

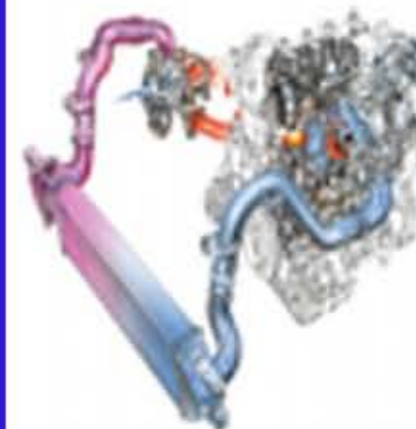
Vol. 2 No. 2 2014

ISSN 2337-6945

2014

Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology

Volume 2, Number 2
October 2014



Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology

ISSN 2337-6945

Renewable Energy Technology - Thermal Engineering - Fluids Engineering - Design,
Manufacturing, and Product Development - Kinematics, Dynamics, and Control of
Mechanical Systems - Mechatronics, Robotics and Automation - Aerodynamics -
Automotive engineering - Composites, Ceramics, and Polymers Processing -
Modeling, Simulation, and Optimization - Corrosion, Heat Treatment, Microstructure
and Materials Properties, - Metal Casting, Metal Joining Processes

ISSN 2337-6945



9 772337 694009

Published in Lhokseumawe, Aceh-Indonesia by
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Malikussaleh University
Jl. Medan - Banda Aceh, Cot Tengku Nie, Releut, 24354, Aceh Utara
Aceh - Indonesia.

Content

*Editorial Board
Content*

- M. Sayuti, Syarifuddin dan Saifannur**, Penentuan Jadwal Perawatan Bus Pada Cv. Nuri Jaya 1-6
- Abdul Rahman**, Pengujian Kekerasan Sebelum dan Setelah Quenching Terhadap Aluminium 2014 7-13
- Edy Yusuf**, Pengaruh 5% Naoh Pada Serat Pelepah Lontar (*Borassus Flabellifer*) Terhadap Kekuatan Tarik Interfacial 14-17
- Fauzan**, Membangun Mesin Perkakas CNC Virtual Sebagai Media Praktikum bagi Mahasiswa Teknik Mesin Un 18-24
- Reza Putra dan Muhammad**, Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Material Stainless Steel 422 25-28

Guide To Contributors

Penentuan Jadwal Perawatan Bus Pada Cv. Nuri Jaya

M. Sayuti, Syarifuddin dan Saifannur

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Corresponding Author: saif_aceh@yahoo.com

Abstrak – CV. Nuri Jaya adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa angkutan. Selama ini melakukan penggantian (replacement) komponen-komponen mesin bila telah terjadi kerusakan (corrective replacement). Penggantian komponen yang hanya bersifat corrective mengakibatkan adanya penghentian proses penyediaan jasa angkutan secara tiba-tiba sehingga akan menambah biaya (cost) yang harus dikeluarkan perusahaan yaitu kerugian dari kesempatan beroperasi yang hilang (opportunity cost). Permasalahan yang dihadapi, yaitu mesin mobil sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan terhentinya proses perjalanan secara tiba-tiba sehingga menimbulkan kerugian dari kesempatan beroperasi yang hilang (opportunity cost). Hal ini disebabkan oleh kebijakan penggantian komponen yang masih bersifat corrective yakni melakukan penggantian apabila terjadi kerusakan karena belum adanya basis interval penggantian komponen. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan total waktu berhenti yang diperoleh jika perusahaan menerapkan kebijakan penggantian komponen kritis secara terencana dengan model Age Replacement untuk komponen Saringan Solar, Nosel Injeksi, Air Radiator, Kampas Rem Belakang, Cabang Empat dan Kampas Rem Depan. Penentuan interval waktu penggantian optimum komponen mesin kritis dengan model age replacement dapat diterapkan karena biaya penggantian komponen yang diperlukan lebih kecil daripada sebelumnya sehingga dapat diperoleh penghematan biaya penggantian komponen. Copyright © 2014 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: Sistem Perawatan, Mean Time To Failure (MTTF)

1 Pendahuluan

Perawatan terhadap mesin yang memiliki tingkat kekritisannya yang tinggi memerlukan perlakuan khusus agar tidak berpengaruh terhadap kelancaran pada transportasi. Bentuk perlakuan khusus terhadap mesin yang mengalami tingkat kritis yang dapat meminimalisir waktu-waktu dimana mesin tidak dapat melakukan pekerjaan (downtime) karena kerusakan yang terjadi. Untuk itu perencanaan waktu perawatan terhadap komponen kritis pada mesin untuk meminimasi downtime sangat perlu dilakukan untuk menjaga performance mesin/sistem itu sendiri. Mesin yang rusak secara mendadak dapat mengganggu rencana produksi/produktivitas yang telah ditetapkan. Untuk menanggulangi hal tersebut diperlukan perencanaan perawatan mesin yang terjadwal (preventive maintenance) [1-6], untuk mengurangi kerusakan mesin mendadak (failure maintenance [4-9]. Jika mesin mengalami kerusakan mendadak karena kurang terpelihara, maka produktifitas/kinerja mesin makin

menurun. Permasalahan pada tiap-tiap mesin atau sistem tidaklah sama, untuk itu tidak semua mesin atau komponen dari mesin itu sendiri mendapat perlakuan yang sama dengan mesin lainnya [9-11]. Jasa service mobil telah menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat pengguna kendaraan bermotor khususnya mobil. Hal ini disebabkan oleh arti pentingnya perawatan kendaraan secara berkala dan teratur dengan tujuan untuk mendapatkan rasa nyaman pada saat dikendarai, menjaga keawetan dan juga menjaga nilai lebih dibanding orang lain. Para pengguna kendaraan ini dapat meminta kepada penyedia jasa service untuk mencuci, merawat mesin dan memindahkan mobil mereka.

CV. Nuri Jaya selama ini melakukan penggantian (replacement) komponen-komponen kritis mini bus bila telah terjadi kerusakan (corrective replacement). Penggantian komponen yang hanya bersifat corrective mengakibatkan adanya penghentian proses penyediaan jasa angkutan secara tiba-tiba sehingga akan menambah biaya (cost) yang harus dikeluarkan perusahaan yaitu kerugian dari kesempatan produksi

yang hilang (opportunity cost). Berdasarkan kasus diatas makan penelitian ini akan membahas tentang penentuan jadwal perawatan bus dengan studi kasus di CV. Nuri Jaya.

2 Mean Time to Failure (MTTF)

Mean time to failure adalah rata-rata atau nilai yang diharapkan dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh *probability density function*. Perhitungan MTTF untuk setiap distribusi [8-10]:

- Distribusi *eksponensial* MTTF $x = \frac{1}{\lambda}$
- Distribusi *weibull* MTTF $= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$
- Distribusi *normal* MTTF $= \mu$
- Distribusi *lognormal* MTTF $= \exp \left(u + \frac{\sigma^2}{2} \right)$

Ada beberapa jenis fungsi distribusi kerusakan yang sering digunakan untuk menganalisa masalah perawatan adalah [12-23]:

1. Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* banyak dipakai karena distribusi ini mampu memodelkan berbagai data. Teknologi modern telah memungkinkan orang merancang banyak sistem yang rumit penggunaannya, atau barangkali keamanannya, bergantung pada keandalan berbagai komponen dalam sistem tersebut. Sebagai contoh, suatu sekering mungkin putus, tiang baja mungkin melengkung, atau alat pengindra panas tidak bekerja. Komponen yang sama dalam lingkungan yang sama akan rusak dalam waktu yang berlainan yang tak dapat diramalkan. Waktu sampai rusak atau umur suatu komponen, diukur dari suatu waktu tertentu sampai rusak, dinyatakan dengan peubah acak kontinu T dengan fungsi padat peluang $f(t)$. Salah satu distribusi yang telah banyak sekali dipakai akhir-akhir ini dalam menangani masalah seperti keandalan dan uji umur ialah distribusi *Weibull*. Distribusi *weibull* juga merupakan salah satu jenis distribusi kontinu yang sering digunakan, kemampuannya untuk mendekati berbagai jenis sebaran data. Khususnya dalam bidang keandalan dan statistik. Distribusi *weibull*, peubah acak kontinu T berdistribusi *weibull*, dengan parameter α dan β , jika fungsi padatnya diberikan oleh:

$$f(t) = \alpha \beta t^{\beta-1} e^{-\alpha t^\beta} \quad (1)$$

$$t > 0, \text{ dengan } \alpha > 0 \text{ dan } \beta > 0 \quad (2)$$

Rataan dan variansi distribusi *weibull* diberikan pada teorema berikut.

$$\mu = \alpha^{-1/\beta} \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \alpha^{-2/\beta} \left\{ \Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \left[\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]^2 \right\} \quad (4)$$

2. Distribusi *Normal*

Distribusi *normal* sering disebut dengan distribusi *Gaussian* adalah salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data. *Probability density function* dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*) dan dispersi terhadap nilai rata-ratanya diukur dengan nilai standar deviasi. Dengan kata lain parameter distribusi *normal* adalah *mean* dan *standard deviation*. Distribusi peluang kontinu yang terpenting dalam seluruh bidang statistika adalah distribusi *normal*. Grafiknya disebut kurva *normal*, berbentuk lonceng, yang menunjukkan berbagai kumpulan data yang muncul di alam, industri dan penelitian. Pada tahun 1773 DeMoivre menemukan persamaan matematika kurva *normal* yang menjadi dasar banyak teori statistika induktif. Distribusi *normal* sering pula disebut distribusi *Gauss* untuk menghormati Gauss (1777-1855), yang juga menemukan persamaannya waktu meneliti alat dalam pengukuran yang berulang-ulang mengenai bahan yang sama. Suatu peubah acak X yang distribusinya berbentuk lonceng disebut peubah acak normal. Persamaan matematika distribusi peluang peubah *normal* kontinu bergantung pada dua parameter μ dan σ , yaitu rata-rata dan simpangan baku. Jadi fungsi padat X akan dinyatakan dengan $n(x; \mu, \sigma)$.

Distribusi *normal*, fungsi padat peubah acak *normal* X, dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 , ialah:

$$n(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-(1/2)[(x-\mu)/\sigma]^2} \quad (5)$$

$$\text{dengan } \mu = 3,14 \text{ dan } \sigma = 2,71 \quad (6)$$

3. Distribusi *Log Normal*

Distribusi *lognormal* merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi *lognormal* banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material.

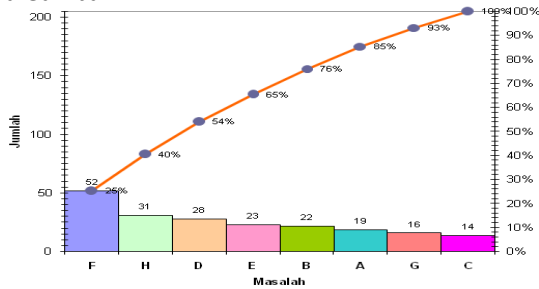
4. Distribusi *Eksponensial*

Distribusi *eksponensial*, atau distribusi negatif *eksponensial* merupakan salah satu distribusi yang paling sering muncul dalam konteks evaluasi keandalan. Pada distribusi ini, laju kegagalan adalah konstan ($\lambda = C$). *Eksponensial* adalah kasus khusus jika hanya kegagalan yang pertama saja yang diperhitungkan. Distribusi *eksponensial* hanya berlaku pada *useful life period* saja pada *bathtub curve*. Distribusi *eksponensial* banyak digunakan dalam bidang statistika, terutama sekali dalam teori keandalan dan waktu tunggu atau teori antrian. Distribusi *eksponensial*, peubah acak kontinu X berdistribusi *eksponensial*, dengan parameter β , bila fungsi padatnya diberikan oleh:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}, \quad x > 0 \quad (7)$$

$$\text{dengan } \beta > 0$$

Analisis menggunakan diagram pareto untuk memudahkan mengetahui laju kerusakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pareto

3 Metode Perhitungan

3.1 Pengolahan Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dengan cara:

1. Pemilihan komponen kritis dilakukan menggunakan metode diagram pareto. Komponen kritis yang dipilih adalah komponen yang memiliki frekuensi penggantian yang paling berpengaruh terhadap keseluruhan penggantian komponen.
2. Pemilihan pola distribusi kerusakan dan penentuan parameter distribusi setiap komponen mesin memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda-beda. Data yang ada diuji dengan menggunakan 4 pola distribusi, yaitu distribusi weibull, normal, lognormal, dan eksponensial. Metode yang digunakan adalah *least square* dalam mendapatkan nilai *index of fit*, dengan pengujian ini dapat ditentukan kecenderungan data kerusakan untuk mengikuti pola distribusi tertentu. Pola distribusi yang sesuai adalah nilai *index of fit* terbesar. Setelah mendapatkan pola distribusi yang sesuai, kemudian dihitung parameter-parameter kerusakan sesuai dengan distribusi yang terpilih dengan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) untuk memperoleh nilai MTTF (*Mean Time To Failure*).
3. Perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*) menggunakan parameter-parameter kerusakan sesuai dengan distribusi yang terpilih. Perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*) distribusi menyebabkan perbedaan cara perhitungan MTTF, karena parameter yang digunakan tidak sama.
4. Perhitungan selang waktu penggantian pencegahan. Perhitungan selang waktu penggantian pencegahan yang optimum dilakukan dengan model *Age Replacement*. Perhitungan ini dilakukan dengan cara *trial and error* pada periode waktu yang telah ditentukan, dimana nilai t_p (selang waktu) didapat sampai memberikan nilai $C(t_p)$ yang paling minimum.

3.2 Pembahasan Data

Setelah melakukan pengolahan data, langkah selanjutnya analisa kerusakan komponen kritis. Analisa akan dilakukan terhadap data-data yang telah

dikumpulkan maupun yang telah diolah guna penyelesaian masalah terhadap pemeliharaan yang dilakukan. Adapun komponen yang menjadi pembahasan adalah Saringan Solar adalah *komponen penting untuk menjaga kualitas bahan bakar selalu bersih sampai ke pompa distributor (bosch) dan injektor*. Nosel injeksi adalah pembangkit tenaga mesin, performa mesin ikut drop jika nosel rusak. Kerusakan akan merambat ke bagian lain seperti virus ganas, sehingga menyebabkan konsumsi bahan bakar ikut boros. Air radiator adalah suatu bagian atau komponen dari sistem pendinginan yang menggunakan sistem pendinginan *air*. *Kampas Rem Depan dan Belakang* adalah peranti yang sering terabaikan, padahal jika aus fungsi rem kurang optimal. Jika sampai tidak diketahui rem bisa blong dan berakibat fatal. Cabang Empat adalah sebuah mesin pembakaran dalam konfigurasi V yang 6 silindernya terpasang di bak mesin dengan 2 cabang yang masing-masing terdiri dari 3 silinder.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara langsung kepada pekerja mengenai cara kerja komponen kritis mini bus. Data lain juga diperoleh dari bagian *maintenance* perusahaan antara lain daftar komponen kritis, data kerusakan komponen kritis mobil jenis Mini Bus Jumbo. Semua data yang dikumpulkan untuk menjadi bahan referensi dalam memecahkan masalah yang sering terjadi selama ini. Permasalahan yang utama saat ini adalah mobil sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan terhentinya proses pengangkutan penumpang secara tiba-tiba sehingga menimbulkan kerugian bagi pemilik mobil dan kekecewaan para penumpang mobil tersebut. Hal ini disebabkan oleh kebijakan penggantian komponen yang masih bersifat *corrective* yakni melakukan penggantian apabila terjadi kerusakan karena belum adanya basis interval penggantian komponen.

A. Daftar Komponen Kritis Mini Bus Jumbo

Daftar beberapa komponen-komponen yang terdapat pada Mini Bus Jumbo yang terdiri dari data jumlah komponen yang sering mengalami kerusakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Daftar Komponen Kritis Mini Bus Jumbo

No	Nama Komponen
1	Saringan Solar
2	Kampas Rem Depan
3	Kampas Rem Belakang
4	Nosel Injeksi
5	Cabang Empat
6	Air Radiator
7	Tali Kipas AC
8	Claddist
9	Tali Kipas Mesin

Masih ada komponen lainnya pada mobil Mini Bus Jumbo tersebut yang tidak menjadi bagian penelitian ini, hal ini penulis lakukan untuk memudahkan dalam pemilahan antara komponen kritis dan tidak kritis.

B. Data Nama Komponen dan Harga Komponen Kritis Mini Bus

Komponen kritis mini bus yang pernah dilakukan penggantian pada periode 2011-2012 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen kritis mini bus

No	Nama Komponen	Harga/Unit (Rp)
1	Saringan Solar	Rp 51.500
2	Kampas Rem Depan	Rp 77.000
3	Kampas Rem Belakang	Rp 87.000
4	Nosel Injeksi	Rp 85.000
5	Cabang Empat	Rp 23.000
6	Air Radiator	Rp 35.000
7	Tali Kipas AC	Rp 29.000
8	Claddist	Rp 35.000
9	Tali Kipas Mesin	Rp 86.000

4.2. Pengolahan Data

Data yang telah didapat digunakan untuk menentukan komponen kritis dengan diagram pareto, memilih pola distribusi kerusakan komponen kritis, menghitung parameter distribusi kerusakan, menghitung MTTF (*mean time to failure*), menghitung *cost of failure* dan *cost of preventive*, menghitung interval waktu penggantian pencegahan.

4.3. Penentuan Komponen Kritis Mesin Mini Bus Jumbo

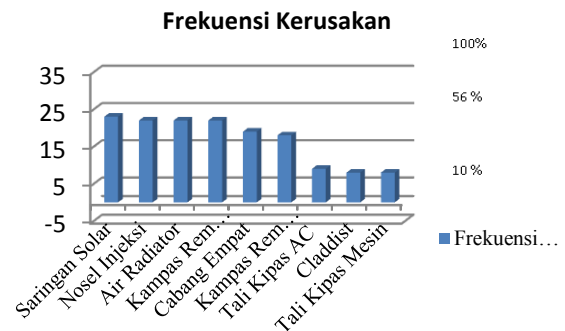
Untuk mengetahui frekuensi kerusakan dan dan jumlah kebutuhan maka perlu dilakukan penentuan komponen kritis Mini Bus Jumbo, dengan demikian diketahui total biaya untuk penggantian setiap komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa Komponen Mesin

Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Harga/Unit (Rp)	Persentase (%)
Saringan Solar	23	Rp 51.500	15.23
Nosel Injeksi	22	Rp 85.000	14.56
Air Radiator	22	Rp 35.000	14.56
Kampas Rem Belakang	22	Rp 87.000	14.56
Cabang Empat	19	Rp 23.000	12.56
Kampas Rem Depan	18	Rp 77.000	11.93
Tali Kipas AC	8	Rp 29.000	5.97
Claddist	9	Rp 35.000	5.30
Tali Kipas Mesin	8	Rp 86.000	5.30

Berdasarkan analisa diatas diatas, diperoleh bahwa terdapat enam komponen yang termasuk kedalam komponen kritis yaitu, saringan solar, nosel injeksi, air

radiator, kampas rem belakang, cabang empat dan kampas rem depan. Grafik pareto untuk analisis komponen kritis mesin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pareto Komponen Kritis

4.4. Pemilihan Pola Distribusi Kerusakan Komponen Kritis

Dengan perawatan *preventive* dapat dimungkinkan untuk mengurangi frekuensi *breakdown* dan mengurangi kerugian perusahaan akibat mesin yang rusak. Untuk pemilihan pola distribusi kerusakan dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan dari komponen. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, eksponensial. Pemilihan pola distribusi dilakukan dengan memilih *index of fit* (r) terbesar.

4.5. Perhitungan MTTF Komponen Kritis Mini Bus Jumbo

Berdasarkan pengujian hasil distribusi, interval waktu antar kerusakan pada komponen saringan solar dan nosel injeksi, air radiator, kampas rem belakang, cabang empat dan kampas rem depan. Perhitungan MTTF dilakukan untuk masing-masing komponen kritis, yaitu :

1. Perhitungan MTTF Komponen Saringan Solar Parameter distribusi Weibull untuk komponen Saringan Solar yaitu :

$$a = 62,3212 \text{ dan } \beta = 23.3842$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$MTTF = 62,3212 = \left(1 + \frac{1}{23.3842}\right) \\ = (62,3212 \times 0.29954) \\ = 26,69 \text{ hari}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis saringan solar.

2. Perhitungan MTTF Komponen Nosel Injeksi Parameter distribusi Weibull untuk komponen Nosel Injeksi yaitu :

$$a = 56.1361 \text{ dan } \beta = 26.2797$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$MTTF = 56.1361 = \left(1 + \frac{1}{22.2797}\right) \\ = (56.1361 \times 0.3805) \\ = 36,35 \text{ hari}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis Nosel Injeksi.

3. Perhitungan MTTF Komponen Air Radiator
Parameter distribusi Weibull untuk komponen Air Radiator yaitu :

$$a = 57,2445 \text{ dan } \beta = 22.5675$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\begin{aligned} MTTF &= 57,2445 = \left(1 + \frac{1}{22.5675}\right) \\ &= (57,2445 \times 0.2805) \\ &= 45,35 \text{ hari} \end{aligned}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis Air Radiator.

4. Perhitungan MTTF Komponen Kampas Rem Belakang

Parameter distribusi Weibull untuk komponen Kampas Rem Belakang yaitu :

$$a = 49,6541 \text{ dan } \beta = 30.7877$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\begin{aligned} MTTF &= 49,6541 = \left(1 + \frac{1}{30.7877}\right) \\ &= (49,6541 \times 0.67954) \\ &= 62,69 \text{ hari} \end{aligned}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis Kampas Rem Belakang.

5. Perhitungan MTTF Komponen Cabang Empat
Parameter distribusi Weibull untuk komponen Cabang Empat yaitu :

$$a = 57,6521 \text{ dan } \beta = 18.0399$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\begin{aligned} MTTF &= 57,6521 = \left(1 + \frac{1}{18.0399}\right) \\ &= (57,6521 \times 0.29954) \\ &= 76,69 \text{ hari} \end{aligned}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis Cabang Empat.

6. Perhitungan MTTF Komponen Kampas Rem Depan

Parameter distribusi Weibull untuk komponen Kampas Rem Depan yaitu :

$$a = 47.5213 \text{ dan } \beta = 13.0854$$

$$MTTF = \alpha \tau = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\begin{aligned} MTTF &= 47.5213 = \left(1 + \frac{1}{13.0854}\right) \\ &= (47.5213 \times 0.23251) \\ &= 67,69 \text{ hari} \end{aligned}$$

Nilai yang telah didapatkan ini merupakan tingkat pergantian komponen kritis Kampas Rem Depan.

4.6. Analisis Strategi Perawatan Usulan dengan Model Age Replacement

Interval penggantian komponen kritis Mini Bus Jumbo dapat memberi informasi bagi perusahaan (khususnya Bagian Teknik) untuk melakukan penggantian komponen kritis Mini Bus Jumbo sebelum terjadi kerusakan. Untuk komponen *Saringan Solar* diperoleh interval waktu penggantian sebesar 26 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen kritis beroperasi selama 26 hari. Sedangkan untuk komponen *Nosel Injeksi* diperoleh interval waktu penggantian sebesar 36 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 36 hari. Untuk komponen Air Radiator diperoleh interval waktu penggantian sebesar 45 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen kritis beroperasi selama 45 hari.

Untuk komponen Kampas Rem Belakang diperoleh interval waktu penggantian sebesar 62 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen beroperasi selama 62 hari. Sedangkan untuk komponen Cabang Empat diperoleh interval waktu penggantian sebesar 76 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 76 hari. Untuk komponen Kampas Rem Depan diperoleh interval waktu penggantian sebesar 67 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 67 hari.

5 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Interval penggantian komponen kritis Mini Bus Jumbo dapat memberi informasi bagi perusahaan (khususnya Bagian Teknik) untuk melakukan penggantian komponen kritis Mini Bus Jumbo sebelum terjadi kerusakan. Komponen kritis dalam pembahasan ini saringan solar, nosel injeksi, air radiator, kampas rem depan, cabang empat dan kampas rem depan.
2. Jadwal pergantian waktu preventif sebagai berikut, untuk komponen *Saringan Solar* diperoleh interval waktu penggantian sebesar 26 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 26 hari. Sedangkan untuk komponen *Nosel Injeksi* diperoleh interval waktu penggantian sebesar 36 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen kritis mini bus beroperasi selama 36 hari. Untuk

komponen Air Radiator diperoleh interval waktu penggantian sebesar 45 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 45 hari. Untuk komponen Kampas Rem Belakang diperoleh interval waktu penggantian sebesar 62 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat mesin beroperasi selama 62 hari. Sedangkan untuk komponen Cabang Empat diperoleh interval waktu penggantian sebesar 76 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen kritis mini bus beroperasi selama 76 hari. Untuk komponen Kampas Rem Depan diperoleh interval waktu penggantian sebesar 67 hari, artinya komponen tersebut sudah harus diganti pada saat komponen kritis mini bus beroperasi selama 67 hari. Pengurangan total waktu berhenti yang diperoleh jika perusahaan menerapkan kebijakan penggantian komponen kritis secara terencana dengan model Age Replacement untuk komponen Saringan Solar dan Nosel Injeksi. Penentuan interval waktu penggantian optimum komponen mesin kritis dengan model *age replacement* dapat diterapkan karena biaya penggantian komponen yang diperlukan lebih kecil daripada sebelumnya sehingga dapat diperoleh penghematan biaya penggantian komponen.

Referensi

- [1] Alfian Hamsi (2004) *"Studi Pemeliharaan Turbin Air Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Kapasitas 73,2 Mw Di PT.Inalum Power Plant Paritohan"*. Teknik Mesin Fak. Teknik USU, Medan.
- [2] Andri yulianto (2008), *"Optimasi Pola Perawatan dan Perbaikan Berbasis Keandalan Pada Mesin Induk Tipe Bolnes/10 dnl dalam Perencanaan Pengajuan Anggaran Dipa di Kapal Latih Taruna Pip Semarang"*. Jurusan Teknika Pip Semarang.
- [3] [3] Arief Musfarid, Hendra Cordova dan Edy Noerachman, (2011), *"Evaluasi Keandalan Sistem Mesin Kontrol Bahan Bakar Pada Pesawat Boeing 737 Classic Garuda Indonesia"*. Jurusan Teknik Fisika ,Institut Teknologi Sepuluh Nopember ITS Surabaya.
- [4] [5] Boy Isma Putra (2011), *"Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM) pada Mesin Danner 1.3 di PT. X."*. Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah, Sidoarjo.
- [5] [6] Corder. A. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. (Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [6] [7] Dian Retno sari dewi dan Dini Endah, (2011), *"Pengembangan Algoritma Penjadwalan dan Maintenance Mesin"*. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya.
- [7] [8] Dhillon, B.S. (1997), *"Reliability Engineering in System Desing and Operation"*. Van Nostrand Reinhold Company Inc., Singapore.
- [8] [9] Ebeling, E, C., (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Mc Graw-Hill. Singapore.
- [9] [10] Feri Afrinaldi, (2007), *"Penentuan Optimal Preventive Replacement Age Untuk Meminimasi Downtime Blade dan Sambungan As Cake Breaker Conveyor (Studi Kasus PT X)"*. Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas
- [10] [11] Gasperz, Vincent., (1992), *Analisis sistem Terapan Berdasarkan pendekatan teknik industri*. Edisi Pertama, Tassano. Bandung.
- [11] [12] Grosh, D. L., (1999), *"A Primer of Reliability Theory"*, Jhon Welleys & Sons Inc., New York.
- [12] [13] H. Tahir Al (2008)ji, *"Sistem Pengambilan Keputusan Pemeliharaan Untuk Industri Kecil Dan Menengah Dengan Gabungan Model Optimasi"*. Teknik Mesin Fak.Teknik Universitas Hasanuddin
- [13] [14] Hari Adianto, (2005), *"Penerapan Model preventive Maintenance Smith dan Dekker di PD. Industri Unit INKABA"*. Jurusan Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- [14] [15] Hotniar Siringoringo (2012), *"Analisis Pemeliharaan Produktif Total Pada PP. Wahana Eka Paramitra Gkd Group"*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma.
- [15] [16] I. Made Aryantha Anthara (2008), *"Analisa Usulan Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) (Studi Kasus Di Divisi Mekanik Perum Damri Bandung)"*. Jurusan Teknik Industri Universitas Komputer Indonesia.
- [16] [17] Imam Sodikin, Endang Widuri Asih, dan Heru Setiawan (2012), *"Preventive Maintenance System dengan Consequence Driven Maintenance Terhadap Keandalan Mesin Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance"*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- [17] [18] Much. Djunaidi dan Mila Faila Sufa, (2007), *"Usulan Interval Perawatan komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Moul Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime"*. Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [18] [19] Muhammad Rasid (2008) *"Inovasip perawatan automotive menuju nano teknologi. Perawatan yang baik akan dapat menurunkan biaya costdown, dan memperpanjang umur mesin"*. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [19] [20] Kececiogly, Dimitri, (1991), *"Reliability Engineering Handbook Volume II PTR Prentice Hall"* Englewood Clafft, New Jersey.
- [20] [21] Riza Apriawan (2011) *"Penentuan Jadwal Penggantian Optimal Komponen Scraper Plate pada Mesin Milingan (Studi Kasus di PG. Kebon Agung Malang)"*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- [21] [22] Sirmas Munthe, Denny W. Utama dan Idayani Pane (2008) *"Implementasi Manajemen dan Teknik Pemeliharaan pada PT. Garuda Mas Perkasa"*. Jurusan Teknik Industri USU Medan.
- [22] [23] Walpole, R, E., (1989), *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk insinyur dan ilmuan* . Edisi Ke-4, ITB-Press. Bandung