/15 11:00 AM	130
	Rotor	7/12/17 12:50 PM	7/12/17 4:00 PM	190
		12/29/15 3:40 PM	12/29/15 5:50 PM	130
	Roda Transmisi	11/11/15 7:20 AM	11/11/15 9:10 AM	110
		1/18/17 3:20 PM	1/18/17 6:30 PM	190
	Pipa Steam	5/20/15 6:00 AM	5/20/15 8:00 AM	120
		12/20/16 9:00 AM	12/20/16 12:00 PM	180
		12/12/17 8:50 AM	12/20/17 11:00 AM	130
Mix Storage Tank	Sensor Pelampung	1/6/17 3:35 PM	1/6/17 4:15 PM	40
	Mixer	4/5/15 5:30 PM	4/5/15 5:55 PM	25
	Sensor Flowmeter	8/1/17 4:10 PM	8/1/17 4:50 PM	40
	Pompa	12/12/15 8:50 AM	12/12/15 11:00 AM	130
		7/12/17 12:50 PM	7/12/17 4:00 PM	190
	Rotor	2/9/15 3:40 PM	2/9/15 4:50 PM	70
	Pipa	12/18/16 2:20 PM	12/18/16 5:00 PM	160
		4/7/15 8:15 AM	4/7/15 11:00 AM	165
	Valve	2/21/16 11:25 AM	2/21/16 12:00 PM	35
		5/3/16 8:25 AM	5/3/16 9:20 AM	55
9/18/16 2:45 PM		9/18/16 4:45 PM	120	
Pre-Heater	Pipa Preheater	10/23/15 8:00 AM	10/23/15 8:30 AM	30
		10/4/16 5:30 PM	10/4/16 7:55 PM	145
		9/8/17 2:20 PM	9/8/17 2:50 PM	30

Equipment	Sub Equipment	Actual Start	Actual Finish	Downtime	
		12/15/17 7:45 PM	12/15/17 8:00 PM	15	
	Plat Exchanger	10/24/15 2:25 PM	10/24/15 2:35 PM	10	
		4/14/16 4:35 PM	4/14/16 5:30 PM	55	
		6/13/17 9:35 AM	6/13/17 10:00 AM	25	
		12/18/17 10:40 AM	12/18/17 1:05 PM	145	
	Boiler	7/22/16 3:40 PM	7/22/16 4:50 PM	70	
		1/30/17 10:15 AM	1/30/17 12:30 PM	135	
		10/16/17 12:25 AM	10/16/17 1:15 AM	50	
	Duplex Filter	Pressure	7/23/16 6:30 AM	7/23/16 10:25 AM	235
			1/25/17 1:25 PM	1/25/17 2:15 PM	50
Pipa		10/23/15 8:00 AM	10/23/15 8:30 AM	30	
		10/4/16 5:30 PM	10/4/16 7:55 PM	145	
		10/24/17 2:25 PM	10/24/17 2:35 PM	10	
Valve		4/14/16 4:35 PM	4/14/16 5:30 PM	55	
		6/13/17 9:35 AM	6/13/17 10:00 AM	25	
		12/18/17 10:40 AM	12/18/17 1:05 PM	145	
Filter		11/8/16 8:05 AM	11/8/16 8:50 AM	45	
		10/15/17 9:15 PM	10/15/17 11:15 PM	120	
High Pressure Pump	Bearing	12/12/15 8:50 AM	12/12/15 11:00 AM	130	
		8/16/16 12:50 PM	8/16/16 4:00 PM	190	
		2/9/17 2:40 PM	2/9/17 4:50 PM	130	
	Pipa	12/18/15 1:35 PM	12/18/16 5:00 PM	205	
		11/9/16 1:55 AM	11/9/16 3:55 AM	120	
	Pressure Relief Valve	11/11/16 3:40 PM	11/11/16 4:35 PM	55	
		1/26/17 7:30 AM	1/26/17 8:45 AM	75	
	Piston	12/2/16 9:30 AM	12/2/16 11:45 AM	135	
	V-Belt	1/11/15 11:00 AM	1/11/15 7:45 PM	525	
		9/30/15 9:45 AM	9/30/15 11:15 AM	90	

Equipment	Sub Equipment	Actual Start	Actual Finish	Downtime
		3/18/16 3:20 PM	3/18/16 4:15 PM	55
		4/10/16 10:35 AM	2/11/16 12:05 PM	90
		4/13/16 11:15 AM	4/13/16 11:45 AM	30
	Pompa	8/14/15 10:40 PM	8/14/15 11:40 PM	60
		2/7/17 12:20 PM	2/7/17 1:25 PM	65
		4/13/16 11:15 AM	4/13/16 11:45 AM	30
Total From Drayer	Bag Filter	1/2/16 6:30 AM	1/2/16 10:25 AM	235
	Cyclone	12/2/17 1:25 PM	12/2/17 2:15 PM	50
	Chamber	1/2/15 8:00 AM	1/2/15 8:30 AM	30
		10/4/16 5:30 PM	10/4/16 7:55 PM	145
	Selang Nozzel	5/14/15 8:00 AM	5/14/15 9:30 AM	90
		1/18/16 9:25 AM	1/18/16 9:35 AM	10
		3/4/16 8:30 PM	3/4/16 9:35 PM	65
		3/18/16 3:20 PM	3/18/16 4:15 PM	55
		3/25/16 7:50 PM	3/25/16 9:55 PM	125
		4/10/16 10:35 AM	2/11/16 12:05 PM	90
		1/6/17 3:35 PM	6/1/17 4:15 PM	40
		8/20/17 7:45 AM	8/20/17 9:20 AM	95
	Spray Nozzle	1/2/15 8:00 AM	1/2/15 11:15 AM	195
		5/25/15 10:00 AM	5/25/15 2:10 PM	250
		11/30/15 12:30 PM	11/30/15 5:30 PM	300
		8/1/16 8:30 AM	8/1/16 12:45 PM	255
		11/2/16 9:45 AM	11/2/16 1:45 PM	240
		3/1/17 10:00 AM	3/1/17 12:50 PM	170
		12/20/17 1:30 PM	12/20/17 3:40 PM	130
	Valve Nozzle	2/9/16 8:20 AM	2/9/16 10:45 AM	145
		2/28/16 6:50 AM	2/28/16 7:40 AM	50
		3/7/16 9:25 AM	3/7/16 11:35 AM	130
		4/13/16 8:00 AM	4/13/16 12:50 PM	290
		8/28/16 2:45 PM	8/28/16 4:25 PM	100
		3/31/17 1:50 PM	3/31/17 4:50 PM	180
		Heater	10/22/15 7:35 AM	10/22/15 7:45 AM

Equipment	Sub Equipment	Actual Start	Actual Finish	Downtime
		4/2/16 9:25 AM	4/2/16 3:05 PM	340
		4/3/16 7:15 AM	4/3/16 9:10 AM	115
		9/20/16 2:20 PM	9/20/16 3:50 PM	90
		3/2/17 6:30 AM	3/2/17 10:15 AM	225
		4/26/17 8:35 AM	4/26/17 9:15 AM	40
	Exhaust Fan	6/3/16 1:10 PM	6/3/16 2:20 PM	70
		3/1/17 10:10 AM	3/1/17 11:55 AM	105
		12/5/15 1:45 PM	12/5/15 4:05 PM	140
	Shifter	Plat	1/17/17 7:25 AM	1/17/17 2:35 PM
3/27/17 7:20 PM			3/27/17 9:05 PM	105
3/29/17 6:35 AM			3/29/17 6:05 PM	690
V-Belt		9/29/15 2:50 PM	9/29/15 3:50 PM	60
		8/28/16 5:20 PM	8/28/16 7:00 PM	100
		9/19/16 3:45 PM	9/19/16 7:20 PM	215
		4/26/17 8:00 AM	4/26/17 8:45 AM	45
		4/26/17 7:30 PM	4/26/17 8:30 PM	60
Rotor		4/26/16 4:45 PM	4/26/16 6:30 PM	105
		11/2/17 7:30 PM	11/2/17 8:30 PM	60

4.3. Pengolahan Data

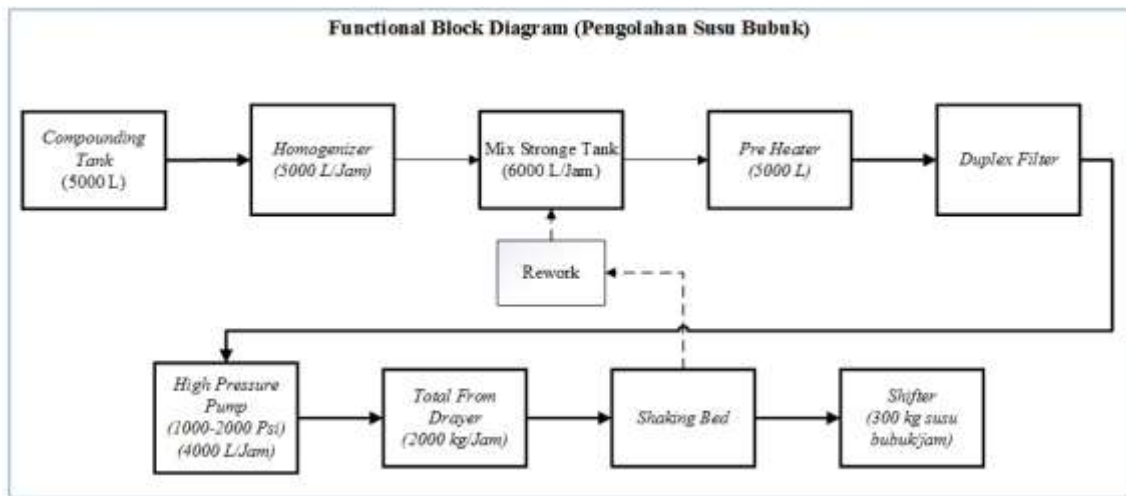
4.3.1. Perawatan Reliability Centered Maintenance (RCM)

4.3.1.1. Functional Block Diagram (FBD)

Untuk memahami proses kerja suatu sistem yang akan menjadi obyek analisis RCM dengan melihat *schematic* diagram dan dengan cara menggali informasi secara langsung kepada orang yang sangat mengetahui tentang sistem tersebut yaitu pada bagian operator pada mesin

Functional Block Diagram (FBD) dibentuk untuk memberikan informasi lengkap mengenai sistem dari peralatan yang dianalisis. Hasil dari informasi dan analisis kemudian dituangkan kedalam *Functional Block Diagram* (FBD) yang merupakan

bentuk diagram lebih sederhana dan menggambarkan fungsi dari sistem Pengolahan susu dengan urutan operasi.



Gambar 4.3 *Functional Block Diagram*

Penjelasan Gambar *Functional Block Diagram* (FBD):

1. Compounding Tank

Fungsi : mencampur susu kental dalam rework sehingga terbentuk adonan

Kapasitas : 5000 L

Jumlah : 2 Buah

2. Homogenizer

Fungsi : Mengubah globula lemak hingga berukuran $\pm 2\mu$

Kapasitas : 5000 L/jam

Jumlah : 1 Buah

3. Mix Storage Tank

Fungsi : Menampung susu kental sebelum masuk pengering

Kapasitas : 6000 L/jam

Jumlah : 2 Buah

4. Pre-Heater

Fungsi : memanaskan susu kental sebelum masuk ke pengering dengan suhu 8°C

Kapasitas : 5000 L

Jumlah : 1 Buah

5. Duplex Filter

Fungsi : Menyaring susu kental

Jumlah : 1 Buah

6. High Pressure Pump

Fungsi : Memberi tekanan sampai dengan 1000-2000 Psi

Kapasitas : 4000 L/jam

Jumlah : 1 Buah

7. Total From Drayer

Fungsi : Berfungsi mengeringkan susu kental yang telah dikabutkan

Kapasitas : 1200 kg / jam

Pelengkap :

- ✓ Nozzel, melewatkan susu cair yang akan dikeringkan menjadi butiran halus
- ✓ Pengeruk, untuk menfumpulkan bubuk susu yang berada di lantai
- ✓ Filter, untuk menyaring bubuk susu yang berada di lantai
- ✓ Filter, untuk menyaring bubuk susu yang terbawa udara
- ✓ Konveyor, untuk membawa susu bubuk keluar dari pengering ke tempat penampungan
- ✓ Blower, untuk menghembuskan udara segar ke air heater (pemanasudara)
- ✓ Radiator, untuk memanaskan udara pengering hingga antara 149-177°C
- ✓ Penyaring udara, untuk udara segar dalam proses penyaringan

8. Shaking Bed

Fungsi : untuk memindahkan material dari satu mesin ke mesin lainnya agar bisa diproses secara kontinu

Kapasitas : 300 kg susu bubuk/jam

Jumlah : 1 Buah

9. Shifter

Fungsi : Memisahkan susu kasar dari susu bubuk dengan saringan

Kapasitas : 300 kg susu bubuk / jam

Jumlah : 1 Buah

4.3.1.2. Failure Mode and Effect Analysis

Kegiatan FMEA melibatkan banyak hal seperti menganalisis kegagalan sistem, penyebab terjadinya kegagalan, serta *effect* atau dampak yang terjadi akibat kegagalan pada masing-masing komponen yang dapat dituliskan didalam FMEA *worksheet*. Dari analisis ini kita dapat menentukan komponen kritis mana yang paling banyak mengalami kegagalan dan seberapa jauh pengaruh yang diberikan terhadap

fungsi sistem, sehingga kita dapat memberikan perlakuan terhadap komponen kritis dengan melakukan pemeliharaan yang tepat. Pengisian SOD merupakan *Saverity (S)*, *occurence (O)* dan *detection (D)*. Untuk RPN dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{RPN} = \text{Severity} * \text{Occurence} * \text{Detection}$$

Berikut ini adalah contoh pengisian FMEA *worksheet* untuk mesin Pengolahan Susu Bubuk pada sub mesin *total from dryer* dengan komponen *Spray Nozzle*:

1. Mesin yang mengalami kerusakan adalah mesin Pengolahan susu bubuk
2. Komponen dari *Total From Dryer* yang mengalami kerusakan adalah komponen *Spray Nozzle*
3. Mode kegagalan adalah terdapat endapan pada *Spray Nozzle*
4. Penyebab kegagalannya adalah karena kerusakan tekanan liquid yang besar dari proses buka tutup valve yang terlalu sering
5. Efek kegagalan yang ditimbulkan adalah tersendat/tidak bisa menyemprot
6. Tingkat *Severity* : Downtime tinggi (7)
7. Tingkat *Occurence* : kerusakan mesin terjadi pada tingkat medium (5)
8. Tingkat *detection* : Perawatan *preventive* memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan (7)
9. Nilai RPN = $7 \times 5 \times 7 = 245$

Dari nilai RPN dapat diprediksi komponen yang paling kritis, dan yang paling sering rusak. Kegagalan yang terjadi pada komponen kritis dilihat sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi keseluruhan, sehingga dapat memberikan perilaku lebih terhadap komponen yang kritis dengan tindakan perawatan yang tepat. Tabel 4.2 menunjukkan contoh FMEA *Worksheet* dari mesin Pengolahan Susu Bubuk, untuk tabel selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2. Berikut hasil FMEA untuk komponen *spray nozzle* dengan RPN tertinggi:

Tabel 4.2 *Failure Mode Effect Analysis* mesin Pengolahan Susu Bubuk

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Failure effect	S	O	D	RPN
1	Total From Drayer	Spray Nozzle	melewatkan susu cair yang akan dikeringkan menjadi butiran halus	Terdapat endapan yang menyebabkan tersumbat/tidak lancar	tekanan liquid yang besar dari proses buka tutup valve yang terlalu sering	Tersendat/tidak bisa menyempromot dengan baik	7	5	7	245

Dari hasil perhitungan RPN pada tabel 4.2, dapat diperoleh nilai RPN yang tertinggi yaitu pada mesin *Total From Drayer* dengan komponen kritis *Spray Nozzle*.

4.3.1.3. Logic Tree Analysis

Logic Tree Analysis (LTA) mengandung informasi nama kegagalan fungsi, komponen yang mengalami kegagalan, fungsi dari komponen dan mode kerusakan serta analisis kekritisannya. Tujuan dari LTA yaitu mengklasifikasikan *failure* atau kegagalan untuk mengetahui tingkat prioritas berdasarkan kategorinya. Contoh pengisian tabel LTA adalah sebagai berikut:

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *Spray Nozzle* pada mesin *Total From Drayer*
2. Fungsi *Spray Nozzle* pada mesin *Total From Drayer* adalah untuk melewatkan susu cair yang akan dikeringkan menjadi butiran halus.
3. Mode kegagalan adalah terdapat endapan yang menyebabkan tersumbat/tidak lancar
4. Analisis kekritisannya (mode kegagalan):
 - a. Evident : Y
 - b. Safety : N
 - c. Outage : Y
 - d. Category : B

Untuk pengisian LTA seluruh komponen sistem Pengolahan Susu Bubuk dapat dilihat pada Lampiran 3, untuk tabel 4.3 berikut ini merupakan contoh pada komponen kritis *Spray Nozzle*:

Tabel 4.3 *Logic Tree Analysis* Mesin Pengolahan Susu Bubuk

No	Equipment	Sub Equipment	Function	Failure Mode	Critical Analysis			
					Evident	Safety	Outage	Category
1	Total From Drayer	Spray Nozzle	melewatkan susu cair yang akan di keringkan menja di butiran halus	Terdapat endapan yang menyebabkan tersumbat/tidak lancar	Y	N	Y	B

4.3.1.4. Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan (*selection task*) didasarkan pada jawaban dari pertanyaan yang disesuaikan dengan *road map* pemilihan tindakan. Proses ini menentukan tindakan yang tepat untuk mode kegagalan tertentu. Contoh pengisian tabel pemilihan tindakan adalah sebagai berikut:

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *Spray Nozzle* pada mesin *Total From Drayer*
2. Fungsi *Spray Nozzle* adalah untuk melewati susu cair yang akan dikeringkan menjadi butiran halus
3. Mode keagalam adalah Terdapat endapan yang menyebabkan tersumbat/tidak lancar
4. Selection Guide (mode kerusakan)
 - a. Apakah hubungan kerusakan dengan *age reliability* diketahui? Y
 - b. Apakah tindakan TD dapat tierakan? Y
 - c. Apakah tindakan CD dapat diterapkan? Y
 - d. Apakah termasuk dalam *hidden failure*? N
 - e. Apakah tindakan yang dipilih efektif? Y
 - f. Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kegagalan dan efeknya? –

Selection task; CD (*condition derect*) yaitu tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa, inspeksi suatu alat agar dapat mendeteksi adanya kerusakan.

Apabila di dalam inspeksi terdapat gejala-gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen. Tabel 4.4 merupakan contoh hasil *Selection Task* untuk komponen *Spray Nozzle*, untuk tabel seluruhnya terdapat dilampiran 4.

Tabel 4.4 *Selection Task* Mesin Pengolahan Susu Bubuk

No	Equip ment	Sub Equip ment	Funciton	Failure Mode	Selection Guide							Selection Task
					1	2	3	4	5	6	7	
1	Total From Drayer	Spray Nozzle	melewatkan s usu cair yang akan dikering kan menjadi butiran halus	Kecepatan putaran tidak sesuasi standart	Y	N	Y	N	-	Y	-	CD

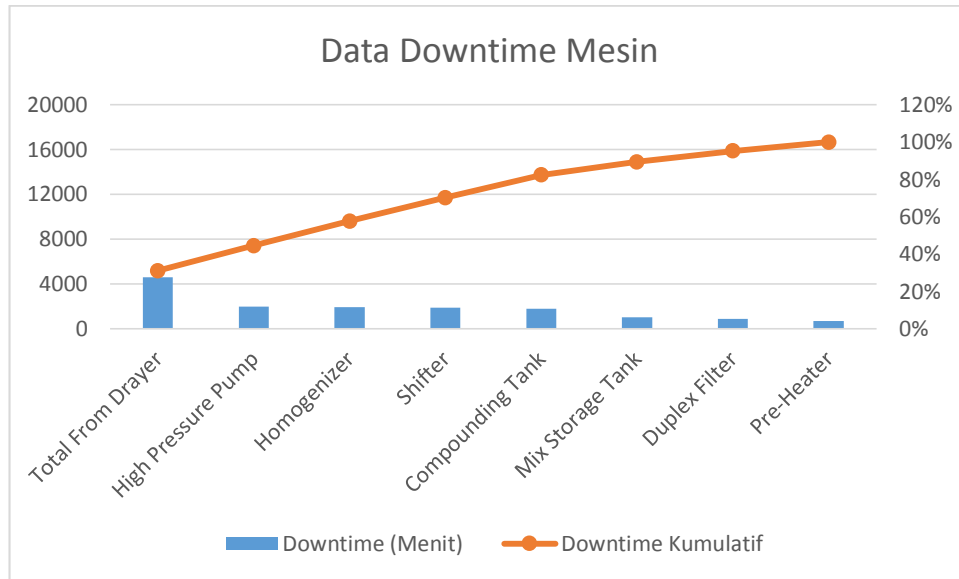
4.3.2. Penentuan Mesin Kritis

Mesin kritis dipilih dari mesin yang memiliki total downtime terbesar. Berikut ini adalah tabel *downtime kumulatif* mesin yang berada pada pengolahan susu bubuk.

Tabel 4. 5 Data *Downtime Kumulatif* Mesin Pengolahan Susu Bubuk

No	Nama	Total Downtime	Presentase Downtime	% Downtime Kumulatif
1	Compounding Tank	1785	12%	12%
2	Homogenizer	1935	13%	25%
3	Mix Storage Tank	1030	7%	32%
4	Pre-Heater	710	5%	37%
5	Duplex Filter	860	6%	43%
6	High Pressure Pump	1985	13%	56%
7	Total From Drayer	4600	31%	87%
8	Shifter	1870	13%	100%
	Total	14775	100%	

Dari tabel 4.5 di atas dapat dilihat bahwa mesin yang memiliki *downtime* terbesar adalah *Total From Dryer* dengan besar *downtime* 4600 menit atau 31% dari total *downtime* mesin lini pengolahan susu bubuk.



Gambar 4. 4 Diagram Pareto *Downtime* Mesin

Dari gambar 4.4 dapat dilihat mesin yang mengalami downtime paling tinggi merupakan total from dryer.

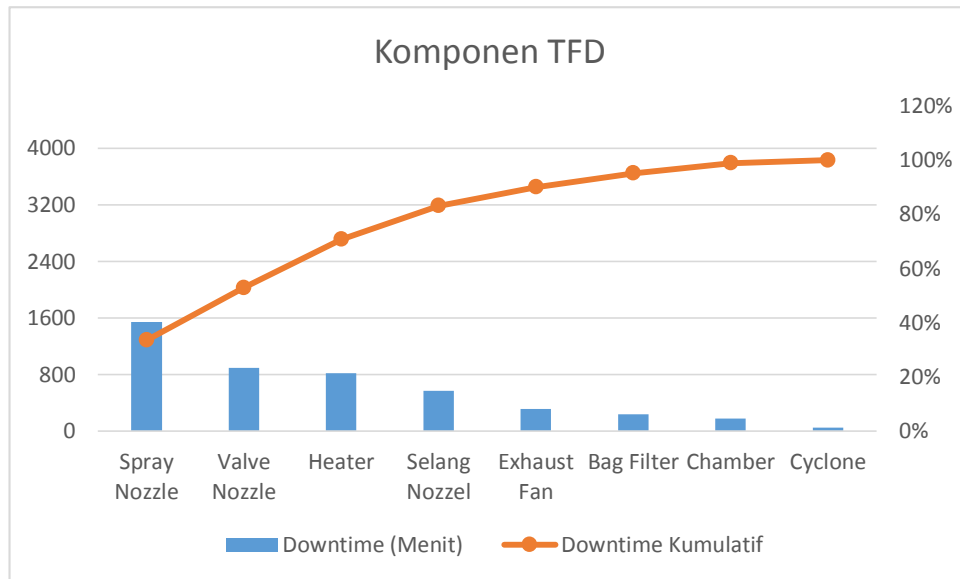
4.3.3. Penentuan Komponen Kritis

Komponen kritis diperoleh dari hasil FMEA dengan nilai RPN tertinggi yaitu *Spray Nozzle* sebesar 245. Nilai ini menggambarkan bahwa komponen *Spray Nozzle* mengalami kegagalan yang harus ditangani akibat *downtime* yang paling besar diantara komponen lain. Data ini didukung oleh hasil pareto pada tabel 4.6 dan gambar 4.5, berikut ini adalah tabel *downtime* komponen dari mesin *Total From Dryer*:

Tabel 4. 6 Data *Downtime Kumulatif* Komponen mesin *Total From Dryer*

No	Nama	Downtime	Presentasi Downtime	% Downtime Kumulatif
1	Spray Nozzle	1540	33%	33%
2	Valve Nozzle	895	19%	53%
3	Heater	820	18%	71%
4	Selang Nozzel	570	12%	83%
5	Exhaust Fan	315	7%	90%
6	Bag Filter	235	5%	95%
7	Chamber	175	4%	99%
8	Cyclone	50	1%	100%
	Total	4600	100%	

Dari tabel 4.6 di atas *downtime* komponen terbesar adalah *Spray Nozzle* dengan nilai *downtime* sebesar 1540 atau 33 % dari total *downtime* komponen mesin *Total From Dryer*.



Gambar 4.5 Diagram Pareto Komponen *Total From Dryer*

Dari gambar 4.5 dapat dilihat komponen yang mengalami *downtime* paling tinggi merupakan *Spray Nozzle*.

4.3.4. Penentuan Distribusi Data Waktu antar Kerusakan (Time to Failure)

Setelah diketahui komponen kritis, selanjutnya perlu diketahui jarak antar kerusakan dari komponen *Spray Nozzle*. Berikut data interval kerusakan dilihat dalam tabel 4.5

Tabel 4.7 *Time to Failure* komponen *Spray Nozzle*

No	Mulai Downtime	Selesai DownTime	Ti
1	1/2/15 8:00 AM	1/2/15 11:15 AM	0
2	5/25/15 10:00 AM	5/25/15 2:10 PM	205845
3	11/30/15 12:30 PM	11/30/15 5:30 PM	272060
4	8/1/16 8:30 AM	8/1/16 12:45 PM	352260
5	11/2/16 9:45 AM	11/2/16 1:45 PM	133740
6	3/1/17 10:00 AM	3/1/17 12:50 PM	171135
7	12/20/17 1:30 PM	12/20/17 3:40 PM	423400

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, *Exponensial*, dan *Weibull*.

1. Distribusi Normal

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

$$\begin{aligned}
 X_i &= t_i \\
 &= 50415 \\
 F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\
 &= \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,109375 \\
 Y_i &= z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \\
 &= z_i = \Phi^{-1}[0,12963] = -1,229859
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 X_i \cdot Y_i &= 50415 \cdot (-1,229859) \\
 &= -62003,33 \\
 X_i^2 &= (50415)^2 = 2541672225 \\
 Y_i^2 &= (-1,229859)^2 = 1,51255257
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Perhitungan nilai r TTF pada Distribusi Normal

No	ti	Xi=ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	133740	133740	1.79E+10	0.109375	-1.22986	1.512553	-164481
2	171135	171135	2.93E+10	0.265625	-0.6261	0.392	-107147
3	205845	205845	4.24E+10	0.421875	-0.1971	0.038848	-40571.9
4	272060	272060	7.4E+10	0.578125	0.197099	0.038848	53622.78
5	352260	352260	1.24E+11	0.734375	0.626099	0.392	220549.6
6	423400	423400	1.79E+11	0.890625	1.229859	1.512553	520722.2
Total	1558440	1558440	4.67E+11	3	0	3.886801	482694

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 R_{\text{normal}} &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2 \right]}} \\
 r_{(\text{index of fit})} &= \frac{(6 \times (187080,531484763)) - (188684,99 \times 0)}{\sqrt{((6 \times 21043515574,9997) - 188684,99^2) \cdot ((6 \times 3,886801) - 0^2)}} \\
 &= 0.982273844473977
 \end{aligned}$$

2. Distribusi Lognormal

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

$$X_i = \ln t_i$$

$$= \ln (201436) = 12,21323$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,12963$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$= z_i = \Phi^{-1}[0,12963] = -1,12814$$

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

$$X_i * Y_i = 12,21323 * (-1,12814)$$

$$= -12,191$$

$$X_i^2 = (12,21323)^2 = 149,1629$$

$$Y_i^2 = (-1,12814)^2 = 1,272708$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 9 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi Lognormal

No	ti	Xi= Ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	133740	11.80365	139.3262	0.109375	-1.22986	1.512553	-14.5168
2	171135	12.05021	145.2075	0.265625	-0.6261	0.392	-7.54462
3	205845	12.23488	149.6923	0.421875	-0.1971	0.038848	-2.41148
4	272060	12.51378	156.5946	0.578125	0.197099	0.038848	2.466454
5	352260	12.77212	163.1272	0.734375	0.626099	0.392	7.996615
6	423400	12.95607	167.8598	0.890625	1.229859	1.512553	15.93414
Total	1558440	74.33071	921.8076	3	0	3.886801	1.924276

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$R_{\text{lognormal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$r_{\text{(index of fit)}} = \frac{(5*(6,874447)) - (55,40017*(0))}{\sqrt{((5*524,4007) - 55,40017^2) * ((5*3,886801) - 0^2)}}$$

$$= 0.993545121333541$$

3. Distribusi *Exponensial*

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

$$X_i = t_i$$

$$= 201435,68$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,1590909$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right]$$

$$= \ln \left[\frac{1}{\{1-0,1590909\}} \right] = 0,173$$

$$X_i * Y_i = 201435,68 * 0,173$$

$$= 34903,108$$

$$X_i^2 = (201435,68)^2 = 40576334520$$

$$Y_i^2 = (0,173)^2 = 0,030$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.10 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi *Exponensial*

No	ti	Xi=ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	133740	133740	17886387600	0.10937 5	0.11583 2	0.01341 7	15491.3 5
2	171135	171135	29287188225	0.26562 5	0.30873 5	0.09531 8	52835.4 5
3	205845	205845	42372164025	0.42187 5	0.54796 5	0.30026 6	112795. 9
4	272060	272060	74016643600	0.57812 5	0.86304 6	0.74484 9	234800. 4
5	352260	352260	1.24087E+11	0.73437 5	1.32567	1.7574	466980. 4
6	423400	423400	1.79268E+11	0.89062 5	2.21297 3	4.89724 9	936972. 7
Total	155844 0	155844 0	4.66917E+11	3	5.37422 1	7.80849 9	1819876

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$R_{\text{exponensial}} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r_{(\text{index of fit})} = \frac{(5*(361243,5)) - (188685*(5,374221))}{\sqrt{((5*21043515575) - 188685^2) * ((5*7,808499) - (7,808499)^2)}}$$

$$= 0.982912643780985$$

4. Distribusi *Weibull*

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

$$\begin{aligned}
 X_i &= \ln t_i \\
 &= \ln (201436) = 12,21323 \\
 F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\
 &= \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,12963 \\
 Y_i &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \right| \\
 &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-0,12963\}} \right] \right| = -1,97446 \\
 X_i * Y_i &= 12,21323 * (-1,97446) \\
 &= -24,1145 \\
 X_i^2 &= (12,21323)^2 = 149,169 \\
 Y_i^2 &= (-1,97446)^2 = 3,898487
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4. 11 Perhitungan nilai r TTF pada distribusi *Weibull*

No	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	133740	11.80365	139.3262	0.109375	-2.15562	4.64668	-25.4441
2	171135	12.05021	145.2075	0.265625	-1.17527	1.381261	-14.1623
3	205845	12.23488	149.6923	0.421875	-0.60154	0.361855	-7.35981
4	272060	12.51378	156.5946	0.578125	-0.14729	0.021693	-1.84312
5	352260	12.77212	163.1272	0.734375	0.281918	0.079478	3.600689
6	423400	12.95607	167.8598	0.890625	0.794337	0.630971	10.29149
Total	1558440	74.33071	921.8076	3	-3.00346	7.121938	-34.9172

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 r_{weibull} &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2 \right]}} \\
 r_{(index\ of\ fit)} &= \frac{(5 * (-19,7517)) - (55,40017 * (-3,00346))}{\sqrt{((5 * 524,4007) - 55,40017^2) * ((5 * 7,121938) - (-3,00346)^2)}} \\
 &= 0.983900998115237
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil rekapan nilai *index of fit* untuk masing-masing distribusi dapat dilihat dalam tabel 4.10

Tabel 4.12 Rekapian nilai r komponen *Spray Nozzle*

Distribusi	Index of Fit	
Normal	0.982273844	98%
Lognormal	0.993545121	99%
Exponensial	0.982912644	98%
Weibull	0.983900998	98%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai *index of fit* terbesar yaitu pada distribusi lognormal sebesar 0.993545121333541 atau sebanyak 99.35%. Maka distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.

4.3.5. Penentuan Distribusi Data Waktu antar Perbaikan (*Time to Repair*)

Penentuan distribusi untuk data perbaikan dilakukan dengan menggunakan metode least square curve fitting yaitu pemilihan berdasarkan nilai index of fit yang paling besar. Data lama perbaikan diperoleh dari selisih waktu terjadinya kerusakan dengan komponen selesai diperbaiki. Berikut data antar perbaikan dilihat dalam table

Tabel 4. 13 *Time to Repair* komponen *Spray Nozzle*

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	dti
1	42006.33	42006.47	195
2	42149.42	42149.59	250
3	42338.52	42338.73	300
4	42583.35	42583.53	255
5	42676.41	42676.57	240
6	42795.42	42795.53	170
7	43089.56	43089.65	130

Pengujian distribusi yang digunakan untuk menghitung waktu perbaikan adalah dengan distribusi Normal (*Gaussian*), Lognormal, *Exponensial*, dan *Weibull*.

1. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan (i=1)

$$X_i = dt_i = 120$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,1094$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$= z_i = \Phi^{-1}[0,1094] = -1,2299$$

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

$$X_i * Y_i = 120 * (-1,2299) = -135,3772$$

$$X_i^2 = (120)^2 = 14400$$

$$Y_i^2 = (-1,2299)^2 = 1,2727$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4. 14 Perhitungan nilai r TTR pada Distribusi Normal

No	dti	$X_i=dti$	X_i^2	F(dti)	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	130	130	16900	0.094595	-1.31298	1.72392	-170.688
2	170	170	28900	0.22973	-0.73974	0.547211	-125.755
3	195	195	38025	0.364865	-0.34549	0.11936	-67.3696
4	240	240	57600	0.5	0	0	0
5	250	250	62500	0.635135	0.345485	0.11936	86.37127
6	255	255	65025	0.77027	0.739737	0.547211	188.633
7	300	300	90000	0.905405	1.312981	1.72392	393.8944
Total	1540	1540	358950	3.5	0	4.780983	305.0862

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$R_{\text{normal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$r_{(\text{index of fit})} = \frac{(6*(867,8591)) - (1855*(0))}{\sqrt{((7*651675) - 1855^2) * ((7*4,7810) - 0^2)}}$$

$$= 0.9829387002562$$

2. Distribusi Lognormal

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

$$X_i = \ln dti$$

$$= \ln (120) = 4,7875$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,1094$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$= z_i = \Phi^{-1}[0,1094] = -1,2299$$

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

$$X_i * Y_i = 4,7875 * (-1,1281) = -5,4010$$

$$X_i^2 = (4,7875)^2 = 22,9201$$

$$Y_i^2 = (-1,2299)^2 = 1,5126$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.15 Perhitungan nilai r TTR pada Distribusi Lognormal

No	dti	$X_i = \ln dti$	X_i^2	F(dti)	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	130	4.867534	23.69289	0.094595	-1.31298	1.72392	-6.39098
2	170	5.135798	26.37643	0.22973	-0.73974	0.547211	-3.79914
3	195	5.273	27.80452	0.364865	-0.34549	0.11936	-1.82174
4	240	5.480639	30.0374	0.5	0	0	0
5	250	5.521461	30.48653	0.635135	0.345485	0.11936	1.907582
6	255	5.541264	30.7056	0.77027	0.739737	0.547211	4.099079
7	300	5.703782	32.53313	0.905405	1.312981	1.72392	7.488961
Total	1540	37.52348	201.6365	3.5	0	4.780983	1.483755

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$R_{\text{lognormal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2 \right]}}$$

$$r_{\text{(index of fit)}} = \frac{(6 * (867,8591)) - (1855 * (0))}{\sqrt{((7 * 651675) - 1855^2) * ((7 * 4,7810) - 0^2)}} = 0.967411784177952$$

3. Distribusi *Eksponensial*

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi *Eksponensial*

Perhitungan ($i=1$)

$$X_i = dti = 120$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} = \frac{(1-0,3)}{(5+0,4)} = 0,1094$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] = \ln \left[\frac{1}{\{1-0,1094\}} \right] = 0,1158$$

$$X_i * Y_i = 120 * 0,1158 = 13,8998$$

$$X_i^2 = (120)^2 = 14400$$

$$Y_i^2 = (0,1158)^2 = 0,0134$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table 4.14

Tabel 4.16 Perhitungan nilai r TTR pada Distribusi Exponensial

No	dti	Xi=dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	130	130	16900	0.09459	0.09937	0.00987	12.9184
				5	2	5	2
2	170	170	28900	0.22973	0.26101	0.06812	44.3723
				4	8	8	5
3	195	195	38025	0.36486	0.45391	0.20604	88.5139
				5	7	1	1
4	240	240	57600	0.5	0.69314	0.48045	166.355
					7	3	3
5	250	250	62500	0.63513	1.00822	1.01652	252.057
				5	8	4	1
6	255	255	65025	0.77027	1.47085	2.16340	375.067
					2	5	2
7	300	300	90000	0.90540	2.35815	5.56089	707.446
				5	5	5	5
Total	1540	1540	358950	3.5	6.34468	9.50532	1646.73
					6	1	1

Untuk mendapatkan nilai r dapat dilihat dalam perhitungan dibawah ini :

$$R_{\lognormal} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$r(\text{index of fit}) = \frac{(6*(867,8591)) - (1855*(0))}{\sqrt{((7*651675) - 1855^2) * ((7*4,7810) - 0^2)}}$$

$$= 0.912180885403615$$

4. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan Distribusi Weibull

Perhitungan (i=1)

$$X_i = \ln dti$$

$$= \ln (120) = 4,7875$$

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

$$= \frac{(1-0,3)}{(6+0,4)} = 0,1084$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \right]$$

$$= \ln \left[\ln \left[\frac{1}{\{1-0,1084\}} \right] \right] = -2,1556$$

$$X_i * Y_i = 4,7875 * (-2,1556)$$

$$= -9,4527$$

$$X_i^2 = (4,7875)^2 = 22,9201$$

$$Y_i^2 = (-2,1556)^2 = 4,6467$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4. 17 Perhitungan nilai r 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	130	4.867534	23.6929	0.094595	-2.30888	5.330927	-11.2386
2	170	5.135798	26.37643	0.22973	-1.34318	1.804138	-6.89831
3	195	5.273	27.80452	0.364865	-0.78984	0.623847	-4.16483
4	240	5.480639	30.0374	0.5	-0.36651	0.134332	-2.00872
5	250	5.521461	30.48653	0.635135	0.008195	6.72E-05	0.045246
6	255	5.541264	30.7056	0.77027	0.385842	0.148874	2.13805
7	300	5.703782	32.53313	0.905405	0.85788	0.735957	4.893158
Total	1540	37.52348	201.6365	3.5	-3.5565	8.778142	-17.234

$$R_{\lognormal} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$r(\text{index of fit}) = \frac{(6 * (867,8591)) - (1855 * (0))}{\sqrt{((7 * 651675) - 1855^2) * ((7 * 4,7810) - 0^2)}}$$

$$= 0.988456462336659$$

Berikut ini adalah hasil rekapan nilai *index of fit* untuk masing-masing distribusi dapat dilihat dalam tabel 4.10

Tabel 4. 18 Rekapan nilai r komponen *Spray Nozzle*

Distribusi	Index of Fit	
Normal	0.9829387	98.29%
Lognormal	0.967411784	96.74%
Exponensial	0.912180885	91.22%
Weibull	0.988456462	98.85%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai *index of fit* terbesar yaitu pada distribusi Weibull sebesar 0.988456462 atau sebanyak 98,85%. Maka distribusi yang terpilih adalah distribusi normal.

4.3.6. Uji Goodness of Fit pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (Time to Failure)

Uji Kecocokan distribusi atau uji *goodness of fit* digunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan terhadap pola distribusi yang telah ada. Distribusi yang akan diuji yaitu distribusi lognormal sesuai dengan yang telah dipilih dalam proses pemilihan distribusi awal untuk data waktu kerusakan. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada data waktu kerusakan untuk *Spray Nozzle* menggunakan *Kolmogrov-Smirnov Test* distribusi lognormal.

Tabel 4.19 Perhitungan *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk komponen *Spray Nozzle*

No	ln ti	[ti - xbar ti] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	11.80365	0.341991	-1.19057	0.116912	0.116912	0.049755
2	12.05021	0.114409	-0.68862	0.245532	0.078866	0.087801
3	12.23488	0.023585	-0.31265	0.377272	0.043939	0.122728
4	12.51378	0.015706	0.255144	0.600694	0.100694	0.065973
5	12.77212	0.147204	0.781101	0.782628	0.115962	0.050705
6	12.95607	0.322193	1.155591	0.876076	0.042742	0.123924
	74.33071	0.965088		Dn Max	0.116912	0.123924

D_{hitung} dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka D_{hitung} = 0.1239241

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

H₀ = Data *Time Failure* berdistribusi Lognormal

H₁ = Data *Time Failure* tidak berdistribusi Lognormal

α = 0,05

D_{tabel} = Dapat dilihat dari tabel D Kolmogorov-Smirnov, dengan nilai D_{crit} 6;0,05 = 0,319

Wilayah kritis: D_n < D_{crit} maka H₀ diterima

Sehingga keputusannya D_n < D_{crit}; D_n = 0,123924 < D_{crit} = 0,319, yaitu H₀ diterima

4.3.7. Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time to Repair*)

Uji Kecocokan distribusi atau uji *goodness of fit* digunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan terhadap pola distribusi yang telah ada. Distribusi yang akan diuji yaitu

distribusi lognormal sesuai dengan yang telah dipilih dalam proses pemilihan distribusi awal untuk data waktu kerusakan. Berikut ini merupakan Uji *Goodness of Fit* pada data waktu kerusakan untuk komponen *Spray Nozzle* menggunakan *Kolmogrov-Smirnov Test* distribusi lognormal.

Tabel 4.20 Perhitungan Uji *Mann's Test* untuk komponen *Spray Nozzle*

No	ti	ln ti	Zi	Mi	ln ti+1 - ln ti	ln ti+1 - ln ti/ Mi
1	130	4.8675	-2.6386	1.1768	0.2683	0.2280
2	170	5.1358	-1.4619	0.6012	0.1372	0.2282
3	195	5.2730	-0.8607	0.4441	0.2076	0.4676
4	240	5.4806	-0.4167	0.3856	0.0408	0.1059
5	250	5.5215	-0.0311	0.3827	0.0198	0.0517
6	255	5.5413	0.3516	0.4676	0.1625	0.3476
7	300	5.7038	0.8192			

Contoh perhitungan untuk Uji Mann's Test:

$$n = 7$$

$$k1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor$$

$$= \left\lfloor \frac{7}{2} \right\rfloor = 3,5$$

$$k2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor$$

$$= \left\lfloor \frac{7-1}{2} \right\rfloor = 3$$

$$z_i = \ln \left[\ln \left[1 - \frac{i-0,5}{(n+0,25)} \right] \right]$$

$$= \ln \left[\ln \left[1 - \frac{1-0,5}{(7+0,25)} \right] \right] = -2,6386$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$= -0.8607 - (-2,6386) = 1,7779$$

$$M = \frac{k1 \sum_5^6 [0.3993]}{k2 \sum_1^4 [1.0297]} = 0.387824$$

Sehingga keputusannya $M < F_{crit} M = 0,387824 < F_{0,05;6,7} = 3,865968853$, yaitu H_0 diterima.

4.3.8. Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Parameter yang digunakan pada distribusi lognormal untuk data waktu kerusakan adalah s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi) dengan perhitungan sebagai berikut:

a. t_{med} (parameter lokasi)

$$\begin{aligned} n &= 6 \\ \mu &= \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \\ &= \frac{74,33071}{6} = 12,38845 \\ t_{med} &= e^\mu \\ &= e^{12,38845} = 240013.99 \end{aligned}$$

b. S (parameter bentuk)

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\ln(t_i) - \mu]^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{0,965088}{6}} \\ &= 0,491195 \end{aligned}$$

4.3.9. Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Parameter yang digunakan pada distribusi lognormal untuk data waktu kerusakan adalah β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*) dengan perhitungan sebagai berikut:

a. β (parameter lokasi)

$$\begin{aligned} b = \beta &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - n \sum_{i=1}^n (X_i)^2} \\ b = \beta &= \frac{(7 + (-17,3233961)) - (37,523478 \times -3,5564991)}{(7 \times 201,63651) - (37,523478)^2} = 3,720648 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n} \\ a &= \frac{-3,5564991 - (3,720648 + 37,523478)}{7} = -6,40008928 \end{aligned}$$

b. θ (parameter bentuk)

$$\begin{aligned} \theta &= e^{-a/b} \\ \theta &= e^{-(-6,40008928)/3,720648} = 808,47224 \end{aligned}$$

4.3.10. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Berikut ini adalah perhitungan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk distribusi lognormal adalah:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= t_{\text{med}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 240013.9917 \times e^{\frac{0,15797}{2}} = 270787.1976 \end{aligned}$$

4.3.11. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Berikut ini adalah perhitungan nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk distribusi Weibull adalah:

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\ &= 808.4722364 \times \frac{1}{3.72064759052949} = 217.29 \end{aligned}$$

4.3.12. Perhitungan Interval Waktu Penggantian dengan Minimasi *Downtime*

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan optimal dilakukan menggunakan metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi *downtime* yang dimana nilai interval waktu antar kerusakan (t_p) 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 *lognormal*

$$\text{MTTF} = 270787.1976$$

$$t_{\text{med}} = 240013.9917$$

$$s = 0.491194551$$

2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

$$T_f = 217 \text{ menit}$$

3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

$$T_p = 217 \text{ menit}$$

Setelah data – data yang diperlukan terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan hasil yang dapat dilihat dalam tabel 4.16

Tabel 4. 21 Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen *Spray Nozzle*

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	(MTTF/F(tp))+Tf	D(tp)
1	1.0000000	1.1765E-140	218	2.3017E+145	0.0008007226499629
1000	1	3.27623E-29	1217	8.2652E+33	0.0007977818059087
10000	1	4.89464E-11	10217	5.53232E+15	0.0007722304571624
20000	0.999999789	2.10704E-07	20217	1.28515E+12	0.0007456937216360
30000	0.999988499	1.15012E-05	30217	23544209859	0.0007209210052643
40000	0.999867792	0.000132208	40217	2048197161	0.0006977516431496
50000	0.999297423	0.000702577	50217	385420387.1	0.0006760776071406
60000	0.997616794	0.002383206	60217	113623284	0.0006558641404657
70000	0.993939164	0.006060836	70217	44678412.46	0.0006371485077754
80000	0.98734807	0.01265193	80217	21403054.83	0.0006200140951147
90000	0.977084316	0.022915684	90217	11816892.12	0.0006045548566436
100000	0.962661614	0.037338386	100217	7252464.051	0.0005908453939922
110000	0.94390283	0.05609717	110217	4827326.791	0.0005789236949695
120000	0.920916695	0.079083305	120217	3424292.362	0.0005687861669191
130000	0.894041111	0.105958889	130217	2555804.372	0.0005603911282586
140000	0.863774674	0.136225326	140217	1988005.943	0.0005536665519684
150000	0.830710588	0.169289412	150217	1599768.879	0.0005485189175858
160000	0.795480545	0.204519455	160217	1324233.817	0.0005448413400749
170000	0.758711333	0.241288667	170217	1122471.106	0.0005425201760736
179999	0.720997882	0.279002118	180216	970773.0647	0.0005414400020581
180000	0.720994081	0.279005919	180217	970759.8434	0.0005414399522550
180001	0.720990281	0.279009719	180218	970746.6224	0.0005414399024632
180002	0.72098648	0.27901352	180219	970733.4018	0.0005414398526827
180003	0.720982679	0.279017321	180220	970720.1815	0.0005414398029134
180004	0.720978878	0.279021122	180221	970706.9615	0.0005414397531554
180005	0.720975078	0.279024922	180222	970693.7419	0.0005414397034087
180006	0.720971277	0.279028723	180223	970680.5227	0.0005414396536732
180007	0.720967476	0.279032524	180224	970667.3038	0.0005414396039490
180008	0.720963675	0.279036325	180225	970654.0852	0.0005414395542361
180009	0.720959875	0.279040125	180226	970640.867	0.0005414395045344
180010	0.720956074	0.279043926	180227	970627.6491	0.0005414394548440
180020	0.720918066	0.279081934	180237	970495.4894	0.0005414389585597
180030	0.720880057	0.279119943	180247	970363.3644	0.0005414384634018
180040	0.720842048	0.279157952	180257	970231.2739	0.0005414379693704
180050	0.720804039	0.279195961	180267	970099.2179	0.0005414374764652
180060	0.72076603	0.27923397	180277	969967.1965	0.0005414369846862
180070	0.72072802	0.27927198	180287	969835.2096	0.0005414364940333
180080	0.720690009	0.279309991	180297	969703.2573	0.0005414360045063
180090	0.720651998	0.279348002	180307	969571.3394	0.0005414355161051
180100	0.720613987	0.279386013	180317	969439.4561	0.0005414350288297
180200	0.720233853	0.279766147	180417	968122.5177	0.0005414302179653
180300	0.719853679	0.280146321	180517	966809.0163	0.0005414255195494

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	(MTTF/F(tp))+Tf	D(tp)
180400	0.719473465	0.280526535	180617	965498.9404	0.0005414209334699
180500	0.719093214	0.280906786	180717	964192.2783	0.0005414164596144
180600	0.718712924	0.281287076	180817	962889.0184	0.0005414120978707
180700	0.718332596	0.281667404	180917	961589.1491	0.0005414078481266
180800	0.717952231	0.282047769	181017	960292.6589	0.0005414037102700
180900	0.71757183	0.28242817	181117	958999.5365	0.0005413996841889
183000	0.709575809	0.290424191	183217	932602.1311	0.0005413407585146
184000	0.705763897	0.294236103	184217	920522.8175	0.0005413297065978
184100	0.705382582	0.294617418	184317	919331.6923	0.0005413291983931
184200	0.705001246	0.294998754	184417	918143.5824	0.0005413287982884
184300	0.704619891	0.295380109	184517	916958.478	0.0005413285061730
184400	0.704238516	0.295761484	184617	915776.3689	0.0005413283219365
184500	0.703857122	0.296142878	184717	914597.2455	0.0005413282454682
184510	0.703818981	0.296181019	184727	914479.497	0.0005413282437444
184520	0.703780841	0.296219159	184737	914361.7782	0.0005413282430970
184521	0.703777027	0.296222973	184738	914350.008	0.0005413282430915
184522	0.703773213	0.296226787	184739	914338.238	0.0005413282430967
184523	0.703769399	0.296230601	184740	914326.4684	0.0005413282431127
184524	0.703765584	0.296234416	184741	914314.699	0.0005413282431395
184525	0.70376177	0.29623823	184742	914302.93	0.0005413282431770
184526	0.703757956	0.296242044	184743	914291.1612	0.0005413282432253
184527	0.703754142	0.296245858	184744	914279.3928	0.0005413282432843
184528	0.703750328	0.296249672	184745	914267.6246	0.0005413282433541
184529	0.703746514	0.296253486	184746	914255.8567	0.0005413282434347
184530	0.7037427	0.2962573	184747	914244.0892	0.0005413282435260
184540	0.703704559	0.296295441	184757	914126.4299	0.0005413282450313
184550	0.703666418	0.296333582	184767	914008.8003	0.0005413282476126
184560	0.703628276	0.296371724	184777	913891.2004	0.0005413282512700
184570	0.703590135	0.296409865	184787	913773.6302	0.0005413282560034
184580	0.703551993	0.296448007	184797	913656.0897	0.0005413282618125
184590	0.703513851	0.296486149	184807	913538.5789	0.0005413282686973
180000	0.720994081	0.279005919	180217	970759.8434	0.0005414399522550
190000	0.682864571	0.317135429	190217	854070.5043	0.0005414867887800
200000	0.644792433	0.355207567	200217	762552.1048	0.0005425506141738
210000	0.607177071	0.392822929	210217	689553.5376	0.0005445264789973
220000	0.570348338	0.429651662	220217	630465.2253	0.0005473152357492
230000	0.534570373	0.465429627	230217	582017.5174	0.0005508237965391
240000	0.500047348	0.499952652	240217	541842.6852	0.0005549651255513
250000	0.466930181	0.533069819	250217	508193.9818	0.0005596580771889
260000	0.435323577	0.564676423	260217	479761.0126	0.0005648271547183
270000	0.405292936	0.594707064	270217	455545.7054	0.0005704022374611
280000	0.376870853	0.623129147	280217	434777.314	0.0005763183054746
290000	0.350063051	0.649936949	290217	416853.1031	0.0005825151775047

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	(MTTF/F(tp))+Tf	D(tp)
300000	0.324853658	0.675146342	300217	401296.2636	0.0005889372692659
310000	0.301209825	0.698790175	310217	387725.593	0.0005955333735645
320000	0.27908569	0.72091431	320217	375833.3442	0.0006022564605104
330000	0.258425743	0.741574257	330217	365368.8308	0.0006090634943464
340000	0.239167633	0.760832367	340217	356126.1454	0.0006159152627569
350000	0.221244488	0.778755512	350217	347934.8569	0.0006227762145319
360000	0.20458681	0.79541319	360217	340652.8904	0.0006296143018915
361000	0.202987927	0.797012073	361217	339969.9432	0.0006302957199613
362000	0.201400921	0.798599079	362217	339294.7737	0.0006309765928438
363000	0.199825723	0.800174277	363217	338627.2756	0.0006316568939501
364000	0.198262261	0.801737739	364217	337967.3445	0.0006323365970071
365000	0.196710464	0.803289536	365217	337314.8774	0.0006330156760561
366000	0.195170262	0.804829738	366217	336669.7734	0.0006336941054513
367000	0.193641583	0.806358417	367217	336031.933	0.0006343718598580
368000	0.192124359	0.807875641	368217	335401.2584	0.0006350489142511
369000	0.190618518	0.809381482	369217	334777.6535	0.0006357252439135
369010	0.190603517	0.809396483	369227	334771.4528	0.0006357320034674
369020	0.190588517	0.809411483	369237	334765.2529	0.0006357387629464
369030	0.190573518	0.809426482	369247	334759.0536	0.0006357455223503
369040	0.19055852	0.80944148	369257	334752.855	0.0006357522816793
369041	0.19055702	0.80944298	369258	334752.2352	0.0006357529576081
369042	0.19055552	0.80944448	369259	334751.6154	0.0006357536335361
369043	0.190554021	0.809445979	369260	334750.9956	0.0006357543094634
369050	0.190543523	0.809456477	369267	334746.6571	0.0006357590409333
369060	0.190528528	0.809471472	369277	334740.4599	0.0006357658001122
370000	0.189123989	0.810876011	370217	334161.0236	0.0006364008244348

Berikut ini adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen *Spray Nozzle* pada mesin *Total From Dryer* dengan distribusi *lognormal* untuk $tp = 217$ menit.

$$\begin{aligned}
 \text{a. } F(tp) &= \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= \Phi\left(\frac{1}{0,39745} \ln \frac{49546}{66274,58470}\right) = 0.907935535792274
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } R(tp) &= 1 - F(tp) \\
 &= 1 - 0.907935535792274 \\
 &= 0.0920644642077258
 \end{aligned}$$

$$\text{c. } (tp+Tp) \times R(tp) = 111100 \times 0.0920644642077258 = 10228.3619734783$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Ekspektasi panjang siklus kerusakan:} \\
 &= (M(tp) + Tf) \times (1 - R(tp))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{MTTF}{1-R(tp)} + Tf \right) \times (1 - R(tp)) \\
&= (309223,95) \times (1 - 0.0920644642077258)) \\
&= 56585.0830400297 \text{ menit}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{e. } D(tp) &= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))} \\
&= \frac{220,6773 \times 0,7678943+220,6773 (1-0,7678943)}{38215,54797+71772,63944} \\
&= 0.00430167084132046
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai D(tp) yang paling minimum adalah pada tp = 184521 menit. Sehingga interval waktu penggantian pencegahan komoponen Spray Nozzle dengan kriterian minimasi *downtime* dilakukan pada menit ke 184521.

4.3.13. Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Berikut ini adalah perhitungan waktu optimal pemeriksaan komponen *Spray Nozzle* :

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk pemeriksaan *Spray Nozzle mesin TFD* adalah 4 jam.
2. Jumlah pemeriksaan (k)
 - a. 1 bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja
 - b. t = 30 hari/bulan x 24 jam/hari= 720 jam/bulan
 - c. Jumlah kerusakan *Spray Nozzle* mesin TFD selama 3 tahun = 7 kali
 - d. $k = \frac{\text{Jumlah Kerusakan selama 3 tahun}}{436 \text{ bulan}}$
 $k = \frac{7}{36 \text{ bulan}}$
 $= 0,194$
3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan (1/μ)
 - a. MTTR = 217 menit= 13 jam
 - b. t = 720 jam/bulan
 - c. $1/\mu = \text{MTTR}/t$
 $1/\mu = 217 /720$
 $1/\mu = 0,005023148$
 $\mu = 119.078$
4. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan (1/i)
 - a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan (ti) = 1 jam
 - b. t = 720 jam/bulan

$$c. \frac{1}{i} = \frac{ti}{t}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{720}$$

$$\frac{1}{i} = 0,001389$$

$$i = 720$$

5. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

$$n = \sqrt{\frac{k.i}{\mu}}$$

$$n = \sqrt{\frac{0,152.720}{199,078}}$$

$$n = 0,74 \text{ kali pemeriksaan per bulan}$$

6. Interval Waktu Pemeriksaan = t/n

$$= 720 / 0,741$$

$$= 970,52 \text{ jam} = 41 \text{ hari}$$

4.3.14. Perhitungan Reliability sesudah dan sebelum penentuan interval waktu penggantian/pencegahan komponen

Perawatan pencegahan dilakukan untuk meningkatkan reliabilitas atau kehandalan serta mengetahui umur yang optimal dari suatu komponen. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung *reliability* berdasarkan distribusi sesuai dengan *failure time* berdistribusi *lognormal*.

a. *Reliability* kondisi sebelum interval waktu penggantian

Rumus yang digunakan adalah

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

b. *Reliability* kondisi sesudah interval waktu penggantian

Rumus yang digunakan adalah

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

Keterangan:

n = jumlah perawatan pencegahan yang telah dilakukan

T = interval waktu perawatan pencegahan

Berikut adalah perhitungan *reliability* sebelum dan sesudah dilakukan tindakan penggantian pencegahan dengan data-data yang diperlukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 s &= 0,491195 \\
 t_{med} &= 240014 \\
 T &= 184521
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 22 Perbandingan reliability sebelum dan sesudah penggantian komponen

No	Tp	R(t)	R(t-nT)
1	1	1	1
2	10000	1	1
3	20000	0.99999979	0.99999979
4	40000	0.99986779	0.99986779
5	60000	0.99761679	0.99761679
6	80000	0.98734807	0.98734807
7	100000	0.96266161	0.96266161
8	120000	0.92091669	0.92091669
9	140000	0.86377467	0.86377467
10	160000	0.79548055	0.79548055
11	180000	0.72099408	0.72099408
12	184521	0.70377703	1
13	200000	0.64479243	0.99999999
14	220000	0.57034834	0.9999503
15	240000	0.50004735	0.99856767
16	260000	0.43532358	0.99074268
17	280000	0.37687085	0.96971565
18	300000	0.32485366	0.93181522
19	320000	0.27908569	0.87784166
20	340000	0.23916763	0.81163572

Contoh perhitungan:

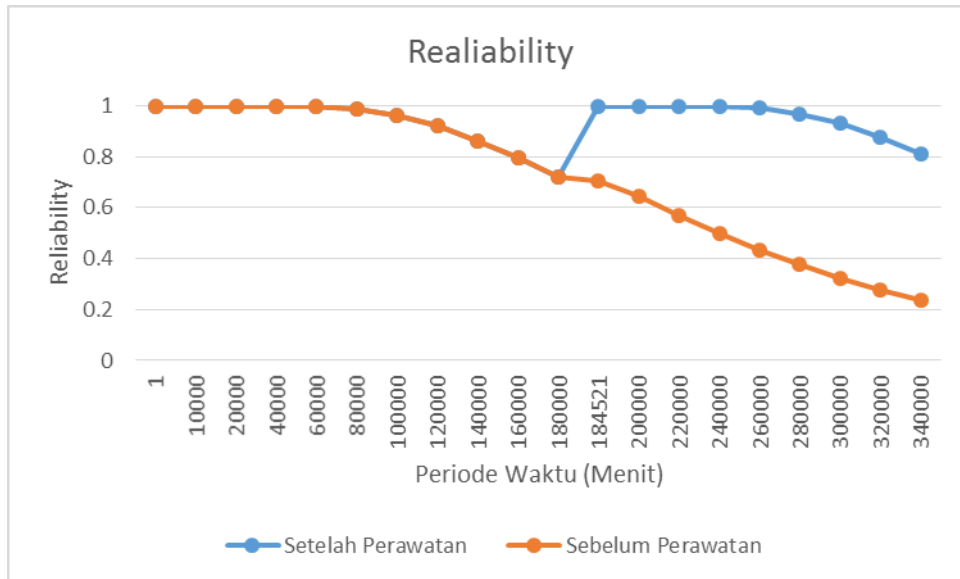
$$t = 300000$$

$$n = 1$$

$$\begin{aligned}
 R(t) &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,491195} \ln \frac{300000}{240014}\right) = 0,324853658
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R(t-nT) &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t-nT}{t_{med}}\right) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,491195} \ln \frac{300000-(1*184521)}{240014}\right) = 0,931815
 \end{aligned}$$

Dengan demikian tingkat keandalan pada 300000 menit sebelum dilakukan penggantian pencegahan sebesar 0,3248536 dan setelah dilakukan penggantian pencegahan naik menjadi 0,9318153.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan *reliability* sesudah dan sebelum dilakukan perawatan

Sumber : Pengolahan data

4.3.15. Perhitungan availability

Perhitungan *availability* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan mesin setelah dilakukan perawatan yang bersifat *preventive*. Interval kegiatan penggantian pencegahan dan interval pemeriksaan tidak saling mempengaruhi terhadap tingkat ketersediaan suatu komponen. Kedua kejadian tersebut dapat dikatakan sebagai kejadian saling bebas, maka untuk dapat mengetahui peluang dua kejadian yang saling bebas adalah dengan mengalikan nilai *availability* dua kejadian tersebut. Langkah-langkah dalam perhitungan *availability* sebagai berikut:

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan:

$$\begin{aligned}
 D(n) &= \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i} \\
 &= \frac{0,152174}{199 \cdot 0,7418} + \frac{1}{720} \\
 &= 0,001955964 \\
 A(n) &= 1 - D(n) \\
 &= 1 - 0,002068 \\
 &= 0,998044036
 \end{aligned}$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan:

$$\begin{aligned}
 A(tp) &= 1 - [\min D(tp)] \\
 &= 1 - 0,002013844 = 0,997986
 \end{aligned}$$

3. *Avaibility* total:

$$\text{Availability} = A(n) * A(tp)$$

$$= 0,998044036 * 0,997986$$
$$= 0,996034131$$

