



Lhokseumawe
13-14 Oktober 2019

PROSIDING

Volume 4, Nomor 1, 2019
ISSN : 2338 7122



universitas
MALIKUSSALEH

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNIK INDUSTRI
2019**

Tema :
**Strategi Transformasi Digital
dalam Pembangunan Industri 4.0**

Editor :
Cut Ita Erliana, ST, MT, IPM
Syarifuddin, ST, MT
Defi Irwansyah, ST, M.Eng

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE, ACEH**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI (SNTI) 2019

Tema :
**Strategi Transformasi Digital
dalam Pembangunan Industri 4.0**

Copyright ©2019 Department of Industrial Engineering,
Faculty of Engineering, Universitas Malikussaleh, All rights reserved.
Dilarang keras mengutip, mengcopy, sebagian maupun keseluruhan dari isi buku ini
tanpa sepengetahuan dan mendapat izin dari penerbit.

Editor :
Cut Ita Erliana, ST, MT, IPM
Syarifuddin, ST, MT
Defi Irwansyah, ST, M.Eng

Volume 4, Nomor 1, Tahun 2019
ISSN : 2338-7122

Dicetak Oktober 2019

Penerbit
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Malikussaleh
Lhokseumawe
Email : snti@unimal.ac.id
Laman : <http://snti2019.industri.unimal.ac.id>

SUSUNAN PANITIA

Pengarah	: Dr. Muhammad, ST, M.Sc Dr. Ars. Rinaldi Mirsa, ST, MT Reza Putra, ST, M.Eng Muhammad, ST, M.Eng
Penanggungjawab	: Bakhtiar, ST, MT Syukriah, ST, M.Sc Eng
Ketua Panitia	: Syarifuddin, ST, MT
Wakil Ketua	: Ir. Muhammad, MT
Sekretaris	: Cut Ita Erliana, ST, MT, IPM
Wakil Sekretaris	: Fatimah, ST, MT
Kesekretariatan	: Khairul Anshar, ST, MT Subhan, ST, M.Sc
Protokoler	: Dr. M. Sayuti, ST, M.Sc. Eng Ir. Amri, MT Dr. Trisna, ST, M.Eng
Konsumsi	: Sri Mutia, ST, MT
Publikasi & Dokumentasi	: Defi Irwansyah, ST, M.Eng Julya Ade Jhora, ST, MT
Tempat & Perlengkapan	: Mukhlis, ST, MT Jufriadi, S.Sos Maryuhaini, ST Atini
Reviewer	: Dr. M. Sayuti, ST, M.Sc. Eng Dr. Dahlan Abdullah, ST, M.Kom, IPU, ASEAN Eng

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta selawat dan salam kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sehingga Seminar dan Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI] 2019 dengan tema "Strategi Transformasi Digital dalam Pembangunan Industri 4.0" yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh pada 14-15 Oktober 2019 dapat kami selesaikan. Seminar ini merupakan seminar yang keempat kalinya setelah yang pertama diselenggarakan pada tahun 2013 dan yang kedua pada tahun 2015 serta yang ketiga tahun 2017. Adapun informasi yang disajikan dalam Prosiding ini meliputi:

1. Sambutan Ketua Panitia
2. Sambutan Ketua Jurusan Teknik Industri
3. Sambutan Dekan Fakultas Teknik
4. Sambutan Dan Pembukaan Oleh Rektor Universitas Malikussaleh
5. Pemateri Utama
6. Artikel Bidang Ergonomi
7. Artikel Bidang Sistem Produksi
8. Artikel Bidang Perencanaan Dan Pengendalian Produksi
9. Artikel Bidang Manajemen Perawatan
10. Artikel Bidang Cad/Cam/Cae, Automasi, Kontrol Dan Simulasi
11. Artikel Bidang Kesehatan Dan Keselamatan Kerja
12. Artikel Bidang Sistem Informasi Manajemen
13. Artikel Bidang Kewirausahaan
14. Artikel Bidang Perancangan Dan Pengembangan Produk
15. Artikel Bidang Pengendalian Kualitas
16. Artikel Bidang Manajemen Sumber Daya Manusia & Produktivitas
17. Artikel Bidang Tata Letak Fasilitas
18. Artikel Bidang Analisa Biaya, Akuntansi Dan Pemasaran
19. Artikel Bidang Supply Chain

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Pemateri Utama, Bapak/Ibu Pemakalah dan Peserta yang telah menyumbangkan pemikirannya dalam acara Seminar Nasional Teknik Industri 2019 ini. Tak lupa juga terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada Sponsor dan semua pihak yang dukungan bagi terselenggaranya Seminar Nasional Teknik Industri 2019 ini dan atas tersusunnya proceedings ini. Akhir kata semoga Proceeding ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya untuk Keberlanjutan dan Peningkatan Daya Saing Industri Nasional. Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Lhokseumawe, 14-15 Oktober 2019

Tim Penyusun

ANALISIS PERAWATAN MESIN STASIUN MASAKAN DI PG. MADUKISMO

Boy Agasi Lito Kurniawan*, Masrul Indrayana dan Iva Mindhayani

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widya Mataram, Yogyakarta, Indonesia

* Email: litoagasi@gmail.com

Abstrak

Perawatan adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsi suatu sistem produksi. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya serta dengan memperhatikan kriteria dan minimasi ongkos. Tujuannya untuk memperoleh perencanaan perawatan yang lebih efisien. Objek penelitian adalah pan masakan *highgrade* dan *lowgrade* PG Madukismo. Pada penelitian ini menghitung nilai keandalan, keterawatan, ketersediaan dan biaya perawatan mesin untuk memperkirakan kerusakan mesin dan biaya perawatan mesin yang diperlukan. Dari hasil perhitungan dan analisa, diperoleh hasil keandalan pan masakan *highgrade* sebesar 32,28 %, dan pan masakan *lowgrade* sebesar 34,46 %. Keterawatan pan masakan *highgrade*, MTBM = 196,745833 jam dan waktu rata – rata pemeliharaan aktif (M) = 2,3328 Jam. Keterawatan pan masakan *lowgrade*, MTBM = 186,0784 jam dan waktu rata – rata pemeliharaan aktif (M) = 1,8354 Jam. Ketersediaan pan masakan *highgrade*, nilai *Inherent Availability* (Ai) sebesar 99,37 %; *Achieved Availability* (Aa) sebesar 98,83 %. Ketersediaan pan masakan *lowgrade*, nilai *Inherent Availability* (Ai) sebesar 99,82 %; *Achieved Availability* (Aa) sebesar 99,02 %. Perkiraan biaya perawatan pan masakan *highgrade* per bulan, yaitu sebesar Rp. 468.992 / bulan. Perkiraan biaya perawatan pan masakan *lowgrade* per bulan, yaitu sebesar Rp. Rp.895.926 / bulan.

Kata kunci: Perawatan, Keandalan, Keterawatan, Masakan.

PENDAHULUAN

PG Madukismo adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang agro industri yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yakni memproduksi gula pasir. Dalam menghasilkan produk gula PG Madukismo memiliki beberapa hambatan berupa terjadinya downtime yang diakibatkan oleh keausan komponen mesin dan usia mesin-mesin perusahaan yang sudah tua. PG Madukismo memiliki banyak mesin yang digunakan dalam proses produksinya. Dari beberapa sistem/stasiun mesin yang beroperasi, stasiun masakan mempunyai peran yang cukup besar dalam proses produksi. Pan masakan ini harus dijaga keandalannya agar tidak mengganggu proses produksi, yaitu dengan dilakukannya kegiatan perawatan.

Pan masakan dibagi menjadi 2, yaitu pan masakan highgrade dan lowgrade yang memiliki tingkat kehandalan dan laju kerusakan yang juga berbeda. Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan kebijakan perawatan yang berbeda sesuai dengan tingkat kehandalan dan laju kerusakan dari masing-masing jenis pan masakan. Kerusakan sering terjadi pada pan masakan adanya kebocoran yang mengakibatkan tekanan vacuum turun menjadi < 60 cmHg, atau dibawah standar yaitu tekanan vacuum > 60 cmHg.

Diperlukan perawatan mesin yang terjadwal dengan baik, karena dapat meningkatkan keandalan, performansi mesin dan dapat menekan biaya pemeliharaan [5]. Salah satu kendala dalam aktivitas perawatan mesin adalah menentukan waktu penjadwalan perawatan mesin secara teratur.

Metode yang bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan keandalan mesin salah satunya adalah analisis keandalan. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai keandalan dari pan masakan di area stasiun masakan, serta untuk mengetahui biaya perawatan. Sehingga bisa dilakukan perencanaan perawatan yang lebih efisien, serta menyeimbangkan eksistensi kerja dari masing-masing mesin dalam proses produksi.

LANDASAN TEORI

Untuk mengetahui kinerja perawatan suatu mesin produksi dapat dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama dengan menghitung index of fit data perawatan mesin, menghitung interval kerusakan dan selanjutnya diperoleh nilai keandalan, keterawatan dan ketersediaan mesin. Perhitungan *index of fit* dilakukan dengan metode *least square*. Perhitungan *index of fit* menggunakan distribusi *Weibull*, *Ekspensial*, *Normal*, dan *Lognormal*. Dari keempat distribusi ini akan dipilih salah satu yang memiliki nilai *index of fit* terbesar dan diuji dengan menggunakan *goodness of fit test*.

Rumus metode *Least Square Curve Fitting* dan *Index of Fit* mengikuti rumus berikut [2]:

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

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

dengan

i : data waktu ke i

n : jumlah data kerusakan

Perhitungan MTTF dan MTTR Data Kerusakan

Rumus perhitungan MTTF dan MTTR dari data yang berdistribusi *lognormal* adalah [2]:

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

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

dengan :

e : exp = 2,718282

\bar{t} : rata-rata data waktu kerusakan

s : standar deviasi

t_{med} : nilai tengah dari distribusi

Perhitungan Keandalan

Setelah diketahui nilai MTTF dan diketahui data berdistribusi *lognormal*, maka nilai keandalan sistem tersebut dapat dihitung menggunakan rumus seperti berikut [1]:

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

dengan : R : *Reliability* (keandalan)

s : nilai standar deviasi MTTF

t : nilai MTTF

t_{med} : nilai tengah dari distribusi

Φ : tabel kumulatif normal Z

Perhitungan Keterawatan

Perhitungan – perhitungan dalam *maintainability* antara lain [3]:

1. Waktu rata – rata diantara perawatan (MTBM)

Meliputi kebutuhan perawatan preventif (terjadwal) dan perawatan korektif (tidak terjadwal).

$$MTBM = \frac{\text{Total waktu kerusakan}}{\text{Banyak nya sampel data}}$$

$$F_{pt} = \frac{1 - (\lambda \times MTBM)}{MTBM}$$

Keterangan :

λ : laju kerusakan

F_{pt} : laju perawatan preventif

2. Waktu rata-rata perawatan aktif (M)

$$M = \frac{(\lambda \cdot Mct) + (f_{pt} \cdot Mpt)}{\lambda + f_{pt}}$$

$$Mct = \frac{\text{Total waktu kerusakan}}{\text{Banyaknya sampel data}}$$

$$Mpt = \frac{\text{Total waktu perawatan}}{\text{Banyaknya sampel data}}$$

Keterangan :

Mct : waktu rata – rata perawatan korektif

Mpt : waktu rata – rata perawatan preventif

Perhitungan Biaya Perawatan Mesin

Besarnya biaya untuk kerusakan dihitung dengan rumus [4] :

$$B_n = N \sum_i^n P_n + B(i - 1)P_1 + B(i - 2)P_2 + B(i - 3)P_3 + \dots$$

Keterangan :

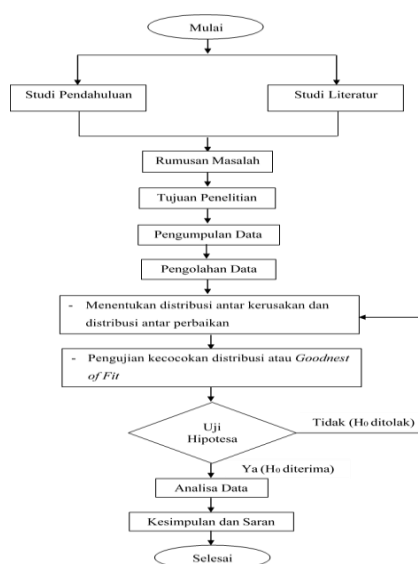
B_n : Ekspektasi jumlah kerusakan

N : Jumlah mesin

P_n : Probabilitas mesin rusak dalam periode n

METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini data primer yang digunakan, yakni data waktu kerusakan dan data waktu perbaikan mesin pada stasiun masakan selama masa giling Mei 2018 sampai September 2018. Sedangkan untuk data sekunder, yakni secara observasi dan wawancara. Tahapan penelitian ini akan digambarkan dalam sebuah diagram alir.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kerusakan Pan Masakan

Data lapangan berkaitan kerusakan pan masakan highgrade dan lowgrade disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data kerusakan pan masakan *Highgrade*

No.	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR	TTF	Keterangan
1	07/05/2018	17.15	23.40	6,42	0	<i>Corrective</i>
2	21/05/2018	06.10	11.37	5,45	318,83	<i>Preventive</i>
3	29/05/2018	08.32	13.08	4,60	188,92	<i>Corrective</i>
4	06/06/2018	07.46	14.15	6,32	234,63	<i>Preventive</i>
5	08/06/2018	16.00	21.12	5,20	49,75	<i>Preventive</i>
6	29/06/2018	14.15	17.05	2,83	161,05	<i>Preventive</i>
7	19/07/2018	06.15	10.00	3,75	493,17	<i>Preventive</i>
8	25/07/2018	11.34	14.55	3,35	145,57	<i>Preventive</i>
9	21- 22/08/2018	09.36	22.14	36,63	450,68	<i>Preventive</i>
10	25/08/2018	07.00	12.38	5,63	56,77	<i>Corrective</i>
11	29/08/2018	06.50	15.20	8,50	90,20	<i>Preventive</i>
12	30- 31/08/2018	10.15	02.20	40,08	18,92	<i>Preventive</i>
13	03/09/2018	07.48	13.31	5,72	77,47	<i>Preventive</i>
14	14/09/2018	02.00	05.25	3,42	252,48	<i>Corrective</i>
15	16- 17/09/2018	04.30	08.18	27,80	47,08	<i>Preventive</i>
16	23/09/2018	14.26	19.38	6,20	150,13	<i>Preventive</i>
Σ					2735,65	

Tabel 2. Data kerusakan pan masakan *Lowgrade*

No.	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR	TTF	Keterangan
1	12/05/2018	01.00	02.10	1,20	0	<i>Corrective</i>
2	14/05/2018	03.15	04.05	0,83	49,08	<i>Corrective</i>
3	17/05/2018	16.35	22.28	5,88	84,50	<i>Preventive</i>
4	21/05/2018	06.10	11.37	5,45	79,70	<i>Preventive</i>
5	22/05/2018	17.00	19.35	2,58	29,38	<i>Preventive</i>
6	25- 27/05/2018	23.45	04.40	28,08	76,17	<i>Preventive</i>
7	06/06/2018	07.46	14.15	6,32	243,10	<i>Preventive</i>
8	08/06/2018	16.00	21.12	5,20	49,75	<i>Preventive</i>
9	07/07/2018	18.19	23.20	7,02	357,12	<i>Preventive</i>

10	19/07/2018	06.15	10.00	3,75	270,92	Preventive
11	12/08/2018	02.20	07.35	5,25	448,33	Preventive
12	21- 22/08/2018	09.36	22.14	36,63	170,02	Preventive
13	29/08/2018	06.50	15.20	8,50	152,60	Preventive
14	05/09/2018	15.05	17.43	2,63	191,75	Corrective
15	16- 17/09/2018	04.30	08.18	27,80	250,78	Preventive
16	20/09/2018	00.25	04.45	4,33	64,12	Preventive
17	22/09/2018	23.35	02.25	2,83	67,00	Preventive
Σ					2584,32	

Perhitungan *Index Of Fit* Distribusi Data Kerusakan Pan Masakan

Perhitungan *index of fit* dilakukan dengan metode *least square*. Perhitungan *index of fit* menggunakan distribusi *Weibull*, *Eksponensial*, *Normal*, dan *Lognormal*. Dari keempat distribusi ini akan dipilih salah satu yang memiliki nilai *index of fit* terbesar dan diuji dengan menggunakan *goodness of fit test*.

Rumus metode *Least Square Curve Fitting* dan *Index of Fit* mengikuti rumus berikut [2]:

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

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

dengan

i : data waktu ke i

n : jumlah data kerusakan

Hasil perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, tabel 5 dan tabel 6 berikut:

Tabel 3. Nilai *index of fit* data TTF pan masakan *highgrade*

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	-0,38419
Eksponensial	-0,30434
Normal	-0,33760
Lognormal	1,754172

Tabel 4. Nilai *index of fit* data TTF pan masakan *lowgrade*

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0,382419
Eksponensial	0,021101
Normal	0,225817
Lognormal	3,484146

Tabel 5. Nilai *index of fit* data TTR pan masakan *highgrade*

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0,285046
Eksponensial	0,227654
Normal	0,296442
Lognormal	1,445518

Tabel 6. Nilai *index of fit* data TTR pan masakan *lowgrade*

Distribusi	Nilai <i>index of fit</i> (r)
Weibull	0,432651
Eksponensial	0,091652
Normal	0,213161
Lognormal	1,038718

Pengujian *Goodnes of Fit Test* Distribusi Data Kerusakan Pan Masakan

Berdasarkan perhitungan nilai *index of fit*, diketahui nilai (r) terbesar pada data TTF dan TTR pan masakan *highgrade* dan *lowgrade* terdapat pada distribusi *lognormal*, sehingga distribusi *lognormal* yang dipilih. Distribusi yang terpilih adalah *lognormal*, maka *goodnes of fit test* menggunakan uji *Komolgorov-Smirnov*. *Goodnes of fit test* ini dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* terbesar distribusi yang terpilih. Kemudian membandingkan Hipotesa nol (H_0) dan Hipotesa alternatif (H_1). H_0 menyatakan data mengikuti distribusi terpilih dan H_1 menyatakan data tidak mengikuti distribusi pilihan.

1. Uji *Komolgorov-Smirnov* data TTF pan masakan *highgrade* diperoleh $D_{hitung} < D_{tabel}$ ($0,1517 < 0,338$), maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak. Maka data waktu *Time To Failure* (TTF) pada pan masakan *highgrade* diyakini berdistribusi *lognormal*.
2. Uji *Komolgorov-Smirnov* data TTF pan masakan *lowgrade* diperoleh $D_{hitung} < D_{tabel}$ ($0,17 < 0,328$), maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak. Maka data waktu *Time To Failure* (TTF) pada pan masakan *lowgrade* diyakini berdistribusi *lognormal*.
3. Uji *Komolgorov-Smirnov* data TTR pan masakan *highgrade* diperoleh $D_{hitung} < D_{tabel}$ ($0,3017 < 0,328$), maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak. Maka data waktu *Time To Repair* (TTR) pada pan masakan *highgrade* diyakini berdistribusi *lognormal*.
4. Uji *Komolgorov-Smirnov* data TTR pan masakan *lowgrade* diperoleh $D_{hitung} < D_{tabel}$ ($0,166 < 0,318$), maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak. Maka data waktu *Time To Repair* (TTR) pada pan masakan *lowgrade* diyakini berdistribusi *lognormal*.

Perhitungan MTTF dan MTTR Data Kerusakan Pan Masakan

Distribusi data kerusakan pan masakan *highgrade* dan *lowgrade* berdistribusi *lognormal*. Rumus perhitungan MTTF dan MTTR dari data yang berdistribusi *lognormal* adalah [2]:

$$t_{med} = e^{\frac{s^2}{2}} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (4)$$

dengan :

e : $\exp = 2,718282$

\bar{t} : rata-rata data waktu kerusakan

s : standar deviasi

t_{med} : nilai tengah dari distribusi

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh hasil seperti pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Nilai MTTF dan MTTR Pan Masakan

No	Nama Komponen	Mean Time To Failure (Jam)	Mean Time To Repair (Jam)
1	Pan Masakan <i>Highgrade</i>	198,24	10,09
2	Pan Masakan <i>Lowgrade</i>	167,66	9,15

Perhitungan Keandalan Pan Masakan *Highgrade* dan *Lowgrade*

Setelah diketahui nilai MTTF dan diketahui data berdistribusi *lognormal*, maka nilai keandalan sistem tersebut dapat dihitung menggunakan rumus seperti berikut [1]:

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (5)$$

dengan :
 R : *Reliability* (keandalan)
 s : nilai standar deviasi MTTF
 t : nilai MTTF
 t_{med} : nilai tengah dari distribusi
 ϕ : tabel kumulatif normal Z

1) Keandalan pan masakan *highgrade*

$$R(198,2428) = 1 - \phi\left(\frac{1}{0,9217} \ln \frac{198,2428}{129,6332}\right)$$

$$= 1 - 0,6772$$

$$= 0,3228 \text{ atau } 32,28 \%$$

Dari nilai keandalan (*reliability*) tersebut dapat diketahui bahwa probabilitas dalam 100 jam pan masakan *highgrade* beroperasi, pan masakan *highgrade* akan berfungsi optimal selama 32,28 jam dan pan masakan *highgrade* akan rusak atau tidak berfungsi optimal selama 67,72 jam.

2. Keandalan pan masakan *lowgrade*

$$R(167,6644) = 1 - \phi\left(\frac{1}{0,8088} \ln \frac{167,6644}{120,8869}\right)$$

$$= 1 - 0,6554$$

$$= 0,3446 \text{ atau } 34,46 \%$$

Dari nilai keandalan (*reliability*) tersebut dapat diketahui bahwa probabilitas dalam 100 jam pan masakan *lowgrade* beroperasi, pan masakan *lowgrade* akan berfungsi optimal selama 34,46 jam dan pan masakan *lowgrade* akan rusak atau tidak berfungsi optimal selama 65,54 jam.

Perhitungan Keterawatan Pan Masakan *Highgrade* dan *Lowgrade*

Perhitungan – perhitungan dalam *maintainability* antara lain [3]:

3. Waktu rata – rata diantara perawatan (MTBM)

Meliputi kebutuhan perawatan preventif (terjadwal) dan perawatan korektif (tidak terjadwal).

$$MTBM = \frac{\text{Total waktu kerusakan}}{\text{Banyak nya sampel data}}$$

$$F_{pt} = \frac{1 - (\lambda \times MTBM)}{MTBM}$$

Keterangan :

λ : laju kerusakan

Fpt : laju perawatan preventif

4. Waktu rata- rata perawatan aktif (M)

$$M = \frac{(\lambda.Mct) + (fpt.Mpt)}{\lambda + fpt}$$

$$Mct = \frac{\text{Total waktu kerusakan}}{\text{Banyaknya sampel data}}$$

$$Mpt = \frac{\text{Total waktu perawatan}}{\text{Banyaknya sampel data}}$$

Keterangan :

Mct : waktu rata – rata perawatan korektif

Mpt : waktu rata – rata perawatan preventif

1) Keterawatan pan masakan *highgrade*

$$MTBM = \frac{\text{total waktu operasi}}{\text{frekuensi perawatan}} = \frac{3147,93 \text{ jam}}{16} = 196,7458 \text{ jam}$$

$$\lambda = \frac{\text{Total Waktu Kerusakan}}{\text{Total Waktu Operasi}} = \frac{2735,65 \text{ jam}}{3147,93 \text{ jam}} = 0,8690 \text{ kerusakan / jam}$$

$$Fpt = \frac{1 - \lambda \times (MTBM)}{MTBM} = \frac{1 - 0,8690 \times (196,74583)}{196,74583} = 0,1310 \text{ jam}$$

$$Mct = \frac{\text{total waktu kerusakan}}{\text{banyaknya sampel data}} = \frac{20,067}{16} = 1,2542 \text{ jam}$$

$$Mpt = \frac{\text{total waktu perawatan}}{\text{banyaknya sampel data}} = \frac{151,83}{16} = 9,4896 \text{ jam}$$

$$M = \frac{(\lambda Mct) + (Fpt.Mpt)}{\lambda + Fpt} = \frac{(0,8690 \times 1,254167) + (0,94539274 \times 9,4895833)}{0,8690 + 0,1310} = 2,3328 \text{ jam}$$

2) Keandalan pan masakan *lowgrade*

$$MTBM = \frac{\text{total waktu operasi}}{\text{frekuensi perawatan}} = \frac{3163,33 \text{ jam}}{17} = 186,0784 \text{ jam}$$

$$\lambda = \frac{\text{Total Waktu Kerusakan}}{\text{Total Waktu Operasi}} = \frac{2584,317 \text{ jam}}{3163,33 \text{ jam}} = 0,8170 \text{ kerusakan / jam}$$

$$Fpt = \frac{1 - \lambda \times (MTBM)}{MTBM} = \frac{1 - 0,8170 \times (186,0784)}{186,0784} = 0,1830 \text{ jam}$$

$$Mct = \frac{\text{total waktu kerusakan}}{\text{banyaknya sampel data}} = \frac{4,67}{17} = 0,2745 \text{ jam}$$

$$Mpt = \frac{\text{total waktu perawatan}}{\text{banyaknya sampel data}} = \frac{149,63}{17} = 8,8020 \text{ jam}$$

$$M = \frac{(\lambda Mct) + (Fpt.Mpt)}{\lambda + Fpt} = \frac{(0,8170 \times 0,2745) + (0,9512 \times 8,8020)}{0,8170 + 0,1830} = 1,8354 \text{ jam}$$

Berdasarkan nilai MTBM dan M, dapat diketahui bahwa setiap 196,7458 jam pengoperasian, akan dilakukan perawatan terhadap pan masakan *highgrade* dan dibutuhkan waktu selama 2,3328 jam untuk melakukan perawatan berdasarkan nilai MTBM dan M, dapat diketahui bahwa setiap 186,0784 jam pengoperasian, akan dilakukan perawatan terhadap pan masakan *lowgrade* dan dibutuhkan waktu selama 1,8354 jam untuk melakukan perawatan.

Perhitungan Ketersediaan Pan Masakan *Highgrade* dan *Lowgrade*

1) Ketersediaan pan masakan *highgrade*

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + M_{ct}} = \frac{198,2428}{198,2428 + 1,2542} = 0,9937 \text{ atau } 99,37\%$$

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} = \frac{196,7458}{196,7458 + 2,3328} = 0,9883 \text{ atau } 98,83\%$$

2) Ketersediaan pan masakan *highgrade*

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + M_{ct}} = \frac{167,6644}{167,6644 + 0,27451} = 0,9984 \text{ atau } 99,84\%$$

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} = \frac{186,0784}{186,0784 + 1,8354} = 0,9902 \text{ atau } 99,02\%$$

Nilai *Inherent Availability* (A_i) pan masakan *highgrade* = 99,37%, dan nilai *Achieved Availability* (A_a) = 98,83%. Probabilitas dalam 100 jam mesin beroperasi pada keadaan yang telah ditetapkan yaitu jika tekanan *vacuum* \geq 60 cmHg, pan masakan *highgrade* dalam keadaan siap selama 99,37 jam dan 0,63 jam mesin tidak siap. Sedangkan dalam keadaan dibawah kondisi yang telah ditetapkan yaitu jika tekanan *vacuum* $<$ 60 cmHg, probabilitas dalam 100 jam mesin beroperasi, pan masakan *highgrade* dalam keadaan siap selama 98,83 jam dan 1,17 jam mesin tidak siap.

Nilai *Inherent Availability* (A_i) pan masakan *lowgrade* = 99,82%, dan nilai *Achieved Availability* (A_a) = 99,02%. Probabilitas dalam 100 jam mesin beroperasi pada keadaan yang telah ditetapkan yaitu jika tekanan *vacuum* \geq 60 cmHg, pan masakan *highgrade* dalam keadaan siap selama 99,84 jam dan 0,16 jam mesin tidak siap. Sedangkan dalam keadaan dibawah kondisi yang telah ditetapkan yaitu jika tekanan *vacuum* $<$ 60 cmHg, probabilitas dalam 100 jam mesin beroperasi, pan masakan *highgrade* dalam keadaan siap selama 99,02 jam dan 0,98 jam mesin tidak siap.

Perhitungan Biaya Perawatan Mesin

Besarnya biaya untuk kerusakan satu pan masakan adalah Rp.420.000,00. Perkiraan jumlah kerusakan dihitung dengan rumus [4] :

$$B_n = N \sum_{i=1}^n P_n + B(i-1)P_1 + B(i-2)P_2 + B(i-3)P_3 + \dots$$

Keterangan :

B_n : Ekspektasi jumlah kerusakan

N : Jumlah mesin

P_n : Probabilitas mesin rusak dalam periode n

Setelah diketahui data kerusakan pan masakan selama masa giling Mei 2018 sampai September 2018, maka hasil perhitungan biaya perawatan pan masakan *highgrade* dan *lowgrade* seperti pada tabel :

1) Pan masakan *highgrade*

Bulan	Periode (A)	Jumlah kerusakan	Kemungkinan kerusakan	Perkiraan jumlah kerusakan (unit) (B)	Rata-rata kerusakan / bulan (unit) $C = (B/A)$	Perkiraan biaya kerusakan / bulan (Rp) $D = (C \times$ Rp.420.000)
Mei	1	3	0,1875	0,9375	0,9375	393.750
Juni	2	3	0,1875	2,0508	1,0253	430.664
Juli	3	2	0,125	3,0603	1,0201	428.442
Agustus	4	4	0,25	4,8255	1,2064	506.679
September	5	4	0,25	6,9693	1,3939	585.422
	Total	16	1			2.344.957

	Rata-rata	3,2	0,2		1,11664	468.991
--	-----------	-----	-----	--	---------	---------

2) Pan masakan *lowgrade*

Bulan	Periode (A)	Jumlah kerusakan	Kemungkinan kerusakan	Perkiraan jumlah kerusakan (unit) (B)	Rata-rata kerusakan / bulan (unit) C = (B/A)	Perkiraan biaya kerusakan / bulan (Rp) D = (C x Rp.420.000)
Mei	1	6	0,3529	2,4706	2,4706	1.037.647
Juni	2	2	0,1176	4,1661	2,0831	874.878
Juli	3	2	0,1176	5,8787	1,9596	767.164
Agustus	4	3	0,1765	8,2086	2,0521	772.770
September	5	4	0,2353	10,5023	2,1005	865.666
	Total	17	1			4.479.633
	Rata-rata	3,4	0,2		2,1332	895.926

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan kerusakan pan masakan *highgrade* dan *lowgrade* dapat diketahui bahwa pan masakan *highgrade* memiliki nilai keandalan (*reliability*) sebesar 32,28 %. Sedangkan Pan masakan *lowgrade* memiliki nilai keandalan (*reliability*) sebesar 34,46 %. Keterawatan (*maintainability*) pan masakan *highgrade* didapat hasil waktu rata – rata antar perawatan (*Mean Time Between Maintenance*) = 196,745833 jam dan waktu rata – rata pemeliharaan aktif (M) = 2,3328 Jam. Sedangkan keterawatan (*maintainability*) pan masakan *lowgrade* didapat hasil waktu rata – rata diantara perawatan (*Mean Time Between Maintenance*) = 186,0784 jam dan waktu rata – rata pemeliharaan aktif (M) = 1,8354 Jam.

Ketersediaan (*availability*) pan masakan *highgrade* didapat nilai *Inherent Availability* (Ai) sebesar 99,37 %; *Achieved Availability* (Aa) sebesar 98,83 %. Sedangkan ketersediaan (*availability*) pan masakan *lowgrade* didapat nilai *Inherent Availability* (Ai) sebesar 99,82 %; *Achieved Availability* (Aa) sebesar 99,02 %. Perkiraan biaya perawatan per bulan pan masakan *highgrade* sebesar Rp. 468.991,6 / bulan. Sedangkan perkiraan biaya perawatan per bulan pan masakan *lowgrade* sebesar Rp.895.925,5 / bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhillon, B. S. ;1997;. Reliability Engineering in System Design and Operation. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., Singapore.
- [2] Ebeling, Charles, (2010), An Introduction to Reliability and MaintabilityEngineering, McGraw-Hill, Singapore.
- [3] Gulati, R. 2009. Maintenance and Reliability Best Practices. New York: Industrial Press, Inc.
- [4] Handoko, T. Hani,1984, *Dasar–Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi pertama, BPFE , Jogjakarta.
- [5] Kiyak, E. ; 2012; The Effects of Aircraft Preventive Maintenance on Reliability. Vol. 6, hal 9-16. International Journal Of Applied Mathematics and Informatics.
- [6] Srinath, L.S (2002) Mechanical Reliability, Affiliated East, New Delhi