

METODE *AGE REPLACEMENT* DIGUNAKAN UNTUK MENENTUKAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN PADA ARMADA BUS

Jaka Purnama, Yosua Anggara Putra, Moch. Kalamollah
Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail : jakapurnama99@yahoo.com

ABSTRACT

Engine maintenance has an important role in every activity of the company. In supporting production activities, the company must do a good planning schedule to perform maintenance of machinery and production facilities. Good engine maintenance will provide benefits to the company, because the production costs can be lowered. PO Harapan Jaya Tulungagung is a company in the field of land transport services transport bus types. Bus fleets every operation requires a policy in engine maintenance, as appropriate engine maintenance schedule, will be able meminimalisir bus maintenance costs. The method used to determine the optimal treatment scheduling policy by using Age Replacement / replacement age. Age method can be obtained Replacement intervals for proper maintenance scheduling, with prouksi minimal cost. The study was conducted on the engine buses HINO brand because these brands have the highest levels of damage. The results were obtained optimal time and at minimal cost to perform maintenance and the resulting maintenance costs Rp 827,437,600.00 to perform maintenance 2 times a year, the cost of the treatment method proposed in the amount of USD 516,865,913.60 with care in every 9 days or 40 times a year, then the company can make savings of 37%.

Keywords : Maintenance, Schedule, Age Replacement

ABSTRAK

Perawatan mesin mempunyai peran yang penting dalam setiap kegiatan perusahaan. Dalam menunjang kegiatan produksi, perusahaan harus melakukan perencanaan jadwal yang baik dalam melakukan perawatan mesin dan fasilitas produksi. Perawatan mesin yang baik akan memberikan keuntungan terhadap perusahaan, karena biaya produksi dapat diturunkan. PO Harapan Jaya Tulungagung merupakan suatu perusahaan di bidang transportasi pelayanan jasa angkutan darat jenis bus. Armada–armada bus setiap beroperasi memerlukan adanya kebijakan dalam perawatan mesin, karena jadwal perawatan mesin yang sesuai, akan dapat meminimalisir biaya perawatan bus. Metode yang digunakan untuk menentukan kebijakan penjadwalan perawatan yang optimal dengan menggunakan *Age Replacement*/umur penggantian. Metode *Age Replacement* dapat diperoleh interval penjadwalan untuk perawatan yang tepat, dengan biaya prouksi yang minimal. Penelitian dilakukan pada mesin armada bus merk HINO karena merk tersebut memiliki tingkat kerusakan yang tertinggi. Hasil penelitian diperoleh waktu optimal dan biaya minimal dalam melakukan perawatan yang hasilnya adalah biaya perawatan sebesar Rp 827.437.600,00 dengan melakukan perawatan 2 kali dalam setahun, biaya perawatan metode usulan yaitu sebesar Rp 516.865.913,60 dengan melakukan perawatan dalam setiap 9 hari atau 40 kali dalam setahun, maka perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar 37%.

Kata Kunci : Perawatan, penjadwalan, *Age Replacement*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada saat sekarang ini transportasi merupakan kebutuhan yang tidak dapat terpisahkan dari masyarakat. Terdapat hubungan erat antara transportasi dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia baik barang atau jasa. Dalam berhubungan dengan kehidupan manusia, transportasi memiliki peranan yang signifikan dalam berbagai aspek, baik dalam aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik, pertahanan dan keamanan.

Betapa besar dan penting peranan transportasi dalam kehidupan manusia, tampak dari usaha-usaha manusia untuk senantiasa memperbaiki dan meningkatkan sistem serta kapasitas angkut sepanjang zaman dahulu kala hingga masa sekarang ini. Makin bertambah baik alat transportasi yang digunakan manusia, makin bertambah tinggi tingkat mobilitas manusia itu, baik secara individual maupun secara sosial; berarti makin besar pula kemungkinan manusia dalam memperoleh sumber penghidupan yang lebih baik (Siregar, 1968)

Salah satu penyedia transportasi bagi masyarakat yaitu PO. Harapan Jaya, yang memberikan layanan transportasi bus antar kota. Untuk mendukung usaha transportasi, PO. Harapan Jaya didukung dengan beragam armada bus yang jumlahnya tidak sedikit dan tentunya biaya perawatan armada khususnya perawatan mesin kendaraan yang harus dikeluarkan perusahaan juga tidak sedikit. Agar pihak – pihak yang menggunakan jasa PO. Harapan Jaya puas dengan pelayanan perusahaan, tentunya perusahaan harus mampu menyediakan armada yang selalu siap pakai saat dibutuhkan. Disamping itu, terdapat banyak armada yang mengalami kerusakan sehingga tidak dapat beroperasi dan menyebabkan kerugian baik dari biaya perbaikan dan kerugian akibat tidak beroperasinya armada. Oleh karena itu diperlukan perencanaan penjadwalan perawatan mesin kendaraan agar kendaraan selalu siap sedia. Mengingat armada bus PO. Harapan Jaya menyediakan berbagai trayek tujuan dengan jarak tempuh yang panjang setiap hari dengan intensitas dan frekuensi penggunaan yang sangat tinggi, perencanaan penjadwalan perawatan mesin kendaraan bus yang digunakan harus diprioritaskan.

Berdasarkan alasan – alasan tersebut dengan mempertimbangkan besarnya biaya perawatan yang harus dikeluarkan perusahaan, perlu dilakukan penjadwalan perawatan kendaraan dalam rangka meminimalisasi biaya.

Perumusan Masalah

Adapun permasalahan dari penelitian ini adalah :

- a. Bagaimanakah penjadwalan perawatan kendaraan yang harus dilakukan agar tercapai biaya yang lebih minimal dari biaya PO. Harapan Jaya?
- b. Berapa kali waktu optimal untuk melakukan perawatan dalam kurun waktu satu tahun?
- c. Berapa prosentase penghematan biaya yang dihasilkan dengan metode *Age Replacement*?

Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian adalah :

- a. Merencanakan penjadwalan perawatan kendaraan yang harus dilakukan pada PO. Harapan Jaya agar tercapai minimalisasi biaya.
- b. Merencanakan waktu optimal untuk melakukan perawatan dalam kurun waktu satu tahun.
- c. Menentukan prosentase penghematan dengan metode *Age Replacement*.

Batasan Dan Asumsi

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Pembahasan penelitian pada armada bus jurusan Surabaya – Trenggalek dan armada dengan merk/tipe yang memiliki tingkat kerusakan tertinggi.
- b. Sistem perawatan yang digunakan adalah dengan model atau metode *age replacement*.
- c. Biaya hanya dibatasi pada biaya perawatan.
- d. Biaya pemeliharaan : biaya tenaga kerja, biaya material/alat bantu perawatan, sedangkan biaya penggantian kerusakan : biaya tenaga kerja dan biaya komponen.

Asumsi-asumsi dalam penelitian ini adalah :

- a. Persediaan komponen dan jumlah tenaga teknis dianggap mencukupi.
- b. Kerusakan komponen dianggap kerusakan mesin.
- c. Mesin–mesin kendaraan yang sejenis dianggap memiliki karakteristik yang sama.

KAJIAN PUSTAKA

Perawatan

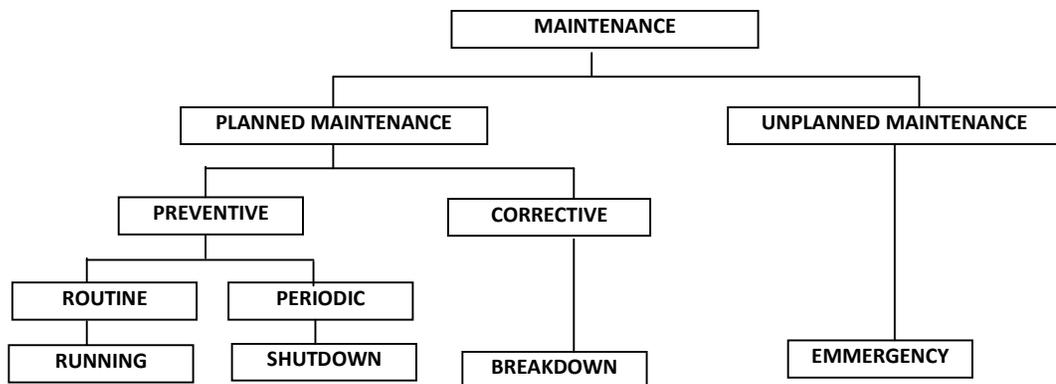
Menurut Assauri (1993), pengertian perawatan adalah “suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga agar fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan”. Sedangkan menurut Anthoni Colder (1992), pengertian perawatan adalah “kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang diterima”.

Secara garis besar, perawatan bertujuan untuk mencegah keausan dan kerusakan yang akan timbul secara tidak terduga pada sebuah mesin sehingga pada akhirnya dapat mengganggu jalannya proses produksi. Secara rinci tujuan utama dari kegiatan perawatan adalah (Assauri, 1993) :

1. Mesin dan seluruh perlengkapan produksinya siap pakai.
2. Mengurangi atau memperlambat tingkat keausan dan kerusakan pada mesin.
3. Utuk mendapatkan biaya perawatan serendah mungkin dengan melakukan kegiatan perawatan secara teratur dan terencana.
4. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk tersebut dan supaya kegiatan produksi tidak terganggu.
5. Meningkatkan kemampuan berproduksi agar dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
6. Menjaga kualitas produksi yang termasuk dalam golongan *critical unit*, yaitu :
 - a. Kerusakan fasilitas tersebut akan membahayakan keselamatan pekerja.
 - b. Kerusakan fasilitas akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
 - c. Kerusakan fasilitas akan menyebabkan kemacetan diseluruh proses produksi.
 - d. Modal yang ditanamkan dalam proses tersebut adalah mahal.

Klasifikasi Perawatan

Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi menjadi dua bagian yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Perawatan terencana dapat disebut sebagai jenis kegiatan yang dilakukan serta diorganisasi dengan perencanaan, penjadwalan, pengendalian dan pencatatan (Chien, 2007).



Gambar 1. Klasifikasi Perawatan

Perawatan Terencana

1. Perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

$$C(tp) = \frac{(Cp \times R(tp)) + Cf[1 - R(tp)]}{tp \times R(tp) + Tf[1 - R(tp)]}$$

Dimana :

$C(tp)$ = Total Biaya Perawatan Pencegahan

tp = Interval waktu.

Cp = Biaya Perawatan Pencegahan

$R(tp)$ = Tingkat Keandalan

Cf = Biaya Perbaikan Kerusakan

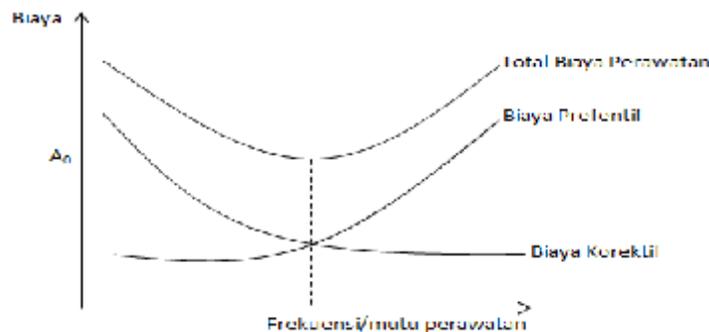
Tf = Rata-rata selang waktu kerusakan = μ

2. Perawatan Perbaikan (*Corective Maintenance*)

Dalam perawatan pencegahan kegiatan yang dilakukan adalah untuk mencegah timbulnya kerusakan. Kerusakan yang terjadi umumnya berlangsung secara tidak terduga dan mampu mengakibatkan kerusakan pada waktu proses produksi sedang berlangsung (Wirawan, 2014).

3. Efisiensi Perawatan

Bila perawatan dilakukan pada interval waktu yang pendek akan mengakibatkan biaya perawatan yang besar dan biaya kerusakan yang kecil. Akan tetapi bila perawatan dilakukan dalam interval waktu yang relative panjang mengakibatkan biaya kerusakan yang besar dan biaya perawatan yang kecil. Hal tersebut disebabkan karena semakin baik perawatan, maka perawatan akan semakin besar. sedangkan biaya dari waktu yang akibat kerusakan akan semakin kecil dengan bertambahnya mutu perawatan. Oleh karena itu perlu suatu tindakan perawatan yang optimal ditinjau dari biaya perawatan maupun biaya kerusakan, menurut Anthoni Colder (1992), dijelaskan dengan gambar :



Gambar 2. Biaya Total Perawatan.

Penjadwalan Dengan Model *Age Replacement*

Model matematis system perawatan secara pencegahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode *Age Replacement*, yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan/penggantian dengan kriteria minimasi (AKS Jardine, 1997). Dalam model *Age Replacement* saat untuk dilakukan pergantian/pencegahan adalah tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian/pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval pergantian berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan. Jika terjadi kerusakan yang menuntut untuk dilakukannya tindakan pergantian. Dalam melakukan penurunan model pergantian ini terdapat beberapa asumsi yang dikembangkan untuk memfokuskana pada permasalahan, yaitu :

- Laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian.
- Peralatan yang telah dilakukan pergantian komponen akan kembali kepada kondisi semula.

Tidak ada permasalahan dalam persediaan komponen.

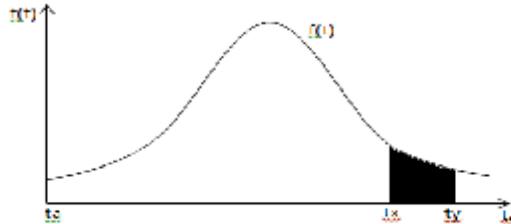
Pada model *Age Replacement* ini terdapat dua siklus operasi, yaitu :

Siklus 1 : Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan. Ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur pengantian sesuai dengan yang telah direncanakan.

Siklus 2 : Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan. Ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

Fungsi Padat Probabilitas

Dalam masalah perawatan, digunakan fungsi padat probabilitas karena kerusakan suatu komponen tergantung pada variable waktu (AKS. Jardine, 1997). Fungsi padat probabilitas dapat digambarkan dalam kurva kontinyu sebagai berikut :



Gambar 3. Distribusi Normal

Persamaan dari fungsi padat adalah $f(t)$. Luas daerah dibawah kurva padat probabilitas menyatakan besar probabilitas terjadinya kerusakan dalam suatu interval waktu tertentu dimana luas total sama dengan satu. Jika $f(t)$ adalah fungsi padat probabilitas terjadinya kerusakan antara waktu (tx,ty) :

$$\int_{tx}^{ty} f(t)dt = 1$$

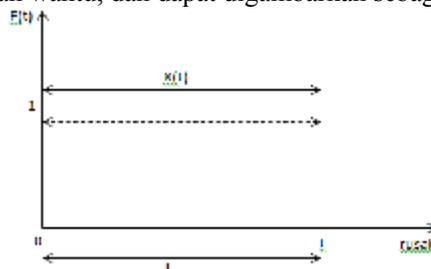
Probabilitas terjadinya kerusakan antara ta dan tz adalah :

$$\int_{ta}^{tz} f(t)dt = 1$$

Fungsi Keandalan

Menurut Alkaf Kamdi (1992), keandalan (*reliability*) adalah : “Probabilitas bahwa suatu peralatan atau system peralatan akan beroperasi pada suatu periode waktu tanpa mengalami kerusakan dan kondisi peralatn berada pada standart operasi”. Keandalan dapat diartikan sebagai probabilitas dari suatu peralatan yang dapat berfungsi dengan baik dalam melaksanakan tugasnya.

Suatu system alat mempunyai dua status, yaitu “baik” dan “rusak”. Keadaan status dari keandalan merupakan proses probabilistic (stokastik), sehingga jika keandalan berharga 1, maka system dapat dipastikan dalam keadaan baik dan jika keandalan berharga nol, maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika harga keandalan adalah $R(t)$, maka nilai keandalannya berkisar antara $0 \leq R(t) \leq 1$. Jadi dalam selang waktu tersebut suatu peralatan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik (Arif, 2009). Keandalan merupakan fungsi dari waktu, sehingga untuk mengukur suatu keandalan diperlukan fungsi keandalan. Fungsi keandalan ini merupakan hubungan antara keandalan dan waktu, dan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Distribusi Keandalan

$$\begin{aligned}
 R(t) &= P(\text{alat dapat berfungsi}) \text{ pada saat } t \\
 &= P\{T > t\} \text{ (mesin atau alat dapat berfungsi)} \\
 &= 1 - P\{T \leq t\} \\
 &= 1 - F(t)
 \end{aligned}$$

Jadi keandalan dapat dihitung dengan rumus :

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq t < \infty$$

Dimana :

- R(t) = Fungsi Keandalan
- F(t) = Probabilitas Kerusakan
- T = Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai dengan rusak (*lifetime*) yang merupakan variabile acak.

Untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$ sistem baik

Untuk $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$ sistem rusak

PENGUJIAN DISTRIBUSI DAN LAJU KERUSAKAN DENGAN METODE *CHI - SQUARE GOODNESS OF FIT*

Untuk mengetahui pola distribusi kerusakan komponen mesin armada bus mengikuti pola distribusi normal, maka dilakukan pengujian kecocokan distribusi dengan menggunakan Uji *Chi-Square Goodness of Fit* (Sudjana, 1996). Metode pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *Chi-Square Goodness of Fit*, yaitu pengujian untuk menetapkan apakah harga-harga dalam sampel dapat dianggap berasal dari populasi tertentu.

Uji *Chi-Square* ini mencakup perhitungan distribusi frekuensi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritis serta membandingkan dengan distribusi frekuensi kumulatif hasil observasi. Distribusi teoritis tersebut merupakan representasi dari apa yang diharapkan dibawah H_0 . Tes ini menetapkan apakah perbedaan tersebut terjadi karena kebetulan saja. Distribusi sampling menunjukkan apakah perbedaan yang diamati mungkin terjadi apabila observasi benar-benar suatu sampel random dari teoritis tersebut. Berikut rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned}
 \chi^2 &= \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\
 \bar{x} &= \frac{\sum O_i X_i}{\sum O_i} \\
 S &= \sqrt{\frac{\sum O_i (X_i - \bar{x})^2}{\sum O_i}}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- \bar{x} = Rata-rata
- S = Standar deviasi
- O_i = Frekuensi hasil pengamatan pada klasifikasi ke-i
- E_i = Frekuensi yang diharapkan pada klasifikasi ke-i
- χ^2 = Nilai Chi-Square

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Tahap Identifikasi

Tahap ini bertujuan untuk mempresentasikan latar belakang masalah, merumuskan masalah yang hendak dijadikan bahan penelitian, menetapkan tujuan, serta menentukan asumsi dan batasan dari penelitian (Abbas, 2009), adapun penjelasan sebagai berikut :

- a. Perumusan masalah, dilakukan sebelum melakukan penelitian karena berkaitan dengan penentuan tujuan dan arah dari penelitian secara keseluruhan. Rumusan masalah yang

didapatkan adalah mengamati faktor kritis yang bermasalah dalam mempengaruhi performa produksi.

- b. Penentuan tujuan penelitian, merupakan bentuk jawaban dari permasalahan yang telah diidentifikasi dalam perumusan masalah.
- c. Studi lapangan, berupa *syurvey* langsung yang berguna untuk melihat keadaan objek penelitian sebelum melakukan tahap lebih lanjut. Objek tersebut dapat berupa tempat, manusia maupun *literature* (tulisan).
- d. Studi pustaka, dilakukan untuk mengetahui landasan teori yang harus digunakan dalam menyelesaikan permasalahan mengenai pendekatan dengan menggunakan metode *Age Replacement*.

Tahap Pengumpulan Data

Merupakan suatu metode pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis untuk mendapatkan informasi dan data dari objek penelitian (Afrinaldi, 2007). Adapapun data-data yang akan di kumpulkan yaitu Jumlah Kendaraan, Merk/tipe paling sering mengalami kerusakan, Kondisi Perawatan, dan Biaya perawatan Preventif

Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini setelah diperoleh data yang lengkap, selanjutnya yaitu menentukan distribusi kerusakan dengan Uji *Chi Square Godness Of Fit*, menentukan fungsi padat probabilitas, menentukan tingkat keandalan komponen , menentukan interval perawatan pencegahan berdasarkan eksptasi biaya terendah dengan model *Age Replacement* dan keandalan serta melakukan perhitungan total biaya preventif usulan. Kemudian setelah didapatkan interval waktu perawatan paling optimal kemudian dilakukan perbandingan total biaya preventif usulan dengan total biaya preventif perusahaan (Alkaf Khamdi, 1992).

Tahap Analisa Data Dan Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil-hasil yang diperoleh, sehingga dari analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Pada tahap ini juga disertai dengan saran-saran yang dapat dijadikan masukan dan pertimbangan bagi perusahaan.

- a. Analisa dan pembahasan, pada langkah ini akan dijawab tentang apakah tujuan penelitian sudah tercapai, mengenai bagaimana pengaruh dari masing-masing variabel penelitian.
- b. Kesimpulan dan saran, langkah akhir dalam penelitian ini adalah memberikan kesimpulan dari hasil yang telah dilaksanakan, kemudian disampaikan beberapa saran yang berguna bagi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Dan Pengujian Distribusi Kerusakan

Pada penelitian ini hanya di lakukan pada armada dengan trayek Trenggalek-Surabaya PP dikarenakan trayek tersebut memiliki jumlah armada paling banyak yaitu 86 armada. Distribusi kerusakan yang dipilih untuk permasalahan pemeliharaan pencegahan yaitu distribus normal. Agar penelitian lebih mengerucut maka akan dijabarkan data waktu antar kerusakan tiap merk dan akan diteliti lebih lanjut pada merk armada dengan tingkat kerusakan paling tertinggi.

Tabel.1. Data Kerusakan Kendaraan

No.	Merk	Kerusakan
1	Mercedes	30 kali
2	Hino	31 kali
3	Volvo	12 kali
4	Scania	11 kali

Data waktu antar kerusakan mesin, sebelumnya diurutkan menurut besarnya (dari yang bernilai kecil sampai dengan yang bernilai besar).

Tabel 2. Waktu Antar Kerusakan Mesin

No.	Waktu (hari)	No.	Waktu (hari)	No.	Waktu (hari)
1	4	11	6	21	12
2	4	12	7	22	13
3	4	13	9	23	14
4	4	14	10	24	15
5	5	15	10	25	15
6	5	16	11	26	15
7	5	17	12	27	16
8	6	18	12	28	18
9	6	19	12	29	18
10	6	20	12	30	19

Ho = Pola kerusakan komponen berdistribusi normal
 Hi = Pola kerusakan komponen tidak berdistribusi normal

Pengelompokan data antar kerusakan dengan urutan sebagai berikut :

- Menghitung range dari data kerusakan
 $R = \text{Waktu maks} - \text{Waktu min} = 19 - 4 = 15$, jadi range dari data kerusakan = 15 hari
- Menentukan kelas interval
 $K = 1 + 3,32 \log n = 1 + 3,32 \log 30 = 5,9 \approx 6$, jadi terdapat 6 kelas interval
- Menentukan lebar kelas
 $L = (R / K) = (15 / 6) = 2,5 \approx 3$, jadi lebar kelas = 3

Mencari \bar{x} (Rata-rata sampel) dan S (Standar deviasi)

$$\bar{x} = \frac{\sum O_i X_i}{O_i} = \frac{315}{30} = 10,5$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum O_i (X_i - \bar{x})^2}{O_i}} = \sqrt{\frac{739,5}{30}} = 4,96$$

Jadi : $\alpha = 0,05$ dan $\mu = 5$ (jumlah kelas $6 - 1 = 5$), maka χ^2 tabel = 11,070.

Kesimpulan :

Karena χ^2 uji < χ^2 tabel ($Ho < Hi$) = 7,003923 < 11,070 , maka Ho diterima, hal ini berarti sampel tersebut berdistribusi normal.

Menentukan Fungsi Padat Probabilitas

$$F(tp) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(tp - \mu)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Tabel 3. Probabilitas

Interval (tp) dalam hari	Fungsi padat probabilisme [F(tp)]	Interval (tp) dalam hari	Fungsi padat probabilisme [F(tp)]
1	0,012818	16	0,043193
2	0,018523	17	0,044080
3	0,025640	18	0,025640
4	0,034080	19	0,018522
5	0,043493	20	0,012818
6	0,053794	21	0,008336
7	0,062704	22	0,005472
8	0,070836	23	0,003339
9	0,078833	24	0,001981
10	0,085922	25	0,001121
11	0,090022	26	0,000609
12	0,078833	27	0,000318
13	0,070836	28	0,000139
14	0,062704	29	0,000077
15	0,053794	30	0,000035

Dari hasil perhitungan fungsi padat probabilitas diatas dapat diketahui bahwa nilai tertinggi yaitu pada interval hari ke 11 dengan nilai 0,080022, maka probabilitas kerusakan mesin armada bus merk Hino akan mencapai maksimal pada interval yang ke-11 (hari).

Menentukan Keandalan Komponen

$$R(tp) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{tp}^{\infty} \exp\left|-\frac{(tp - \mu)^2}{2\sigma^2}\right|$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left|\frac{tp - \mu}{\sigma}\right|$$

Dimana nilai $\Phi (tp)$ dapat dilihat pada tabel distribusi normal. Dan diketahui bahwa besarnya $x = 10,5$ dan $S = 4,96$ atau dapat disimpulkan $\mu = 10,5$ dan $\sigma = 4,96$ sedangkan $tp = 1$ hari.

Pada tabel tingkat keandalan keandalan mesin armada bus merk Hino dapat dilihat bahwa tingkat keandalan komponen mesin semakin menurun sesuai dengan bertambahnya waktu. Dan pada interval ke-9 dengan nilai fungsi keandalan sebesar 0,6179 (61,79%) merupakan batas keandalan minimal yang telah ditetapkan yaitu sebesar 60%, berdasarkan tabel referensi penyusutan mesin produksi dan mesin transportasi.

Tabel 4. Keandalan Mesin

Interval (tp) dalam hari	Fungsi keandalan R(tp)	Interval (tp) dalam hari	Fungsi keandalan R(tp)
1	0,9719	16	0,1735
2	0,9561	17	0,0951
3	0,9345	18	0,0655
4	0,9049	19	0,0437
5	0,8665	20	0,0281
6	0,8340	21	0,0170
7	0,7580	22	0,0102
8	0,6915	23	0,0059
9	0,6179	24	0,0033
10	0,5438	25	0,0017
11	0,4602	26	0,0009
12	0,3821	27	0,00043
13	0,3085	28	0,00021
14	0,2420	29	0,00015
15	0,1814	30	0,00007

Menentukan Total Cost Pemeliharaan Pencegahan

a. Biaya Pemeliharaan Pencegahan

1. Biaya mekanik, dilakukan 14 orang mekanik dengan biaya harian Rp 80.000,00 / hari (8 jam), maka jumlah biaya mekanik Rp 1.120.000,00.
 2. Biaya material / alat bantu, dipergunakan untuk oli dan air accu, jumlah Rp 740.550,00.
- Jadi total biaya pemeliharaan (Cp) sebesar Rp 1.860.550,00.

b. Biaya Perbaikan Kerusakan

1. Biaya mekanik, dilakukan 14 orang mekanik dengan biaya harian Rp 80.000,00 / hari (8 jam), maka jumlah biaya mekanik Rp 1.120.000,00.
 2. Biaya material / alat bantu, dipergunakan untuk oli dan air accu, jumlah Rp 740.550,00.
 3. Biaya komponen, untuk setiap kali aktivitas perbaikan yaitu sebesar Rp 21.650.000,00.
- Jadi total biaya pemeliharaan (Cf) sebesar Rp 23.510.550,00.

Total Biaya Pencegahan

Biaya pencegahan total yang harus dilakukan berdasarkan interval waktu sebagai :

$$C(tp) = \frac{(Cp \times R(tp)) + Cf[1 - R(tp)]}{tp \times R(tp) + Tf[1 - R(tp)]}$$

Tabel 5. Total Biaya Pencegahan

Interval (tp) Hari	Total Cost C(tp) Dalam rupiah	Interval (tp) hari	Total Cost C(tp) Dalam rupiah
1	1.948.707,53	16	1.835.483,01
2	1.183.029,61	17	1.929.424,86
3	939.097,71	18	2.010.005,69
4	848.708,90	19	2.075.569,04
5	828.499,80	20	2.127.081,33
6	808.425,97	21	2.167.205,13
7	904.785,27	22	2.193.563,33
8	973.587,00	23	2.211.402,29
9	1.058.482,84	24	2.222.861,12
10	1.147.552,33	25	2.230.358,73
11	1.262.543,67	26	2.234.275,89
12	1.376.129,19	27	2.236.702,01
13	1.493.314,85	28	2.237.883,74
14	1.610.227,37	29	2.238.199,19
15	1.730.533,83	30	2.238.664,64

Berdasarkan tabel diatas, dengan memperhatikan tingkat keandalan komponen yang telah ditetapkan yaitu 60 % = 0.6179 (61,79%) dengan *total cost* Rp 1.058.482,84 pada interval hari yang ke-9.

c. Biaya Pemeliharaan Metode Perusahaan

- Pemeliharaan pencegahan rutin oleh perusahaan 2 kali setahun, maka jumlah biaya pemeliharaan pencegahan sebesar : Rp 1.860.550,00 x 2 kali = Rp 3.721.100,00
- Biaya kerugian timbul setiap kali pemeliharaan adalah sebesar Rp 3.700.000,00, maka besarnya biaya kerugian adalah Rp 3.700.000,00 x 2 kali = Rp 7.400.000,00
- Pemeliharaan perbaikan yang dilakukan perusahaan selama tahun 2013 adalah 30 kali. Maka jumlah biaya perbaikan adalah Rp 23.510.550,00 x 30 kali = Rp 705.316.500,00
- Biaya kerugian yang timbul setiap kali melakukan pemeliharaan adalah sebesar Rp 3.700.000,00, maka besarnya biaya kerugian adalah Rp 3.700.000,00 x 30 = Rp 111.000.000,00

Jadi biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam satu tahun adalah **Rp 827.437.600,00**

d. Biaya Pemeliharaan Metode Usulan

Dari hasil penelitian didapatkan biaya optimal setiap kali melakukan kegiatan pemeliharaan adalah sebesar Rp 1.058.482,84 dengan interval 9 hari.

- Interval pemeliharaan pencegahan 9 hari, maka 1 tahun perawatan adalah 40 kali, sehingga biaya pemeliharaan dalam 1 tahun adalah Rp 1.058.482,84 x 40 kali = Rp 42.339.313,60
- Biaya kerugian timbul setiap kali pemeliharaan sebesar Rp 3.700.000,00, maka besarnya biaya kerugian adalah Rp 3.700.000,00 x 40 kali = Rp 148.000.000,00

Maka jumlah kerusakan pada interval dibawah 9 hari yang terjadi pada 1 tahun adalah 12 kali.

- Biaya perbaikan mungkin muncul adalah Rp 23.510.550,00 x 12 kali = Rp 282.126.600,00
- Biaya kerugian setiap kali melakukan pemeliharaan adalah sebesar Rp 3.700.000,00, maka besarnya biaya kerugian adalah Rp 3.700.000,00 x 12 kali = Rp 44.400.000,00

Jadi total biaya pemeliharaan dalam satu tahun adalah **Rp 516.865.913,60**

e. Prosentase Penghematan Biaya Pemeliharaan

Jumlah biaya pemeliharaan perusahaan – jumlah biaya pemeliharaan usulan :
 Rp 827.437.600,00 - Rp 516.865.913,60 = **Rp 310.571.686,40**

Prosentase jumlah penghematan : (Rp.310.571.686,40 / Rp. 827.437.600,00) x 100% = 37%
 Prosentase penghematan biaya pemeliharaan setahun 37% atau lebih hemat Rp. 310.571.686,40.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan dan analisa data maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penjadwalan perawatan kendaraan yang harus dilakukan pada PO. Harapan Jaya agar tercapai minimalisasi biaya yaitu setiap 9 hari dengan tingkat keandalan mesin sebesar 0.6179 (61,79%). Biaya yang optimal setiap kali melakukan kegiatan perawatan pencegahan adalah sebesar Rp 1.058.482,84 pada interval hari yang ke-9
2. Waktu yang optimal untuk melakukan perawatan dalam kurun waktu satu tahun yaitu sebanyak 40 kali perawatan atau dalam setiap interval 9 hari.
3. Prosentase penghematan biaya pemeliharaan setahun sebesar 37%, hemat Rp 310.571.686,40.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbas, S. Bahtiar ; Steven, Edi ; Christian, Harry ; Sumanto, Tedy, 2009, Penjadwalan preventive maintenance mesin B.Flute pada PT. AMW, Universitas Bina Nusantara Jakarta.
- [2] Afrinaldi, Feri, 2007, Penentuan optimal preventive replacement age untuk meminimasi downtime blade dan sambungan as cake baker conveyor, Universitas Andalas.
- [3] Alkaf Khamdi, Abdulloh, 1992, Teknik Keandalan Sistem, Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [4] Assauri, Sofian, 1993,Manajemen produksi dan Operasi, Edisi ke-4, Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indoesia, Jakarta.
- [5] Arif, 2009, Penilaian Pabrik, Mesin dan peralatan, Gramedia, Jakarta
- [6] Chien, Y.H ; Chen, J.A, 2007, Optimal age replacement model with minimal repair cost limit and random lead time, National Taichung Institute Of Technology.
- [7] Colder Anthoni, 1992, Teknik Manajemen Pemeliharaan, Penerbit Airlangga, Jakarta.
- [8] Jardine, AKS, 1997, Maintenance Replacement dan Reability Titman Publishing, New York.
- [9] Sudjana, M.A, 1996, Metode Statistika, Edisi ke-6, Penerbit Starsito, Bandung.
- [10] Wirawan Krisnandi, Juliandi ; Soemadi, Kusmaningrum ; Herni Mustofa, Fifi, 2014, Optimasi penggantian komponen pada lokomotif DE CC 201 seri 99 menggunakan metoda age replacement di PT. KAI, ITENAS Bandung.

-halaman ini sengaja dikosongkan-