

REKAM JEJAK KERUSAKAN TRAKSI MOTOR LOKOMOTIF UNTUK MENENTUKAN INTERVAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN BERDASARKAN KEANDALAN (*RELIABILITAS*)

Frieda Irnanda Putri

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: ariezfrieda@yahoo.com

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval waktu penggantian komponen Traksi Motor sehingga kita dapat mengetahui waktu yang tepat dalam penggantian komponen Traksi Motor agar keandalan komponen tetap terjaga dan lokomotif beroperasi dengan maksimal.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Subyek penelitian mesin lokomotif, komponen Traksi Motor. Obyek penelitian adalah selang waktu kerusakan komponen Traksi Motor, spesifikasi setiap nomor seri lokomotif. Instrumen penelitian berupa wawancara dan daftar observasi. Untuk waktu penggantian komponen Traksi Motor biasanya waktu penggantian dilakukan ketika Perawatan Akhir (PA) atau ketika komponen mengalami keausan dibawah standar. Penelitian dimulai dari mengklasifikasikan kerusakan, kemudian mendata waktu antar kerusakan setelah itu menentukan distribusi data dan parameter distribusi yang akan digunakan selanjutnya melakukan perhitungan keandalan komponen sesuai dengan *running time* setiap nomor seri lokomotif.

Hasil analisa deskripsi menunjukkan bahwa interval waktu penggantian komponen Traksi Motor Lokomotif CC201 diusulkan pada Axle Cup 484 jam, Bearing 7010 jam, Carbon Brush 6042 jam, Bosh Drat 242 jam, Nose 5317 jam, Mounting 242 jam, Ram Pengaman 15500 jam. Untuk komponen Traksi Motor Lokomotif CC203 yang diusulkan Axle Cup 454 jam, Bearing 7040 jam, Carbon Brush 5904 jam, Bosh Drat 227 jam, Nose 5450 jam, Mounting 227 jam, Ram Pengaman 15669 jam. Untuk komponen Traksi Motor Lokomotif CC204 diusulkan Axle Cup 396 jam, Bearing 7125 jam, Carbon Brush 5938 jam, Bosh Drat 198 jam, Nose 5344 jam, Mounting 198 jam, Ram Pengaman 15636 jam.

Kata Kunci : Keandalan, *Running Time*, Interval.

Abstract

This research aims to determine the time interval of replacement Traction Motor components so that we can know the exact time in the replacement of components of the Traction Motor in order to keep awake and component reliability operating locomotives with maximum.

This research is descriptive quantitative research. The subjects of the research engine locomotives, Traction Motor components. The object of the research was the damage over time component of the Traction Motor, the specification of each locomotive serial number. Research instrument in the form of interview and observation list. For the replacement of components of the Traction Motors is usually the time of replacement is done when the Final Treatment (PA) or when components subjected to wear and tear under standard. The research starts from classifying the damage, then log the time between the damage after it determines the distribution of components and the parameters of the distribution that will be used next performs the calculation of the reliability of the components according to the running time of each number series locomotive.

Results of analysis showed that the descriptions of replacement component of the time interval Traction Motor Locomotives CC201 proposed on Axle cup 484 hours, Bearing 7010 hours, Carbon Brush 6042 hours, Bosh Drat 242 hours, Nose 5317 hours, Mounting 242 hours, Ram Security 15500 hours. For components of the Traction Motor Locomotive CC203 of the proposed Axle Cup 454 hours, Bearing 7040 hours, Carbon Brush 5904 hours, Bosh Drat 227 hours, Nose 5450 hours, Mounting 227 hours, Ram Security 15669 hours. For components of the Traction Motor Locomotive CC204 of the proposed Axle Cup 396 hours, Bearing 7125 hours, Carbon Brush 5938 hours, Bosh Drat 198 hours, Nose 5344 hours, Mounting 198 hours, Ram Security 15636 hours.

Key Words: Reliability, Running Time, Interval

PENDAHULUAN

Kereta Api merupakan salah satu transportasi massal unggulan di Indonesia. Untuk meningkatkan pelayanan dan fasilitas, PT KAI melakukan perawatan dan perbaikan pada rangkaian kereta api yaitu lokomotif, gerbong, kereta, di Dipo dan Balai Yasa. Perawatan yang perlu perhatian khusus ialah lokomotif sebagai penggerak utama kereta api. Traksi Motor merupakan komponen penting dan sensitif pada lokomotif. Fungsi Traksi Motor pada lokomotif untuk menggerakkan atau memutar poros roda lokomotif agar lokomotif bergerak, untuk melakukan pengereman secara elektrik yang disebut *Dynamic Braking*. Sedikit kerusakan pada Traksi Motor berdampak pada kualitas kerja lokomotif berkurang bahkan bisa mengakibatkan lokomotif tidak dapat beroperasi. Untuk mencegah hal itu terjadi maka perlu perhatian khusus pada saat perawatan berkala maupun perawatan pencegahan.

Perawatan yang saat ini dilakukan telah ditentukan oleh GE (*General Electric*) sebagai pembuat lokomotif dan *supplier* komponen-komponen lokomotif. Perawatan Traksi Motor dilakukan pada interval waktu yang sama pada semua seri lokomotif, padahal setiap nomor seri lokomotif memiliki medan jelajah dan jam kerja (*running time*) berbeda. Penggantian komponen Traksi Motor dilakukan pada saat Perawatan Akhir (PA) atau perawatan 4 tahun sekali. Sedangkan ketika Semi Perawatan Akhir (SPA) atau perawatan 2 tahun sekali Traksi Motor hanya dilakukan pelumasan dan beberapa perbaikan.

Jika penggantian komponen-komponen dilakukan saat waktu yang bersamaan (seperti saat ini) akan berdampak pada keandalan setiap komponen pada setiap seri lokomotif. Seri lokomotif yang mempunyai *running time* kecil, pada waktu penggantian keandalannya masih tinggi, sebaliknya pada seri lokomotif dengan *running time* lama, pada waktu penggantian keandalannya sudah sangat kecil dan jauh dari standar yang ditetapkan. Bahkan bisa saja terjadi kerusakan sebelum waktu perawatan tiba.

Untuk menghindari kerugian-kerugian tersebut maka perlu diadakan analisa penggantian komponen Traksi Motor sesuai *running time* masing-masing nomor seri lokomotif berdasarkan keandalan (*reliabilitas*).

Kerangka berpikir penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi di UPT Balai Yasa Yogyakarta untuk mendapatkan jadwal maintenance yang kemudian dianalisa waktu penggantian komponen pada Traksi Motor. Selanjutnya, menganalisa keandalan (*reliabilitas*) dari komponen Traksi Motor. Setelah mendapatkan keandalan komponen Traksi Motor lalu menyesuaikan keandalan tersebut dengan *running time* dari masing-

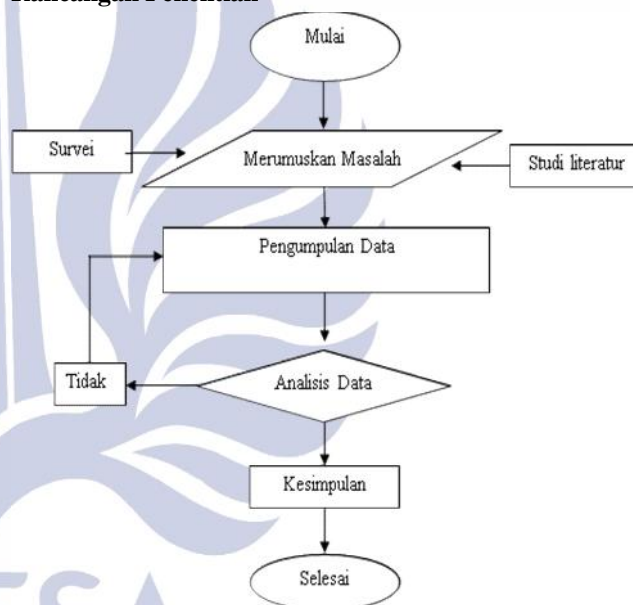
masing nomor seri lokomotif. Dan terakhir menentukan interval waktu penggantian komponen Traksi Motor.

Tujuan penelitian ini menentukan berapa jam interval waktu penggantian komponen Traksi Motor lokomotif seri CC201, CC203, CC204 berdasarkan keandalan (*reliabilitas*) dengan memperhatikan *running time*.

Manfaat penelitian ini untuk menjadi salah satu pertimbangan bagi PT KAI untuk mengatur atau merencanakan waktu penggantian komponen Traksi Motor pada lokomotif. Mengurangi faktor kerugian akibat penggantian komponen Traksi Motor pada tingkat keandalan yang rendah. Sebagai perbandingan antara prosedur yang telah ada dan dilaksanakan dengan prosedur baru berdasarkan pengembangan teori ilmiah yang dipaparkan peneliti.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari merumuskan masalah yang akan diteliti dengan cara survei dan studi literatur sebagai bahan rujukan. Setelah rumusan masalah ditetapkan maka dilakukan pengumpulan data di UPT Balai Yasa Yogyakarta. Data yang dibutuhkan yaitu, kerusakan komponen-komponen Traksi Motor yang terekam ketika menjalani perawatan, waktu perawatan pada lokomotif, waktu penggantian komponen Traksi Motor, data spesifikasi seri lokomotif yang beroperasi di Pulau Jawa. Setelah data terkumpul selanjutnya melakukan analisis data untuk menentukan interval waktu penggantian komponen Traksi Motor pada lokomotif yang beroperasi di Pulau Jawa berdasarkan keandalan (*reliabilitas*) dan sesuai *running time*. Jika data yang dianalisis kurang lengkap maka kembali lagi untuk

mencari beberapa data yang dibutuhkan. Setelah analisis data selesai, ditarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah bagian manajemen pengaturan waktu perawatan lokomotif untuk mengetahui penjadwalan penggantian komponen Traksi Motor dan data spesifikasi lokomotif yang beroperasi di Pulau Jawa.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode, yaitu:

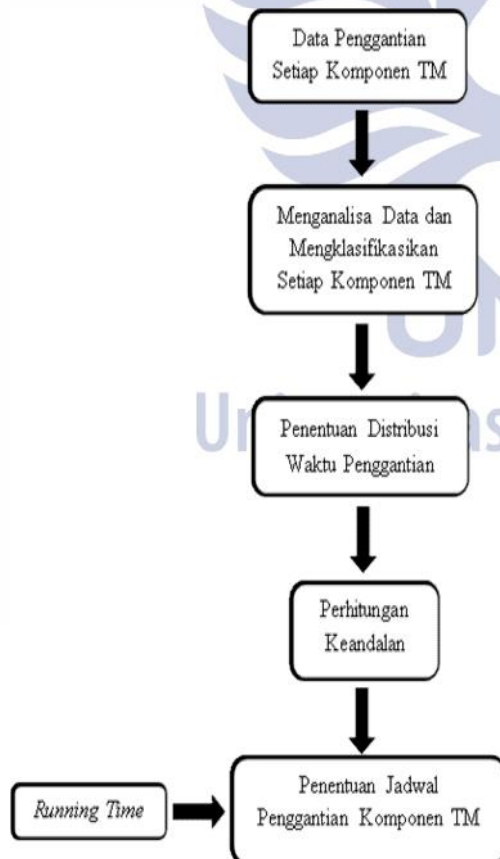
- Metode Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati perawatan dan perbaikan pada Traksi Motor. Mengamati penggantian komponen pada Traksi Motor yang sudah dibawah standar (dibawah batas limit).

- Metode Wawancara

Wawancara dilakukan dengan narasumber yaitu asisten manager Golongan TL (Traksi Listrik), teknisi Traksi Motor. Adapun pertanyaan yang akan diajukan terdiri atas waktu penggantian komponen Traksi Motor, perbedaan Traksi Motor dari nomor seri lokomotif yang berbeda.

Teknik Analisis Data



Gambar 2. Teknik Analisis Data

Analisis data penelitian ini dimulai dari mendata penggantian setiap komponen TM (Traksi Motor) dalam kurun waktu 6 tahun atau 3 kali perawatan SPA dan mengklasifikasikannya. Kemudian menentukan distribusi waktu penggantian pada masing-masing komponen yang dianggap *urgent*. Dalam penelitian ini, penentuan distribusi waktu penggantian dan parameter distribusi menggunakan *Software Weibull++6*. Selain mempermudah dalam pendugaan distribusi, juga dapat melihat langsung grafik fungsi padat probabilitas, fungsi keandalan, laju kerusakan hanya dengan memasukkan waktu kerusakan. Setelah mendapatkan distribusi dan nilai parameter maka diolah data tersebut dengan menggunakan program *Excel*. Melalui program ini peneliti menghitung distribusi kumulatif dengan memasukkan nilai parameter ke rumus yang telah tersedia. Kemudian memperhitungkan keandalan dari hasil distribusi kumulatif yang telah diperoleh. Setelah itu, memasukkan variasi jam kerja lokomotif dengan interval waktu kerusakan (ti) 50 jam dan dihitung keandalan. Selanjutnya, menentukan jadwal penggantian komponen TM (Traksi Motor) sesuai dengan *running time* dari setiap nomor seri lokomotif yang beroperasi di Pulau Jawa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Lokomotif CC204 memiliki jam kerja lebih singkat diantara lokomotif CC201 maupun CC203 yaitu 4750 jam per tahun. Dan CC201 memiliki interval jam kerja lama yaitu 5800 jam per tahun. Namun 3 jenis lokomotif tersebut memiliki frekuensi SPA sama yaitu 2 kali. Artinya, penggantian komponen dilakukan setelah mengalami 2 kali SPA atau ketika lokomotif menjalani Perawatan Akhir (PA) yang terjadwal 4 tahun sekali.

Penggantian komponen Traksi Motor yang diteliti diambil dari 5 lokomotif dari 3 nomor seri berbeda. Lokomotif tersebut mengalami 3 SPA secara berkala atau beroperasi selama 18000 jam kerja. Setelah penggantian komponen Traksi Motor di data, langkah selanjutnya mengklasifikasikan komponen tersebut lebih detail dan menggolongkan jenisnya.

Analisis Data

Sampai saat ini ada 25 jenis lokomotif yang pernah beroperasi di Indonesia dengan daya dan performansi yang berbeda mulai dari lokomotif dengan penggerak mesin uap, lokomotif dengan tenaga listrik hingga lokomotif penggerak mesin diesel. Terdapat 3 jenis transmisi daya yang digunakan antara lain, Transmisi Mekanik, Transmisi Hidrolik, terakhir Transmisi Elektrik.

Banyak komponen penting penunjang sistem kerja pada lokomotif diantaranya, Motor Diesel, Generator,

Hydraulic Torque Converter, Traksi Motor, Bogie dan Rangka Dasar. Namun penelitian ini berfokus pada komponen Traksi Motor yang sangat berpengaruh besar pada kerja lokomotif.

Di Pulau Jawa lokomotif yang digunakan sebagai penggerak kereta api penumpang maupun barang yaitu nomor seri CC201, CC203, CC204 dan CC206 yang baru saja beroperasi pada pertengahan tahun 2013. Lokomotif yang akan diteliti hanya CC201, CC203, dan CC204 karena telah lama beroperasi di Pulau Jawa.

Konsep perawatan sarana perkeretaapian mulai perawatan bulanan atau P1, perawatan tiga bulanan atau P3, perawatan enam bulanan atau P6, perawatan tahunan atau P12, perawatan dua tahunan atau Semi Perawatan Akhir (SPA), perawatan empat tahunan atau Perawatan Akhir (PA). Perawatan tersebut digolongkan menjadi perawatan terencana dan tidak terencana. Perawatan terencana terdiri dari perawatan pencegahan dan perawatan korektif. Sedangkan perawatan tidak terencana ialah perawatan darurat misalnya ketika terjadi kecelakaan.

Keandalan ialah peluang komponen dalam kondisi layak dalam jangka waktu tertentu. Setiap komponen memiliki standar berbeda yang telah ditentukan oleh pabrik pembuatnya.

Menurut Kamdi, (1992:3). "Keandalan merupakan peluang mesin yang dapat berfungsi dengan baik untuk melakukan tugas tertentu."

Dinyatakan dengan huruf R.

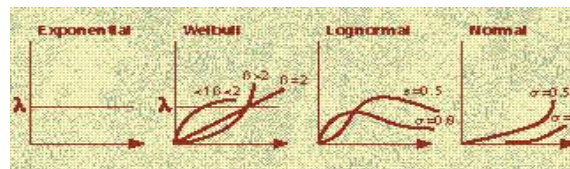
Jika:

- R = 1 :Sistem dapat bekerja dengan baik
- R = 0 :Sistem tidak dapat bekerja dengan baik
- R = 0,8 : Peluang sistem bekerja dengan baik 0,8

Peluang sistem tidak bekerja dengan baik 0,2

Laju kerusakan () dinyatakan sebagai perbandingan banyaknya kerusakan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem.

Distribusi kerusakan adalah informasi dasar mengenai umur pakai peralatan dalam suatu populasi. Distribusi *Eksponensial* biasanya digunakan jika laju kerusakan tidak berubah dan konstan terhadap waktu. Distribusi *Normal* biasanya cocok digunakan pada fenomena terjadi *wearout region* (pengoperasian melebihi umur pakai). Distribusi *Weibull* dapat digunakan pada model yang mengalami laju kerusakan menaik maupun menurun. Sedangkan Distribusi *Lognormal* memiliki kemiripan dengan Distribusi *Weibull* sehingga jika pada suatu kasus memiliki Distribusi *Weibull* maka kasus tersebut juga cocok menggunakan Distribusi *Lognormal*. (Ebeling, 1997:73)



Gambar 1. Hazard fungsi kurva untuk distribusi kegagalan umum

• **Distribusi Eksponensial**

Fungsi Keapatannya:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (1)$$

λ = parameter waktu dan t = waktu, dengan t ≥ 0, λ > 0.

Fungsi Kumulatifnya :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (2)$$

Fungsi Keandalan :

$$R(t) = \lambda(t) \dots\dots\dots (3)$$

Laju Kerusakannya atau Hazard Function

$$\lambda(t) = \frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} \dots\dots\dots (4)$$

λ = Parameter λ(t) = λ

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (5)$$

• **Distribusi Normal**

Fungsi Keapatannya:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (6)$$

Fungsi Kumulatifnya:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \right\} dt \dots\dots\dots (7)$$

Atau dengan bantuan Tabel Normal dinyatakan:

$$F(t) = \Phi\left(-\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (8)$$

Keandalannya:

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp\left(-\frac{(tp-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (9)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (10)$$

Laju Kerusakan atau Hazard Function:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \left\{ 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \right\}^{-1} \dots\dots\dots (11)$$

$$MTTF = \mu \dots\dots\dots (12)$$

• **Distribusi Weibull**

Fungsi Keapatannya:

$$f(t) = \alpha\beta^{-\alpha} t^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Laju Kerusakan: } \lambda(t) = \alpha\beta^{-\alpha} t^{\alpha-1} \dots\dots\dots (14)$$

Untuk α = Shape parameter, α > 0

β = Scale parameter, β > 0 t ≥ 0

Fungsi Kumulatif Kerusakannya:

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right) \dots\dots\dots (15)$$

Keandalannya:

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right) \dots\dots\dots (16)$$

$$MTTF = \beta\tau\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \dots\dots\dots (17)$$

Dimana $\tau(n) = \int_0^\infty x^{n-1} e^{-x} dx \dots\dots\dots (18)$

• **Distribusi Lognormal**

Fungsi Kepadatan Probabilitas:

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \dots\dots\dots (19)$$

Fungsi Keandalan:

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

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots (21)$$

Fungsi Laju Kerusakan:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (22)$$

MTTF (Mean Time To Failure):

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \dots\dots\dots (23)$$

Konsep *reliability* Distribusi *Lognormal* tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan (standar deviasi).

Untuk mempermudah perhitungan statistik dalam penelitian ini menggunakan *Software Weibull ++6* untuk menentukan jenis distribusi, parameter distribusi, grafik fungsi kepadatan probabilitas, grafik laju kerusakan, grafik fungsi keandalan, dll. Sedangkan *MS. Excel* untuk menghitung keandalan komponen dalam interval waktu penggantian yang telah ditentukan.

• **Menentukan Distribusi dan Parameter**

Analisis data dimulai dengan memasukkan waktu penggantian ke program *Weibull++6* untuk uji distribusi, mengetahui parameter dari distribusi yang dianut data tersebut, membuat grafik laju kerusakan, fungsi kepadatan *probability*, fungsi keandalan. Data-data yang di uji hanya yang memiliki kerusakan *urgent*, antara lain *Axle Cup*, *Bearing*, *Bosh Drat*, *Carbon Brush*, *Nose*, *Ram Pengaman* dan *Mounting*.

Hasil uji distribusi didapat tiga komponen Traksi Motor mengikuti Distribusi *Weibull* yaitu *Bearing* dengan *Weibull* dua parameter sedangkan *Nose* dan *Ram Pengaman* mengikuti *Weibull* tiga parameter. Untuk komponen *Bosh Drat*, *Mounting* mengikuti Distribusi *Exponential*. Sedangkan komponen *Carbon Brush* mengikuti alur Distribusi *Lognormal*. Perbedaan alur

distribusi komponen Traksi Motor dipengaruhi interval waktu penggantian dan jumlah kerusakan yang berbeda.

Tabel 1. Distribusi dan Parameter Komponen Traksi Motor

Nama Komponen	Distribusi	Parameter
Axle cup	<i>Exponential</i>	= 0,0004 = 4432,5981
<i>Bearing</i>	<i>Weibull</i>	= 3,4849 = 1,0998E+4
<i>Bosh Drat</i>	<i>Exponential</i>	= 0,0006 = 5004,1884
<i>Carbon Brush</i>	<i>Lognormal</i>	Mean = 8,9768 Std = 0,3045
<i>Nose</i>	<i>Weibull</i>	= 2,6645 = 1,1076E+4 = -830
Ram Pengaman	<i>Weibull</i>	=7,8131 = 18728 =280
<i>Mounting</i>	<i>Exponential</i>	= 0,0006 = 5079,1811

• **Perhitungan Keandalan Komponen**

Setelah uji distribusi dan parameter didapat, langkah selanjutnya menghitung keandalan masing-masing komponen dengan interval waktu (*t_i*) 50 jam. Interval waktu penggantian selain berdasarkan standar teori keandalan sistem, juga berdasar *running time* dari lokomotif yang di uji. Untuk mempermudah perhitungan keandalan digunakan *Software Excel*. Keandalan komponen setelah beroperasi 6000 jam (seperti interval waktu penggantian yang dilakukan sekarang) dan *running time* masing-masing lokomotif terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Keandalan Komponen Traksi Motor sesuai *Running Time*

Nama Komponen	Keandalan 6000 Jam (SPA)	Keandalan 5800 Jam RT* CC201	Keandalan 5450 Jam RT* CC203	Keandalan 4750 Jam RT* CC204
<i>Axle Cup</i>	0,0907	0,0982	0,1130	0,1495
<i>Bearing</i>	0,8860	0,8980	0,9171	0,9478
<i>Carbon Brush</i>	0,8187	0,8466	0,8900	0,9533
<i>Bosh Drat</i>	0,0273	0,0308	0,0380	0,0578
<i>Nose</i>	0,7589	0,7751	0,8021	0,8513
<i>Mounting</i>	0,0273	0,0308	0,0380	0,0578
Ram Pengaman	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

Keterangan: RT= *Running Time* (Jam kerja)

Komponen *Axle Cup* saat SPA memiliki keandalan sangat rendah dibawah standar yaitu 0,0907 dan tidak berbeda jauh pada *running time* lokomotif CC201, CC203, dan CC204. Komponen *Bearing* memiliki keandalan tinggi pada *running time* CC204 yang

masih bernilai 0,9478, dan pada *running time* CC203, CC201 serta SPA masih memiliki nilai diatas standar (0,8). Komponen *Carbon Brush* juga memiliki keandalan cukup baik pada semua *running time* lokomotif maupun SPA. Komponen *Nose* memiliki keandalan sedikit dibawah standar pada saat SPA dengan nilai 0,7589, dan *running time* pada CC201 yaitu 0,7751. Komponen *Mounting* sama dengan *Bosh Drat* karena memiliki nilai lambda () yang sama. Komponen Ram Pengaman memiliki nilai keandalan sangat tinggi ketika SPA, *running time* dari masing-masing lokomotif. Ini disebabkan kerusakan Ram Pengaman hampir pada setiap tiga kali SPA atau 18000 jam kerja.

Setelah nilai keandalan komponen didapat sesuai dengan *running time*, selanjutnya ialah mencari interval waktu penggantian sesuai standar keandalan sistem dengan berpatokan pada kriteria nilai keandalan (0,8). Didapat waktu penggantian sebagai berikut:

Tabel 3. Interval Waktu Penggantian pada Keandalan Komponen 0,8

Nama Komponen	Interval Waktu Penggantian Komponen
<i>Axle Cup</i>	550 jam
<i>Bearing</i>	7150 jam
<i>Carbon Brush</i>	6100 jam
<i>Bosh Drat</i>	350 jam
<i>Nose</i>	5450 jam
<i>Mounting</i>	350 jam
Ram Pengaman	15700 jam

Interval waktu penggantian komponen berdasarkan standar keandalan sistem 0,8 didapat komponen Ram Pengaman memiliki waktu paling lama. Hal ini disebabkan waktu kerusakan komponen Ram Pengaman lebih lama dibandingkan komponen lain karena letak komponen Ram Pengaman tidak bergesekan langsung dengan komponen lain, kerusakan yang timbul pada komponen Ram Pengaman lebih disebabkan karena kotor atau terjadi korosi. Sedangkan untuk *Bosh Drat* dan *Mounting* memiliki interval waktu paling singkat disebabkan komponen tersebut mudah sekali mengalami kerusakan karena bergesekan langsung dengan komponen lain sehingga lebih cepat aus.

Pembahasan

Sesuai data yang dianalisa tampak beberapa komponen Traksi Motor telah mengalami kerusakan parah dengan keandalan jauh dibawah standar pada saat dilakukan penggantian seperti jadwal sekarang. Untuk menjaga keandalan, jadwal waktu penggantian harus

diubah sesuai standar keandalan sistem dengan tetap berdasarkan *running time* tiap seri lokomotif. Usulan jadwal penggantian komponen Traksi Motor bila disesuaikan dengan jadwal perawatan dan perbaikan pada PT KAI yaitu P1 (250 jam), P3 (750 jam), P6 (1500 jam), P12 (3000 jam), SPA (6000 jam), dan PA (12000 jam).

- CC201 dengan *running time* 5800 jam maka diusulkan:

P1	= 242 jam	P12	= 2900 jam
P3	= 725 jam	SPA	= 5800 jam
P6	= 1450 jam	PA	= 11600 jam

- CC203 dengan *running time* 5450 jam maka diusulkan:

P1	= 227 jam	P12	= 2725 jam
P3	= 681 jam	SPA	= 5450 jam
P6	= 1363 jam	PA	= 10900 jam

- CC204 dengan *running time* 4750 jam maka diusulkan:

P1	= 198 jam	P12	= 2375 jam
P3	= 594 jam	SPA	= 4750 jam
P6	= 1188 jam	PA	= 9500 jam

Dengan demikian usulan interval waktu penggantian komponen Traksi Motor berdasarkan *running time* dari masing-masing nomor seri lokomotif diatas ialah:

Tabel 4. Interval Waktu Penggantian Komponen Traksi Motor

Nama Komponen Traksi Motor	Nomor Seri Lokomotif		
	CC201	CC203	CC204
<i>Axle Cup</i> (550 jam) R = 0,8	484 jam 2 X P1 R = 0,8187	454 jam 2 X P1 R = 0,8353	396 jam 2 X P1 R = 0,8521
<i>Bearing</i> (7150 jam) R = 0,8	7010 jam 5 X P1 setelah SPA R = 0,8044	7040 jam P1 setelah SPA P6 R = 0,8087	7125 jam P12 setelah SPA R = 0,8044
<i>Carbon Brush</i> (6100 jam) R = 0,8	6042 jam P1 setelah SPA R = 0,8115	5904 jam 2 X P1 setelah SPA R = 0,8329	5938 jam P6 setelah SPA R = 0,8259
<i>Bosh Drat</i> (350 jam) R = 0,8	242 jam P1 R = 0,8607	227 jam P1 R = 0,8607	198 jam P1 R = 0,8869
<i>Nose</i> (5450 jam) R = 0,8	5317 jam 2 X P1 sebelum SPA R = 0,8132	5450 jam SPA R = 0,8021	5344 jam P3 setelah SPA R = 0,8095
<i>Mounting</i> (350 jam) R = 0,8	242 jam P1 R = 0,8607	227 jam P1 R = 0,8607	198 jam P1 R = 0,8869
Ram Pengaman (15700 jam) R = 0,8	15500 jam 2 X P1 setelah PA P12 P3 R = 0,8205	15669 jam P3 setelah PA P12 R = 0,8033	15636 jam P1 setelah 3SPA P6 R = 0,8077

Terlihat interval waktu penggantian komponen pada Traksi Motor Lokomotif CC201, CC203, dan CC204 memiliki jadwal yang berbeda. Hal ini disebabkan perbedaan *running time* dengan tetap menjaga keandalan komponen.

PENUTUP

Simpulan

Penentuan interval waktu penggantian komponen Traksi Motor pada Lokomotif CC201, CC203, dan CC204 berdasarkan keandalan dengan memperhatikan *running time* menunjukkan bahwa komponen Traksi Motor dari masing-masing seri lokomotif memiliki waktu penggantian yang berbeda.

Untuk CC201 interval waktu penggantian sebagai berikut:

- *Axle Cup* waktu penggantian 484 jam atau 2 X P1 dengan keandalan 0,8187.
- *Bearing* waktu penggantian 7010 jam atau 5 X P1 setelah SPA dengan keandalan 0,8044.
- *Carbon Brush* waktu penggantian 6042 jam atau P1 setelah SPA dengan keandalan 0,8115.
- *Bosh Drat* waktu penggantian 242 jam atau PI dengan keandalan 0,8607.
- *Nose* waktu penggantian 5317 jam atau 2 X P1 sebelum SPA dengan keandalan 0,8132.
- *Mounting* waktu penggantian 242 jam atau PI dengan keandalan 0,8607.
- Ram Pengaman waktu penggantian 15500 jam atau 2 X P1 setelah PA P12 P3 dengan keandalan 0,8205.

Untuk CC203 interval waktu penggantian sebagai berikut:

- *Axle Cup* waktu penggantian 454 jam atau 2 X P1 dengan keandalan 0,8353.
- *Bearing* waktu penggantian 7040 jam atau P1 setelah SPA P6 dengan keandalan 0,8087.
- *Carbon Brush* waktu penggantian 5904 jam atau 2 X P1 setelah SPA dengan keandalan 0,8329.
- *Bosh Drat* waktu penggantian 227 jam atau PI dengan keandalan 0,8607.
- *Nose* waktu penggantian 5450 jam atau SPA dengan keandalan 0,8021.
- *Mounting* waktu penggantian 227 jam atau PI dengan keandalan 0,8607.
- Ram Pengaman waktu penggantian 15669 jam atau P3 setelah PA P12 dengan keandalan 0,8033.

Untuk CC204 interval waktu penggantian sebagai berikut:

- *Axle Cup* waktu penggantian 396 jam atau 2 X P1 dengan keandalan 0,8521.
- *Bearing* waktu penggantian 7125 jam atau P12 setelah SPA dengan keandalan 0,8044.

- *Carbon Brush* waktu penggantian 5938 jam atau P6 setelah SPA dengan keandalan 0,8259.
 - a. *Bosh Drat* waktu penggantian 198 jam atau PI dengan keandalan 0,886920437.
- *Nose* waktu penggantian 5344 jam atau P3 setelah SPA dengan keandalan 0,8096.
- *Mounting* waktu penggantian 198 jam atau PI dengan keandalan 0,8869.
- Ram Pengaman waktu penggantian 15636 jam atau P1 setelah 3SPA P6 dengan keandalan 0,8077.

Saran

- Jika PT KAI menghendaki keandalan yang lebih baik maka usulan penentuan interval waktu penggantian ini dapat dipakai sebagai acuan.
- Hasil perhitungan menunjukkan waktu penggantian komponen Traksi Motor sangat variatif sehingga perlu dilakukan control yang ketat dengan cara pada masing-masing Traksi Motor dibuat *machine card* untuk mengetahui kondisinya, *history card* untuk mencatat data dan waktu penggantian serta *maintenance card* untuk lebih detail pencatatan *maintenance*.
- Disarankan ada pengembangan penelitian ini terhadap komponen lain pada lokomotif sehingga dapat dibuat penentuan waktu penggantian dengan tetap memperhatikan keandalan sistem.
- Pembuatan sistem informasi untuk jadwal penggantian komponen Traksi Motor pada setiap nomor seri lokomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebelling, C.E.1997. *An introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc.Graw Hill Companier inc.
- Hartono. (2012). *Lokomotif & Kereta Rel Listrik di Indonesia*. Depok: Ilalang Sakti Komunikasi.
- Hidayat, Taufik. (September 2010). Konsep Perawatan Sarana Perkeretaapian. *Kereta Api Indonesian Railways Magazine*. Edisi 50, 38-41.
- Jardine, A.K.S. (1973). *Maintenance, Replacement and Reliability*. New York: Pitman Publishing.
- Kamdi, Abdullah Alkaf. (1992). *Teknik Keandalan Sistem*. Surabaya: Teknik Elektro ITS.
- Kurniawan, Dwi Devi. (2009). *Penentuan Interval Waktu Optimum Penggantian Komponen Roll Bearing Pada STAND di PT. Hanil Jaya Steel*. Skripsi Sarjana tidak diterbitkan, Universitas Negeri Surabaya.
- Rex, Wiwi Umar., Ibis., et al. (2006). OTOPRO: "Penentuan Interval Waktu Optimal Komponen V

Seal Pada Mesin Hidrolik Roll Crusher at the 189 – 205”.Jurusan Teknik Mesin UNESA. Jurnal, Volume 1No. 2 Mei 2006.

Smith, D.J. 2005. *Reliability, Maintainability and Risk*. United Kingdom: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Sugiyono. (2010). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Supadi. (2010). *Panduan Penulisan Skripsi Program S₁*. Surabaya: Teknik Mesin UNESA.

Walpole R, E., Myers Raymond H. (1986). Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan. (Terjemahan Sembiring). Bandung: ITB-Press. (Buku asli diterbitkan tahun 1978)

Wisandoko, A.O., & Abadi, I. (2011). *Analisa Keandalan, Keamanan dan Manajemen Resiko pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Blok 2.2 di PLTGU PT. PJB UP Gresik dengan Menggunakan Pendekatan Kuantitatif*. akses 21 oktober 2013 dari <https://www.google.com/search?q=&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-us:official&client=firefox-a>

