

USULAN PERENCANAAN PERAWATAN PREVENTIF BERBASIS KEANDALAN UNTUK ALAT *AUTOMATIC TANK GAUGING* (ATG)

Bahrain Abdullah

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon
e-mail : bahrainmovic19@gmail.com

N. E. Maitimu

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon

J. M. Tupan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon

ABSTRAK

Pada penelitian ini, akan dicari solusi untuk perencanaan penjadwalan perawatan ATG dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) yang merupakan landasan dasar untuk mengembangkan perawatan pencegahan (preventive maintenance) yang terjadwal (Ben. Daya, 2000 dalam Asisco, 2012). Dari hasil pengolahan data, dapat diketahui bahwa untuk ATG pada tanki 1 harus dilakukan perawatan dengan selang waktu 145 jam, 70 jam untuk ATG pada tanki 2 dan 71 jam untuk ATG pada tanki 10 dengan nilai batas keandalan minimum adalah sebesar 70%. Untuk kegiatan perawatan berdasarkan time direction maka akan dilakukan berdasarkan periode waktu keandalan dengan jenis tindakan yang dilakukan berupa memeriksa dan membersihkan displacer, memeriksa dan membersihkan stilling well. Sedangkan untuk kategori conditional directed, maka jenis tindakan yang dilakukan berupa jenis tindakan perbaikan atau penggantian wire drum dan measuring wire.

Kata Kunci: Automatic Tank Gauging (ATG), Preventive Maintenance, Reliability, Reliability Centered Maintenance (RCM)

ABSTRACT

In this study, a solution will be found for planning maintenance scheduling ATG that used the method of Reliability Centered Maintenance (RCM), which is the basic foundation to develop preventive maintenance scheduled (Ben. Power, 2000 in Asisco, 2012). In the data processing, it can be known that for ATG in tank 1 should be treated in an interval of 145 hours, 70 hours to ATG in the tank 2 and 71 hours for ATG in the tank 10 with a minimum reliability limit value in 70%. For maintenance activities that based on the time direction, it will be done based on the time period of the reliability with the type of action taken in the form of checking and cleaning the displacer, inspecting and cleaning the stilling well. Whereas for the category of conditional directed, the type of action taken is reparation or replacement action type wire drum and the measuring wire.

Keywords: Automatic Tank Gauging (ATG), Preventive Maintenance, Reliability, Reliability Centered Maintenance (RCM)

I. PENDAHULUAN

Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin dalam melaksanakan tugasnya. Untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar mesin dapat selalu digunakan, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik.

PT. Pertamina TBBM Wayame merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penimbunan dan distribusi, maka perlu dilakukan pengawasan terhadap tangki timbun. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran level ketinggian minyak di tangki timbun pada PT. Pertamina TBBM Wayame adalah Automatic Tank Gauging (ATG) dengan toleransi pengukuran ketinggian level maksimum adalah ± 3 mm (TOKYO KEISO CO.,LTD, 2013 dalam Ramanda, 2013). Namun kenyataannya alat tersebut tidak berfungsi secara optimal, karena sering sekali terdapat perbedaan nilai ukur ATG dengan Manual Dipping.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka PT. Pertamina TBBM Wayame perlu melakukan perencanaan penjadwalan perawatan ATG dengan baik agar dapat menentukan berapa periodekah sebaiknya dilakukan perawatan untuk ATG, karena sebagian komponen ATG masi merupakan komponen lama.

II. LANDASAN TEORI

Pengertian Perawatan

Kata pemeliharaan diambil dari bahasa Yunani *terein* artinya merawat, menjaga, dan memelihara. Pemeliharaan adalah suatu kobinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992 dalam Sodikin, 2011)

Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive Maintenance adalah salah satu komponen penting dalam aktivitas perawatan (*maintenance*). *Preventive maintenance* adalah aktivitas perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sebuah sistem atau komponen, dimana sebelumnya sudah dilakukan perencanaan dengan pengawasan yang sistematis, deteksi, dan koreksi, agar sistem atau komponen tersebut dapat mempertahankan kapabilitas fungsionalnya. Beberapa tujuan dari *preventive maintenance* adalah mendeteksi lebih awal terjadinya kegagalan/kerusakan, meminimalisasi terjadinya kegagalan dan meminimalkan kegagalan produk yang disebabkan oleh kerusakan sistem. (Siswanto, 2010).

Keandalan (*Reliability*)

Keandalan adalah probabilitas bahwa suatu komponen/sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi. (Ebeling, 1997 dalam Nurfaizah, 2014).

Pola Distribusi Data

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel *random*. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan maka perlu diketahui distribusi kerusakan peralatan tersebut. Ada empat macam pola data yang dapat terbentuk, antara lain distribusi weibull, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi eksponensial (Fithri, 2010).

Distribusi weibull dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi weibull merupakan jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk waktu kerusakan, dikarenakan distribusi ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah θ yang disebut dengan *scale parameter* (parameter skala) dan β yang disebut dengan *shape parameter* (Fithri, 2010).

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad (1)$$

Fungsi distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad (2)$$

Fungsi keandalan

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad (3)$$

Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (5)$$

MTTR (*Mean Time To Failure*)

$$MTTR = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (6)$$

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu s yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan t_{med} sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini memiliki berbagai macam bentuk sehingga sering dijumpai

data yang sesuai dengan distribusi weibull, juga sesuai dengan data dalam distribusi lognormal (Fithri, 2010).

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad (7)$$

Fungsi keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (8)$$

Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (9)$$

MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (10)$$

MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (11)$$

Distribusi eksponensial secara luas digunakan untuk menghitung keandalan dari distribusi kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu. Parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah λ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial (Fithri, 2010):

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (12)$$

Fungsi distribusi kumulatif

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (13)$$

Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (14)$$

Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \lambda \quad (15)$$

MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (16)$$

MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (17)$$

Distribusi normal digunakan untuk memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi). Karena distribusi ini mempunyai hubungan dengan distribusi lognormal, maka distribusi ini juga dapat digunakan untuk menganalisa probabilitas lognormal. Fungsi-fungsi dari distribusi normal adalah (Fithri, 2010):

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad (18)$$

Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (19)$$

Fungsi keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (20)$$

MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = \mu \quad (21)$$

MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (11)$$

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability centered maintenance sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. (Moubray, 1997 dalam Asisco, 2012).

Langkah-langkah penerapan RCM adalah:

1. Seleksi sistem dan pengumpulan informasi
2. Defenisi batasan sistem
3. Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi
4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi
5. *Failure mode and effect analysis* (FMEA)
6. *Logic tree analysis* (LTA)
7. Pemelihan kegiatan

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Bagian utama dalam FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect* (*severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut: $RPN = severity * occurrence * detection$ (22)

Logic Tree Analysis (LTA)

Pada bagian kolom LTA mengandung informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, nomor dan mode kerusakan, analisis kekritisan dan keterangan tambahan yang dibutuhkan. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
4. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:

- Kategori A (*safety problem*)
- Kategori B (*outge problem*)
- Kategori C (*economic problem*)
- Kategori D (*hidden failure*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Metode RCM.
2. Perhitungan *reliability*
3. Analisa interval waktu perawatan
4. Analisa RCM

Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi
2. Perumusan masalah
3. Pengumpulan data
1. Pengolahan data
2. Penutup

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Pengamatan dilakukan pada ATG (tangki 1, tangki 2 dan tangki 3). Berikut ini menunjukkan interval kerusakan ATG dari periode April 2016 sampai dengan Juni 2016.

Interval Kerusakan ATG

Interval Kerusakan ATG (Jam)		
Tanki No 1	Tanki No 2	Tanki No 10
558.57	444	167.52
789.12	64.52	47.30
23.29	360.26	49.43
25.29	47.59	676.55
71.15	137.16	161.56
	30.40	26.20
	333.48	552.57
	97.17	
	48.59	

Sumber: *Spv. Planning & Maintenance Service*, 2016

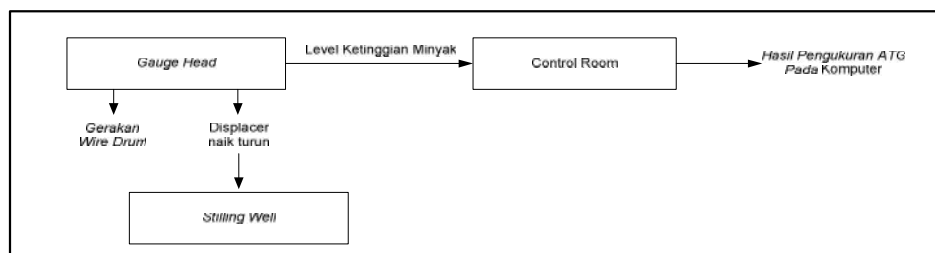
Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang didapatkan akan dilanjutkan proses analisis untuk dapat menentukan kebijakan perawatan pada objek terpilih menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Dalam proses analisis menggunakan RCM, terdapat langkah-langkah yang telah ditetapkan. Langkah-langkah tersebut adalah :

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
2. Definisikan batasan sistem
3. Penjelasan sistem dan blok diagram fungsi
4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi
5. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)
6. LTA (*Logic Tree Analysis*)
7. Pemeliharaan tugas/kegiatan perawatan



Blok Diagram Fungsi
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari deskripsi sistem dan blok diagram fungsi dapat dikembangkan uraian fungsi dan kemungkinan kegagalan fungsi dari setiap subsistem ATG.

Fungsi dan Kegagalan Fungsi

No. Fungsi	No. Kerusakan Fungsi	Uraian Fungsi/Kegagalan Fungsi
1.1		Sumber utama penggerak <i>wire drum</i>
	1.1.1	Panjang <i>measuring wire</i> tidak sesuai dengan ketinggian cairan di dalam tanki
	1.1.2	Nilai ukur level ketinggian minyak yang salah
1.2		Tempat naik turun <i>displacer</i>
	1.2.1	Tabung <i>stilling well</i> tidak stabil
	1.2.2	<i>Displacer</i> menyentuh permukaan <i>stilling well</i>

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Major Subsystem	No	Parts	Failur Mode	O C C	Failur Cause	D E T	Failure Effect	S E V	RPN
Gauge Head	1	Wire Drum	Putaran tidak stabil	1	Kotoran menumpuk	3	Akurasi yang buruk dari pengukuran	4	12
	2	Measuring Wire	Kawat kendur	2	Kotor	2	Posisi <i>displacer</i> tidak tepat	4	16
	3	Displacer	Ring Connection kendur	4	Pemasangan yang tidak tepat Kotor Benturan dengan permukaan <i>stilling well</i>	3	Hasil pengukuran level ketinggian minyak tidak akurat	7	84
Stilling Well	1	Stilling well	Tabung <i>stilling well</i> tidak stabil	5	Pemasangan yang tidak tepat Tekanan suhu berubah-ubah	4	<i>Displacer</i> menyentuh permukaan tabung <i>stilling well</i>	4	80

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Nilai RPN merupakan hasil perkalian antara nilai *rating severity*, *ouccurrence* dan *detection*. Berdasarkan hasil perhitungan RPN diatas, tingkat RPN tertinggi adalah pada komponen *displacer* dan *stilling well*. Perhitungan nilai RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = severity * occurrence * detection \tag{22}$$

Contoh perhitungan RPN : 1 x 3 x 4 = 12

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap berisiko tinggi, sebagai penunjuk kea rah tindakan perbaikan.

Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA)

Major Subsystem	No	Parts	Failur Mode	Failur Cause	Critically Analysis			
					Evident	Safety	Outage	Category
Gauge Head	1	Wire Drum	Putaran tidak stabil	Kotoran menumpuk	Y	N	N	D
	2	Measuring Wire	Kawat kendur	Kotor	Y	N	N	D
	3	Displacer	Ring Connection kendur	Pemasangan yang tidak tepat	Y	N	N	D
				Kotor	Y	N	N	D
				Benturan dengan permukaan <i>stilling well</i>	N	N	N	D
Stilling Well	1	Stilling well Support	Tabung <i>stilling well</i> tidak stabil	Pemasangan yang tidak tepat	N	N	N	D
				Tekanan suhu berubah-ubah	Y	N	N	D

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Keterangan

1. Kolom *Evident* diberikan *Yes* (Y) jika operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem dan sebaliknya.
2. Kolom *Safety* diberikan nilai *Yes* (Y) jika kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan.
3. Kolom *Outage* diberikan nilai *Yes* (Y) jika kerusakan ini mengakibatkan mesin berhenti.
4. Kolom *Categori* dibagi menjadi empat yaitu A (*Safety*), B (*Outage*), C (*Economic*), D (*Hidden Failure*).

Pemeliharaan Tugas/Tindakan Perawatan

Pemilihan tindakan Pencegahan berdasarkan hasil analisis FMEA dan LTA

Condition directed (CD)	Time directed (TD)
Wire drum	displacer
Measuring wire	Stilling well

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Reliability

Keandalan adalah probabilitas bahwa suatu komponen/sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi. (Ebeling, 1997 dalam Nurfaizah, 2014).

Perhitungan Index Of Fit (r) Dan Pendugaan Parameter Distribusi Data Waktu Time To Failure (TTF) ATG Pada Tanki 1

Perhitungan *Index of fit* (r) dilakukan untuk mengetahui jenis distribusi yang dipakai dari data *time to failure*. Dari distribusi yang dipakai, dapat diketahui rumus mana yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF).

Contoh perhitungan untuk distribusi weibull:

$$x_i = \ln(t_i) \tag{23}$$

$$x_1 = \ln(t_1) = \ln(23.29) = 3.148$$

$$F(t_i) = (i - 0.3)/(n + 0.4) \tag{24}$$

$$F(t_1) = (1 - 0.3)/(5 + 0.4) = 0.130$$

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right) \quad y_1 = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-0.130}\right)\right) = -1.974 \tag{25}$$

Nilai *index of fit*:

$$r_{weibull} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}} \tag{26}$$

$$r_{weibull} = \frac{5(-5239) - (23.640)(-2.454)}{\sqrt{(5(123.046) - (23.640)^2)(5(5.510) - (-2.454)^2)}} = \frac{-26.196 - (-58.022)}{\sqrt{(615.228 - 558.827)(27.552 - 6.024)}}$$

$$= \frac{31.826}{\sqrt{1214.172}} = \frac{31.826}{34.845} = 0.913$$

Nilai *Index of Fit* (r) ATG pada Tanki 1

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0.913
Normal	0.905
Lognormal	0.938
Eksponensial	0.954

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan hasil ringkasan di atas, terlihat bahwa nilai *index of fit* (r) yang terbesar adalah dengan menggunakan distribusi eksponensial, maka parameter yang digunakan adalah λ .

Rumus parameter dengan distribusi eksponensial adalah sebagai berikut:

$$\lambda = b, \quad \text{dimana: } b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} = \frac{2319.922}{940955.150} = 0.0025 \quad (27)$$

Uji Kesesuaian (*Good Of Fit*) Distribusi Data Waktu *Time To Failure* (TTF) ATG pada Tanki 1

Karena nilai *index of fit* yang terbesar terdapat pada distribusi eksponensial, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Barlett's Test*. Selang kepercayaan adalah 95% sehingga $\alpha = 0.05$.

Adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- (H₀) = Data waktu TTF ATG pada tanki 1 berdistribusi eksponensial
- (H₁) = Data waktu TTF ATG pada tanki 1 tidak berdistribusi eksponensial

Tabel 4.15. Uji Kesesuaian Data TTF Distribusi Eksponensial ATG pada Tanki 1

i	t _i	ln t _i
1	23.29	3.148
2	25.29	3.230
3	71.15	4.265
4	558.57	6.325
5	789.12	6.671
Total	1467.420	23.640

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

Contoh perhitungannya:

$$b = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (27)$$

$$b = \frac{2 * 5 \left(\left(\ln \left(\frac{1}{5} \right) \right) * 1467.420 \right) - \left(\left(\frac{1}{5} \right) * 23.640 \right)}{1 + \frac{(5+1)}{6 * 5}} = \frac{20(5.682) - (4.728)}{1 + \frac{6}{30}} = 7.949$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa:

$$X_{\frac{1-\alpha}{2}, r-1}^2 < b < X_{\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 \quad X_{1-0.05, 5-1}^2 < 7.949 < X_{\frac{0.05}{2}, 5-1}^2$$

$$3.519 < 7.949 < 11.143 \rightarrow \text{maka } H_0 \text{ diterima, data berdistribusi eksponensial.}$$

Perhitungan Nilai *Mean to Failure* (MTTF)

Distribusi yang terbentuk adalah distribusi eksponensial, parameter yang digunakan adalah λ

$\lambda = b$,

Rumus yang digunakan yaitu: $MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0025} = 405.598 \quad (16)$

Perhitungan *Index Of Fit* (r) Dan Pendugaan Parameter Distribusi Data Waktu *Time To Failure* (TTF) ATG Pada Tanki 2

Contoh perhitungan distribusi weibull:

$$x_i = \ln (t_i) \quad (23)$$

$$x_1 = \ln (t_1) = \ln (30.4) = 3.414$$

$$F(t_i) = (i - 0.3)/(n + 0.4) \quad (24)$$

$$F(t_1) = (1 - 0.3)(9 + 0.4) = 0.074$$

$$y_i = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right) \quad y_1 = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1-0.074} \right) \right) = -2.559 \tag{25}$$

Nilai *index of fit*:

$$r_{\text{weibull}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}} \tag{26}$$

$$r_{\text{weibull}} = \frac{9(-13.816) - (42.617)(-4.671)}{\sqrt{(9(209.750) - (42.617)^2)(9(12.186) - (-4.671)^2)}} = \frac{-124.344 - (-199.061)}{\sqrt{(1887.747 - 1816.234)(109.677 - 21.817)}}$$

$$= \frac{74.717}{\sqrt{6283.030}} = \frac{74.717}{79.266} = 0.943$$

Nilai *Index of Fit* (r) ATG pada Tanki 2

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0.943
Normal	0.914
Lognormal	0.966
Ekspensial	0.957

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Uji Kesesuaian (*Good Of Fit Test*) Distribusi Data waktu *Time To Failure* (TTF) ATG Pada Tanki 2.

Karena nilai *index of fit* yang terbesar terdapat pada distribusi lognormal, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Selang kepercayaan adalah 95% sehingga $\alpha \approx 0.05$.

Adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- (H₀) = Data waktu TTF ATG pada tanki 2 berdistribusi lognormal
- (H₁) = Data waktu TTF ATG pada tanki 2 tidak berdistribusi lognormal
- $\alpha = 0.05$

Uji statistiknya adalah : $D_n = \max \{D_1, D_2\}$

Dimana :

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\Phi \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right] \tag{28}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right) \right] \tag{29}$$

Untuk distribusi lognormal $\rightarrow \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n}$ dan $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{x})^2}{n-1}$ (30 dan 31)

Uji Kesesuaian Data TTF Distribusi Lognormal ATG pada Tanki 2

i	t	$\bar{X}_i = \ln t_i$	$\ln t_i - \mu$	$(\ln t_i - \mu)^2$	$(\ln t_i - \mu)/s$	$(i-1)/n$	i/n	C	D1	D2
1	30.4	3.41	-1.33	1.76	-1.41	0.00	0.11	0.076	0.076	0.035
2	47.59	3.86	-0.88	0.77	-0.93	0.11	0.22	0.176	0.065	0.046
3	48.59	3.88	-0.86	0.73	-0.91	0.22	0.33	0.180	-0.042	0.153
4	64.52	4.17	-0.57	0.33	-0.61	0.33	0.44	0.270	-0.063	0.174
5	97.17	4.58	-0.16	0.03	-0.17	0.44	0.56	0.430	-0.014	0.126
6	137.16	4.92	0.18	0.03	0.19	0.56	0.67	0.575	0.019	0.092
7	333.48	5.81	1.07	1.14	1.14	0.67	0.78	0.870	0.203	-0.092
8	360.26	5.89	1.15	1.32	1.22	0.78	0.89	0.888	0.110	0.001
9	444	6.10	1.36	1.84	1.44	0.89	1.00	0.925	0.036	0.075
Σ	1563.170	42.617	-0.043	7.946	-0.045	4.000	5.000	4.390	0.390	0.610

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

Contoh perhitungannya:

$$\mu = \bar{t} \tag{32}$$

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n} = \frac{42.617}{9} = 4.74 \tag{33}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n}} = \sqrt{\frac{7.946}{9}} = 0.94 \tag{34}$$

$$\text{Cumulative Probability} = \Phi \left(\frac{\ln t_1 \bar{t}}{s} \right) = \Phi (-1.41) = 0.076 \tag{35}$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\Phi \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right] = 0.076 - 0.00 = 0.076 \tag{28}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right) \right] = 0.11 - 0.076 = 0.035 \tag{29}$$

Jadi, nilai *kolmogorov smirnov test static* = 0.203 (pilih yang terbesar)

$D_{0,05,9} = 0.271$ (diperoleh dari tabel nilai kritis untuk uji normalitas *kolmogrov smirnov* pada lampiran)

$D_{hitung} < D_{tabel} = 0.203 < 0.271$, tolak H_1 dan terima H_0

Kesimpulannya data waktu TTF pada tanki 2 berdistribusi lognormal

Perhitungan Nilai Mean Time to Failure ATG pada Tanki 2

Setelah melakukan uji kesesuaian distribusi data melalui *goodness of fit test*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan MTTF berdasarkan rumus dari distribusi sesuai dengan parameter yang telah ada. Distribusi yang terbentuk adalah lognormal, maka parameter yang digunakan adalah μ dan σ , dimana nilai $\mu = t_{med}$ dan $\sigma = s$

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 114.434 \times e^{\frac{0.94^2}{2}} = 178.003$$

Perhitungan Index Of Fit (r) Dan Pendugaan Parameter Distribusi Data Waktu Time To Failure (TTF) ATG Pada Tanki 10

Contoh perhitungan distribusi weibull:

$$x_i = \ln(t_i) \tag{23}$$

$$x_1 = \ln(t_1) = \ln(26.2) = 3.266$$

$$F(t_i) = (i - 0.3)/(r + 0.4) \tag{24}$$

$$F(t_1) = (1 - 0.3)/(7 + 0.4) = 0.095$$

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right) \quad y_1 = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-0.095}\right)\right) = -2.309 \tag{25}$$

Nilai *index of fit*:

$$r_{weibull} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2\right)\left(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2\right)}} \tag{26}$$

$$r_{weibull} = \frac{7(-9.596) - (34.060)(-3.556)}{\sqrt{(7(157.179) - (34.060)^2)(7(8.778) - (-3.556)^2)}} = \frac{-67.169 - (-121.136)}{\sqrt{(1226.254 - 1160.110)(61.447 - 12.649)}}$$

$$= \frac{53.967}{\sqrt{3227.704}} = \frac{53.967}{56.813} = 0.950$$

Nilai *Index of Fit* (r) ATG pada Tanki 10

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0.950
Normal	0.897
Lognormal	0.969
Eksponential	0.959

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Uji Kesesuaian (*Good Of Fit Test*) Distribusi Data Waktu Time to Failure (TTF) ATG pada Tanki 10.

Uji Kesesuaian Distribusi Lognormal Data Waktu TTF ATG pada Tanki 10

i	t_i	$X_i = \ln t_i$	$\ln t_i - \mu$	$(\ln t_i - \mu)^2$	$(\ln t_i - \mu)/s$	$(i-1)/n$	i/n	C	D1	D2
1	26.2	3.27	-1.60	2.57	-1.38	0.00	0.14	0.080	0.080	0.063
2	47.3	3.86	-1.01	1.03	-0.87	0.14	0.29	0.190	0.047	0.096
3	49.43	3.90	-0.97	0.94	-0.84	0.29	0.43	0.200	-0.086	0.229
4	161.56	5.08	0.21	0.05	0.19	0.43	0.57	0.570	0.141	0.001
5	167.52	5.12	0.25	0.06	0.22	0.57	0.71	0.580	0.009	0.134
6	552.57	6.31	1.44	2.09	1.25	0.71	0.86	0.890	0.176	-0.033
7	676.55	6.52	1.65	2.71	1.42	0.86	1.00	0.920	0.063	0.080
Σ	1681.130	34.060	-0.030	9.449	-0.026	3.000	4.000	3.430	0.430	0.570

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

Contoh perhitungannya:

$$\mu = \bar{t} \tag{32}$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n J_r \cdot t_i}{n} = \frac{34.060}{7} = 4.87 \tag{33}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n}} = \sqrt{\frac{9.449}{7}} = 1.16 \tag{34}$$

$$\text{Cumulative probability} = \Phi\left(\frac{\ln t_i \bar{t}}{s}\right) = \Phi(-0.38) = 0.080 \quad (35)$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s}\right) - \frac{i-1}{n} \right] = 0.080 - 0.00 = 0.080 \quad (28)$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s}\right) \right] = 0.14 - 0.08 = 0.063 \quad (29)$$

Jadi, nilai *kolmogorov smirnov test static* = 0.229 (pilih yang terbesar)

$D_{0.05, 7} = 0.300$ (diperoleh dari tabel nilai kritis untuk uji normalitas *kolmogorov smirnov* pada lampiran)

$D_{hitung} < D_{tabel} = 0.229 < 0.300$, tolak H_1 dan terima H_0 , data berdistribusi lognormal.

Perhitungan Nilai Mean Time To Failure ATG pada Tanki 10

$$\text{MTTF} = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 130.321 \times e^{\frac{1.16^2}{2}} = 255.923$$

Perhitungan Reliability

Nilai Batas Keandalan Minimum

No. Tanki	MTTF (Jam)	Keandalan 70% (Jam)	Distribusi
Tanki 1	405.598	145	Eksponensial
Tanki 2	178.003	70	Lognormal
Tanki 10	255.923	71	Lognormal

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan maka diketahui pola distribusi kerusakan dari ATG pada tangki 1 berdistribusi eksponensial, sedangkan untuk ATG pada tangki 2 dan 10 berdistribusi lognormal,
2. *Reliability* yang terjadi sekarang ditingkatkan hingga batas keandalan minimum yaitu 70%. Nilai MTTF ATG pada tangki 1 berada pada umur 405.598 jam, sehingga tindakan preventif harus dilakukan setiap selang waktu 145 jam. Sedangkan ATG pada tangki 2, MTTF kerusakannya berada pada umur 178.003 jam, sehingga tindakan preventif harus dilakukan setiap selang waktu 70 jam. Demikian juga dengan ATG pada tangki 10 yang mempunyai nilai MTTF adalah 255.923 jam, sehingga tindakan preventif harus dilakukan setiap selang waktu 71 jam.
3. Untuk kegiatan perawatan berdasarkan *time direction* maka akan dilakukan berdasarkan periode waktu keandalan dengan jenis tindakan berupa memeriksa dan membersihkan *displacer*, memeriksa dan membersihkan *stilling well*. Sedangkan untuk kategori *conditional directed*, maka jenis tindakan yang dilakukan berupa perbaikan atau penggantian *wire drum* dan *measuring wire*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asisco Hendro, Kifayah Amar & Yandra Rahadia P. (2012). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Di Pt. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim. *Jurnal Kaunia*, Vol. VIII, No. 2, 78-98.
- Fithri Prima (2010). Optimasi *Preventif Maintenance* dan Penjadwalan Penggantian Komponen Mesi Kompresor dengan Menggunakan *Mixed Integer Non Linier Programming* dari Kamran. *Tesis Universitas Indonesia*.
- Herawati (2010). Analisis Penyebab Kecelakaan Produk Celana Jeans dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failur Mode and Effect Analysis* (FMEA) di CV Fragile Din Co.
- Khoirunnisa Neneng R., Kusimaningrum & Fifi Herni M. (2015). Penjadwalan Perawatan Pencegahan Kopling dan Rem pada Mobil Pancar di Dinas Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Kota Bandung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. III, No. 1, 2338-5081.
- Mustika Febby A. (2014). Analisa Keterlambatan Proyek Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Program Studi Teknik Industri Tahap Ii Universitas Brawijaya Malang).
- Nurfaizah Ulfi, Hari Adianto. & Hendro Prasetyo (2014). Rancangan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) di bagian Press Ii Pt. Xyz. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. I, No. 1, 2338-5081.
- Ramanda R. (2013). Perencanaan *Preventif Maintenance* pada Alat *Automatic Tank Gauging* (ATG) dengan menggunakan Metode *Total Productive Maintenance* (TPM).

- Siswanto Yansen. (2010). Perancangan *Preventif Maintenance* Berdasarkan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada PT. Sinar Sosro. *Tugas Sarjana Universitas Sumatera Utara*.
- Sodikin Imam (2011). Penentuan Kombinasi Waktu Perawatan Preventif dan Jumlah Persediaan Komponen Guna Meningkatkan Peluang Sukses Mesin dalam Memenuhi Target Produksi. *Jurnal Teknologi, Vol. IV, No. 2*, 120-127.
- Sutopo Wahyudi, Ari Nugroho, & Yuniaristanto (2008). Usulan Jadwal Perawatan Preventif Mesin HGF di Stasiun Puteran Pabrik Gula. *Jurnal Performa Universitas Sebelas Maret, Vol. 7, No. 1*, 19-30
- Wikipedia Ensiklopedia Bebas (2014). *Coba dan Salah*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Coba-dan-salah>. 10 Oktober 2016.
- Zulaihah Lilik & Nur Fajria (2009). Program Perencanaan Kebijakan Penjadwalan *Preventive Maintenance* Unit Mesin Las. *Jurnal Bina Teknik, Vol. V, No. 2*, 57-78

