

PENENTUAN INTERVAL PERAWATAN PREVENTIF KOMPONEN ELEKTRIK DAN KOMPONEN MEKANIK YANG OPTIMAL PADA MESIN EXCAVATOR SERI PC 200-6 DENGAN PENDEKATAN MODEL JARDINE

Imam Sodikin
Jurusan Teknik Industri,
Fakultas Teknologi Industri,
IST AKPRIND Yogyakarta
amdiki@yahoo.com

ABSTRACT

PT. Gunung Madu Plantations is one of the companies operating in the area of farming industry with the main product of sugar. In order to exist, the company needs to increase the work effectiveness and efficiency in using the farming tools through the planning of maintenance scheduling in order that the machines or units that are going to be used can operate well, and do not experience the damage while used.

Intention of this reseach is indentified flaw of electric and mechanic component heavy equipment excavator PC200-6, calculate and analize rapid value electric and mechanic component flaw heavy equipment excavator PC200-6, establish a good time for preventive replacement action, and establish preventive interval timing schedule expectation which is optimized.

The product that get an envelope acquirement electric component performance and mechanic difference, that mirrored from timer mean beetween flaw and down time. As a whole reliability level has decreasing while timer operation period, so that flaw rapid as long as utilizing each compenent has increasing. Interval timer even electric component flaw timer is 9.99 days. While mechanic compnent is 10.18 days. Even down time electric component is 0.885 hours, while mehanic component is 1.98 hours. Timer even preventive eelectric component treatment is 0.86 hours, while mechanic component 1.02 hours. Flaw probabilty for electric component are 1.82 % - 34.92%, while mechanic component are 2.27%-32.58%. absolute value down time component which minimum for electric compnent is 0.8172 hours – 0.1452 hours, while mechanic component is 0.9840 hours – 0.2064 hours. Absolute valuer down time which minimum for electric component is $t_p = 8$ days with down time total 0.1542 hours, while absolute total value of down time which minimum for mechanic component are on $t_p = 8$ days with down time total 0.2064 hours

Key words: Preventive maintenance, electric component, mechanic component, Jardine Model

INTISARI

PT. Gunung Madu Plantations merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Peralatan produksi yang digunakan adalah alat-alat pertanian dan alat-alat bantu pertanian. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya, maka diperlukan suatu sistem perawatan yang baik. Perusahaan perlu meningkatkan efektivitas dan efesiensi kerja di dalam penggunaan alat-alat pertanian tersebut melalui perencanaan penjadualan perawatan agar mesin atau unit yang akan digunakan dapat beroperasi dengan baik, dan tidak mengalami gangguan kerusakan pada saat digunakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat kerusakan dari komponen elektrik dan mekanik alat berat excavator seri PC200-6, menghitung dan menganalisis nilai laju kerusakan komponen elektrik dan mekanik alat berat excavator seri PC200-6, menentukan waktu yang baik untuk tindakan *preventive replacement*, dan menentukan ekspektasi jadwal interval waktu perawatan preventif yang optimal.

Hasil yang diperoleh meliputi performansi komponen elektrik dan mekanik berbeda, yang tercermin dari rata-rata waktu antar kerusakan dan *down timenya*. Secara keseluruhan tingkat keandalan mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan selama penggunaan masing-masing komponen mengalami peningkatan. Rata-rata interval waktu kerusakan komponen elektrik adalah 9,99 hari, sedangkan untuk komponen mekanik adalah 10,18 hari. Rata-rata *down time* komponen elektrik adalah 0,885 jam, sedangkan komponen mekanik adalah 1,98 jam. Rata-rata waktu perawatan preventif komponen elektrik adalah 0,86 jam, sedangkan komponen mekanik adalah 1,02 jam. Probabilitas banyaknya kerusakan komponen elektrik adalah 1,82 % s/d 34,92 %, sedangkan komponen mekanik adalah 2,27 % s/d 32,58 %. Nilai total *down time* komponen elektrik

adalah 0,8172 jam s/d 0,1452 jam, sedangkan komponen mekanik adalah 0,9840 jam s/d 0,2064 jam. Total nilai *down time* yang minimum untuk komponen elektrik adalah pada $tp = 8$ hari dengan total *down time* 0,1452 jam, sedangkan total nilai *down time* yang minimum untuk komponen mekanik adalah pada $tp = 8$ hari dengan total *down time* 0,2064 jam.

Kata kunci: *Perawatan preventif, komponen elektrik, komponen mekanik, Model Jardine*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, memacu industri-industri terus berusaha meningkatkan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkannya. Dalam bidang industri saat ini, kualitas produk sangat menentukan tingkat persaingan. Industri yang tidak mampu menghasilkan kualitas produk yang baik, akan dapat dengan mudah tersingkirkan oleh industri pesaingnya yang mampu menghasilkan produk lebih baik. Peningkatan hasil industri yang terus-menerus memerlukan proses produksi yang lancar. Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh keandalan dan ketersediaan (*availability*) mesin yang dipergunakan. Mesin yang rusak secara mendadak dapat mengganggu rencana produksi yang telah ditetapkan. Untuk menanggulangi hal tersebut diperlukan perencanaan perawatan mesin yang terjadual (*preventive maintenance*), untuk mengurangi kerusakan mesin mendadak (*failure maintenance*). Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk menjaga mesin atau fasilitas lainnya agar dalam keadaan siap pakai ketika diperlukan. Akan tetapi tiap perusahaan memiliki perbedaan kebijakan yang diterapkan. Hal ini didasari karena perbedaan konsep dalam memelihara mesin atau fasilitas lainnya. Perusahaan menilai pemeliharaan mesin ini sangat penting diperhatikan. Sistem pemeliharaan yang benar berpengaruh terhadap kelangsungan perusahaan. Hal ini disebabkan dengan sistem pemeliharaan yang benar maka akan berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi. Kelancaran proses produksi membutuhkan mesin-mesin atau peralatan produksi yang berada dalam keadaan baik. Untuk menjaga kondisi agar mesin-mesin tersebut tetap dalam keadaan andal adalah dengan melakukan proses perawatan. Perawatan mesin yang dilakukan terdiri dari 3 macam perawatan yaitu: *preventive maintenance*, *corrective maintenance*, dan *break down maintenance*.

Masalah sistem perawatan merupakan salah satu masalah penting dalam industri. Alasan utamanya adalah karena sistem perawatan merupakan faktor utama untuk kelangsungan hidup suatu sistem produksi. Jika mesin tidak dirawat, maka akan mengalami kerusakan yang lebih parah sehingga perusahaan akan mengeluarkan

biaya yang tidak sedikit untuk menggantikan komponen yang rusak. Untuk itu perusahaan harus melakukan sistem perawatan yaitu perawatan preventif pada mesin-mesin produksinya. Perawatan preventif merupakan perawatan secara berkala terhadap mesin-mesin produksi sebelum mesin mengalami kerusakan.

PT. Gunung Madu Plantation merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pertanian yang hasilnya berupa gula. Pada perusahaan tersebut banyak digunakan alat-alat bantu untuk peningkatan efisiensi kerja. Salah satu alat bantu yang sangat penting fungsinya adalah alat berat pengangkat dan pengangkut jenis excavator seri PC 200-6. Fungsi yang vital pada alat tersebut menyebabkan kelancaran proses produksi terhambat, jika terjadi kegagalan sistem atau kerusakan.

Terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen elektrik dan atau mekanik tidak dapat diketahui dengan pasti. Setiap komponen mesin yang berbeda jenisnya memiliki keandalan dan laju kerusakan yang juga berbeda. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukannya kebijakan perawatan yang baik serta memadai pada saat dibutuhkan, dan salah satu bentuk aktivitas perawatan adalah penggantian (*replacement*) komponen yang telah mengalami kerusakan (Pawesti, 2005).

Salah satu pendekatan dalam cara menanggulangi hal tersebut adalah dengan membuat ekspektasi interval waktu perawatan yang optimal dan menganalisis hubungannya dengan *down time*. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh kebijaksanaan perawatan yang optimal pada komponen elektrik dan mekanik jenis alat berat excavator seri PC200-6 serta minimalnya *down time*.

Penelitian ini memiliki tujuan mengidentifikasi tingkat kerusakan dari komponen elektrik dan mekanik alat berat excavator seri PC200-6. Menghitung dan menganalisis nilai laju kerusakan komponen elektrik dan mekanik alat berat excavator seri PC200-6. Menentukan waktu yang baik untuk tindakan *preventive replacement*. Menentukan ekspektasi jadwal interval waktu perawatan preventif yang optimal.

1. Definisi Manajemen Pemeliharaan

Pemeliharaan merupakan salah satu kegiatan logistik yang paling penting dalam mendukung kesiapan operasi peralatan industri. Konsep pemeliharaan sistem yang berlaku umum yang bertitik tolak pada kebutuhan operasi suatu sistem, di antaranya menggambarkan (Suharto, 1991):

- a. Antisipasi tingkat dukungan perawatan
- b. Aturan umum perbaikan / *repair* dan batasan-batasannya
- c. Tanggung jawab organisasi untuk perawatan
- d. Elemen – elemen utama dari dukungan logistik sebagaimana yang berlaku pada sistem baru jika akan terjadi perubahan sistem yang sudah ada harus tersedia, sehingga memudahkan proses pemeliharaan mesin
- e. Kebutuhan keefektifan sistem kaitannya dengan kemampuan dukungan sistem yang ada dalam menjalankan sebuah konsep pemeliharaan yang dibuat
- f. Lingkungan perawatan
- g. Konsep perawatan pada dasarnya menjelaskan secara umum keseluruhan lingkungan dukungan sistem dimana sistem tersebut berbeda.

2. Kebijakan Pemeliharaan

Setiap perusahaan memiliki kebijakan yang berbeda dalam proses pemeliharaan. Hal itu karena tiap perusahaan memiliki cara pandang yang berbeda dalam tujuan yang ingin dicapai setelah adanya proses tersebut.

konsep pemeliharaan melayani hal-hal sebagai berikut (Suharto, 1991):

- a. Untuk memenuhi pengembangan dalam rekayasa sistem, dan juga untuk memenuhi kriteria desain untuk elemen–elemen yang mendukung kebutuhan logistik.
- b. Untuk memenuhi kebutuhan pengembangan dukungan logistik secara lokal baik yang berhubungan langsung atau tidak langsung dengan proses produksi
- c. Untuk memenuhi ahli–ahli dasar perencanaan pemeliharaan secara detail dan akibat-akibatnya atau hal–hal yang mempengaruhi atau yang tergantung padanya, sehingga proses pemeliharaan dapat berjalan dengan baik dan dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan

Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut (Corder, 1992):

- a. Memperpanjang usia kegunaan asset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya)
- b. Menjamin kesediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum yang mungkin.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamat.
- d. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

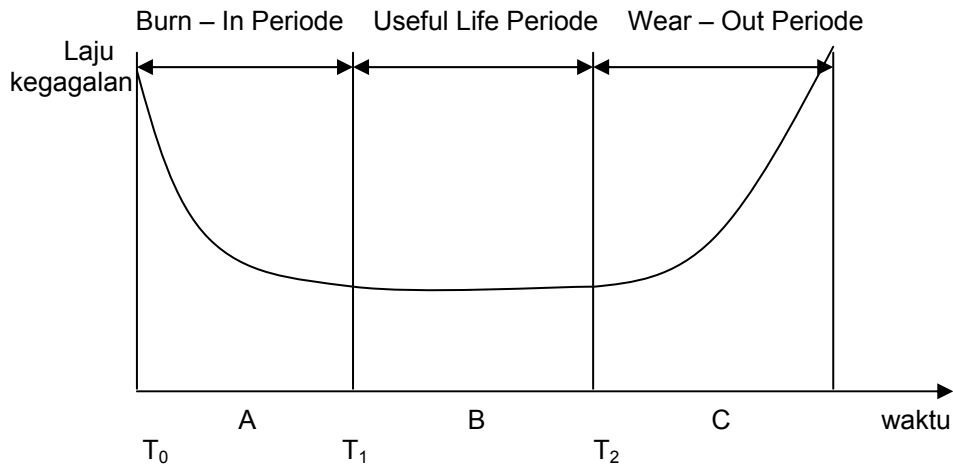
Perawatan dibagi ke dalam beberapa jenis sebagai berikut (Suharto, 1991):

- a. Berdasarkan Tingkat Perawatan
Perawatan dalam penentuannya berdasarkan tingkat kesulitan serta waktu pelaksanaan yaitu proses operasi dalam proses penggunaan objek yang akan dirawat. Semakin lama waktu penggunaan maka proses perawatan yang dilakukan semakin terencana. Berdasarkan tingkatan maka perawatan dibagi ke dalam beberapa tingkatan yaitu perawatan tingkat ringan, sedang, dan berat.
- b. Perawatan Berdasarkan Periode Pelaksanaannya
Berdasarkan periodenya perawatan dibagi menjadi perawatan terjadual dan perawatan tidak terjadual.
- c. Perawatan Berdasarkan Dukungan Dananya
Berdasarkan dananya perawatan dibagi menjadi perawatan terprogram dan perawatan tidak terprogram.
- d. Perawatan Berdasarkan Kebijakannya
Berdasarkan kebijakannya perawatan dibagi ke dalam:
 - 1) Perawatan melalui pemeriksaan (*maintenance by inspection*).
 - 2) Peremajaan sistem/fasilitas (*facility/system replacement*).
 - 3) Mengubah rancangan untuk perawatan (*maintenance by redesign*).
 - 4) Menyediakan persediaan penyangga (*buffer storage*) pada kebijakan perawatan lainnya yang dipakai.
- e. Perawatan Berdasarkan Tempat Pelaksanaannya

Perawatan mesin dalam prakteknya perlu adanya tempat perawatan yang disesuaikan dengan macam/beban kerja yang dihadapi. Tempat tersebut harus dilengkapi dengan peralatan yang memadai karena alat yang dipergunakan rata-rata memiliki harga mahal maka perlu diperhatikan keefektifan dan keefisienan dalam penggunaannya, oleh karena itu untuk menghindari duplikasi kemampuan,

maka peralatan disentralisasi penempatannya di unit-unit perawatan sesuai dengan tempat dan macam perawatan yang dilakukan.

Laju kerusakan suatu produk mengikuti suatu pola dasar atau kurva yang disebut " *Bathub Curve* ", dan dari kurva ini masa pakai suatu produk dapat dibagi menjadi 3 periode waktu atau phase seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 1. *Bathub Curve*

Pola kerusakan dapat dibedakan menjadi 3 kategori, yaitu (Nurchahyo, 2006):

- 1) Kategori *Burn - In Period*, pada waktu $T_0 - T_1$
 Kategori ini menggambarkan laju kerusakan yang menurun seiring dengan penambahan waktu operasi komponen atau sistem. Dan memiliki fungsi kepadatan probabilitas Weibull.
- 2) Kategori *Useful Life Period*, pada waktu $T_1 - T_2$
 Kategori ini menggambarkan laju kerusakan yang cenderung konstan seiring dengan penambahan waktu operasi komponen atau sistem. Dan memiliki fungsi kepadatan probabilitas Eksponensial. Pada pabrik-pabrik industri digunakan mesin-mesin yang berada pada periode *useful life* karena pada periode ini merupakan suatu periode masa pakai alat.
- 3) Kategori *Wear - Out Period*, pada waktu $T_2 - T_\infty$
 Kategori ini menggambarkan laju kerusakan yang meningkat seiring dengan penambahan waktu operasi komponen atau sistem.

Dan memiliki fungsi kepadatan probabilitas normal.

3. Fungsi Distribusi Kerusakan

Beberapa fungsi dapat digunakan dan sesuai untuk menguraikan distribusi kerusakan, seperti fungsi kepadatan kemungkinan $f(t)$, fungsi kemungkinan kumulatif $F(t)$, dan fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$. Umumnya di dalam teori keandalan dipakai variabel acak yang berkesinambungan seperti waktu, jarak, putaran dan temperatur. Bila variabel acak adalah diskrit, maka sulit untuk menentukan fungsi laju kerusakan (Lewis, 1987).

Hubungan fungsi kepadatan kemungkinan $f(t)$, fungsi kemungkinan kumulatif $F(t)$ dan fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ adalah :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \dots\dots\dots (2)$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (4)$$

Fungsi distribusi yang sering digunakan untuk menganalisa kerusakan atau

kegagalan karena *fatigue* dari material serta umur suatu alat antara lain (Walpole, 1986):

- a. Distribusi Normal
Distribusi normal dikenal dengan bentuk seperti genta. Distribusi ini simetris terhadap nilai rata – rata (*mean value*).
- b. Distribusi Weibull
Distribusi Weibull biasa digunakan untuk memodelkan kekuatan bahan, waktu rusak komponen, peralatan, serta sistem elektronik dan mekanik.
- c. Distribusi Gamma
- d. Distribusi Eksponensial
Distribusi Eksponensial mempunyai tingkat kegagalan yang tetap terhadap waktu, sedangkan distribusi log normal untuk jangka waktu yang panjang mempunyai tingkat kegagalan meningkat. Distribusi ini mempunyai sifat matematika yang menguntungkan, tetapi terbatas penggunaannya karena bila suatu sistem mempunyai umur dengan distribusi eksponensial maka penggunaan sebelumnya tidak akan berpengaruh pada umur di masa yang akan datang.

4. Penentuan Komponen Kritis

Setiap mesin terdiri dari berbagai jenis komponen-komponen penyusunnya. Masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan sehingga untuk mendapatkan kembali ke kondisi yang baik, komponen tersebut harus diperbaiki atau diganti. Namun tidak semua komponen mesin yang mengalami kerusakan berdampak signifikan terhadap beban non produksi perusahaan dari biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Komponen-komponen menjadi kelompok komponen kritis. Jumlah komponen ini biasanya lebih sedikit dari komponen yang non kritis, namun biaya untuk pergantian komponennya lebih besar dari kelompok lainnya.

a. Penentuan Distribusi Umur Komponen Kritis

Untuk menganalisis dan memecahkan persoalan dari kondisi yang riil yang ada di perusahaan, perlu diuraikan langkah-langkah pemecahannya, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas bagaimana persoalan tersebut dapat dipecahkan. Analisis kegagalan komponen kritis mesin dengan menggunakan pendekatan fungsi kepadatan berdasarkan kriteria yang sesuai dengan pola data yang terjadi. Fungsi

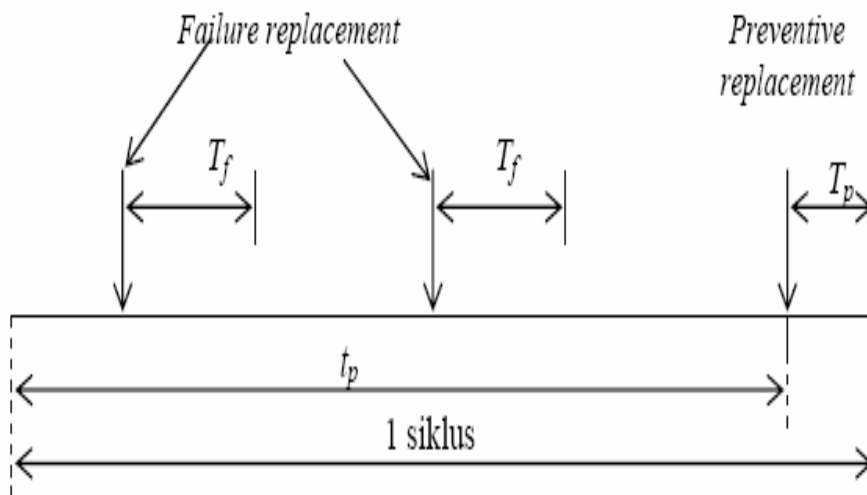
kepadatan ini merupakan bentuk dari fungsi distribusi statistik yang menunjukkan kenampakan, ciri khas, dan karakteristik dari pola data yang terjadi. Pola dari distribusi yang terjadi tersebut merupakan bentuk representatif dari pola data aktual atau data pengamatan. Dari bermacam-macam distribusi yang ada saat ini, pada umumnya model yang sering digunakan untuk menganalisis distribusi waktu kejadian kerusakan atau kegagalan komponen berbentuk distribusi kontinyu seperti distribusi *normal*, *Lognormal*, *exponential*, dan *Weibull*. Untuk mempermudah penentuan distribusi kerusakan dibantu dengan software Arena 7.0.

b. Uji Kecocokan Distribusi Kerusakan

Pengujian distribusi bertujuan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil mengikuti pola distribusi tertentu sesuai yang diasumsikan. Metode yang dipergunakan untuk uji kecocokan distribusi adalah dengan *Goodness Of Fit Test*. Metode ini terdiri dari dua tipe, tipe pertama adalah *general test* atau uji umum, berguna untuk menguji lebih dari satu distribusi teoritis, sedangkan tipe kedua adalah *specific test* atau uji khusus berguna untuk menyesuaikan validitas data pada satu distribusi tertentu yaitu, distribusi *weibull*, *normal*, *lognormal*, dan *eksponensial* (Ebeling, 1997).

5. Preventive Replacement Time

Model penetapan interval perawatan pencegahan, dalam hal ini penggantian pencegahan yang telah dikembangkan dengan mempertimbangkan ketersediaan jumlah teknisi untuk meminimumkan *down time* adalah model Jardine (1987). Model tersebut yaitu: *Preventive replacement* akan dilakukan pada interval penggantian (t_p) dan selama interval penggantian ada kemungkinan terjadi beberapa kali penggantian komponen yang terjadi secara mendadak (*failure replacement*). Setiap terjadi penggantian yang mendadak, memerlukan waktu sebesar T_f dan setiap penggantian pencegahan memerlukan waktu sebesar T_p untuk mengganti komponen seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini (Santoso, 2005):



Gambar 2. Siklus Penggantian Pencegahan

Nilai harapan banyaknya kerusakan yang terjadi $H(t_p)$ pada panjang siklus tertentu dapat dihitung dengan rumus:

$$H(t_p) = \sum_{i=0}^{T_p-1} [1 + H(t_p - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t) dt \quad (5)$$

Keterangan:

$H(t_p)$ = banyaknya kerusakan kegagalan dalam interval waktu $(0, t_p)$, merupakan nilai harapan.

$f(t) dt$ = fungsi kepekaan peluang (p.d.f)

t_p = interval waktu kerusakan.

Penetapan interval pencegahan (t_p) yang optimal mempergunakan persamaan (Jardine, 1987):

$$D(t_p) = \frac{\text{Downtime akibat kegagalan} + \text{Downtime penggantian pencegahan}}{\text{panjang siklus}} \quad (6)$$

Keterangan :

Downtime akibat kegagalan = ekspektasi jumlah kegagalan dalam interval $(0, t_p)$ x waktu untuk penggantian kegagalan

$$= H(t_p) \times T_f \quad (7)$$

Downtime akibat penggantian pencegahan = T_p

$$\text{Sehingga: } D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p} \quad (8)$$

Keterangan:

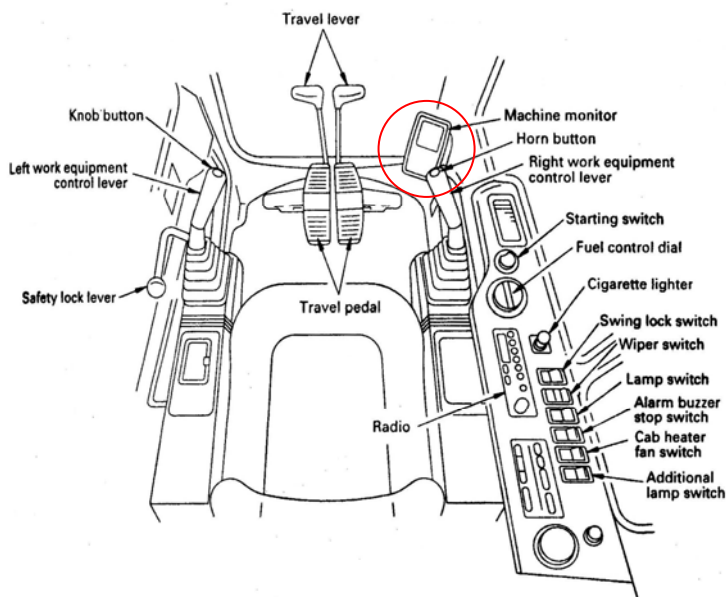
T_f = waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan

T_p = waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif (komponen belum rusak)

$t_p + T_p$ = panjang satu siklus

6. Perangkat *Electrical Equipment* dan *Mechanical Equipment* pada Komatsu seri PC200-6

Perangkat sistem elektrik pada Komatsu seri PC200-6 selain sebagai perangkat standar dalam alat-alat berat, komponen elektrik pada seri PC200-6 juga berfungsi sebagai alat pemantau atau memonitor kerja dari sistem mesin atau engine dan sistem hidrolik. Ketiga sistem tersebut saling berhubungan atau saling berkaitan, jika terjadi gangguan pada sistem mesin atau sistem hidrolik maka pada panel monitor akan menyala sebagai tanda peringatan terjadinya gangguan dari salah satu sistem. Sehingga dapat mempermudah melakukan tindakan perawatan dan dapat mempermudah operator dalam menjalankan atau pengoperasian unit di lapangan (Wijaya, 2005).



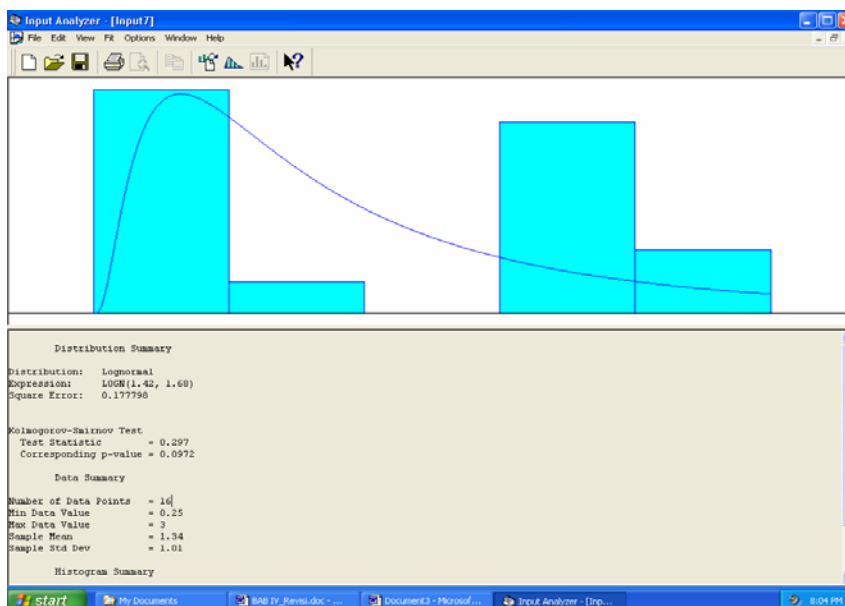
Gambar 3. Ruang Kemudi (*Machine Monitor*)

Perangkat sistem mekanik terbagi menjadi 2 komponen, yang terdiri dari komponen mesin dan komponen sistem hidrolik. Cara kerja dari kedua komponen ini yaitu, jika mesin menyala maka akan menggerakkan pompa hidrolik, kemudian akan memompa oli hidrolik yang nantinya dialirkan keseluruh perangkat alat kerja dari unit. Semua sistem ini dimonitor oleh sistem perangkat elektrik sehingga kondisi

dari mesin dan sistem hidrolik dapat diketahui.

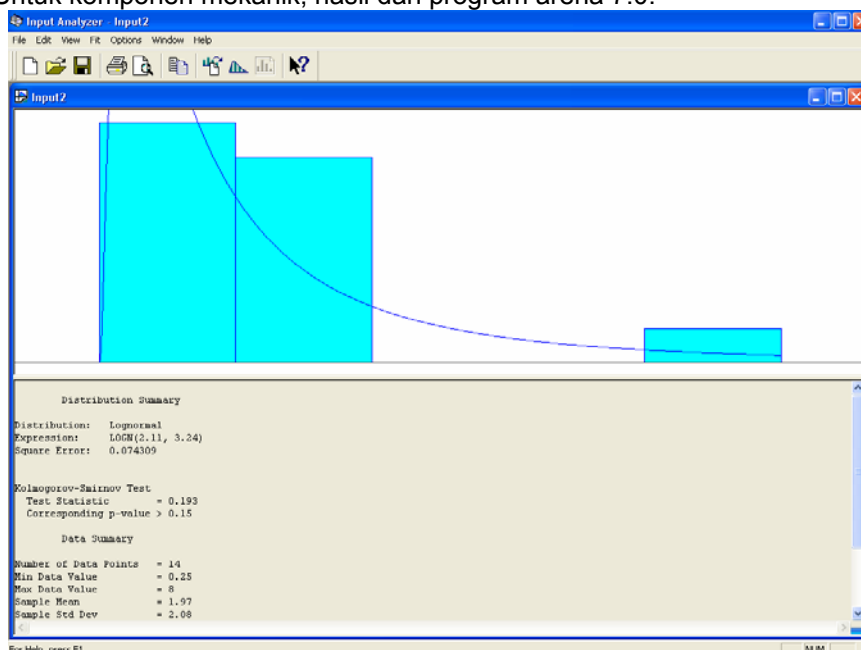
B. PEMBAHASAN

- 1 Penentuan distribusi tingkat kerusakan korektif Komponen Elektrik dan Mekanik.
 - a Untuk komponen elektrik, hasil dari program arena 7.0:



Gambar 4. Distribusi laju kerusakan Log normal komponen elektrik

b) Untuk komponen mekanik, hasil dari program arena 7.0:



Gambar 5. Distribusi laju kerusakan Log normal komponen mekanik

- 2 Perhitungan rata-rata dan standar deviasi waktu antar kerusakan
 - a Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi waktu antar kerusakan untuk komponen elektrik

Waktu antar kerusakan ini merupakan kerusakan pada semua komponen elektrik selama periode pengamatan. Komponen yang mengalami kerusakan cukup

bervariasi, sedangkan komponen yang dominan mengalami kerusakan terutama instalasi kabel body. Total interval waktu kerusakan komponen elektrik yaitu 3596,64 jam. Total *down time* akibat kerusakan pada komponen elektrik yaitu 35,4 jam. Data waktu antar kerusakan, *down time*, nilai rata-rata, dan standar deviasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai rata-rata, dan standar deviasi waktu antar kerusakan dan *down time* komponen elektrik

Uraian	Rata-rata (μ)	Standar Deviasi (σ)
Interval waktu kerusakan	119,89 jam = 9,99 hari	70,21 jam = 5,85 hari
<i>Down Time</i>	0,885 jam = 0,073 hari	1,01 jam = 0,084 hari

Waktu yang diperlukan untuk melakukan tindakan perawatan preventif yaitu rata-rata 0,86 jam, sehingga waktu perawatan preventif (T_p) adalah 0,072 hari dan waktu rata-rata *down time* (T_f) adalah 0,073 hari. Dengan menggunakan persamaan 5 dan bantuan tabel distribusi kumulatif Z, maka dapat dihitung nilai harapan banyaknya kerusakan yang terjadi $H(tp)$ pada panjang siklus tertentu, yaitu sebagai berikut:

$$H(tp) \text{ pada } tp = 1$$

$$H(1) = \{1 + H(0)\} \left\{ \frac{1}{\sigma T_i \sqrt{2\pi}} \int_0^1 \exp - \frac{(t - \mu T_i)^2}{(\sigma T_i)^2} \right\}$$

$$= 0,0182$$

Selanjutnya dilakukan pula perhitungan $H(tp)$ dari $tp = 2$ hari sampai 8 hari. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. Nilai $H(T_p)$ pada masing-masing interval waktu kerusakan untuk komponen elektrik

tp (hari)	Nilai Harapan $H(tp)$
1	0,0182
2	0,0420
3	0,0746
4	0,1133
5	0,1600
6	0,2150
7	0,2782
8	0,3492

Interval waktu perawatan preventif optimal untuk meminimumkan *down time* dapat ditentukan dengan menghitung $D(tp)$ yang minimum dengan menggunakan persamaan 8. Perhitungan $D(tp)$ (untuk mencari beberapa waktu interval perawatan preventif) dengan parameter $H(tp)$ = interval waktu 1 sampai 8 hari, T_p = 0,072 hari, dan T_f = 0,073 hari adalah sebagai berikut:

$D(tp)$ pada $tp = 1$

$$D(tp) = \frac{H(tp)(0,073) + (0,072)}{tp + 0,072}$$

$$= 0,0681$$

Selanjutnya dilakukan pula perhitungan $D(tp)$ dari $tp = 2$ hari sampai 8 hari. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3. Total *down time* dari beberapa interval waktu tp untuk komponen elektrik

T_p (hari)	$D(tp)$ (hari)	$D(tp)$ (jam)
1	0,0681	0,8172
2	0,0362	0,4344
3	0,0251	0,3012
4	0,0196	0,2352
5	0,0166	0,1992
6	0,0145	0,1740
7	0,0130	0,1560
8	0,0121	0,1452

Berdasarkan hasil perhitungan $D(tp)$ dari masing-masing interval yang ada pada tabel di atas, maka dapat ditentukan interval perawatan yang optimal yaitu pada $tp = 8$ dengan total *down time* 0,1452 jam.

- b) Perhitungan rata-rata dan standar deviasi waktu antar kerusakan untuk komponen mekanik

Waktu antar kerusakan ini merupakan kerusakan pada semua komponen mekanik selama periode

pengamatan. Komponen yang mengalami kerusakan cukup bervariasi, sedangkan komponen yang dominan mengalami kerusakan terutama under carier, boom, arm. Total interval waktu kerusakan 3421,45 jam. Total waktu *down time* akibat kerusakan pada komponen mekanik 55,45 jam.

Data waktu antar kerusakan, *down time*, nilai rata-rata, dan standar deviasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Nilai rata-rata, dan standar deviasi waktu antar kerusakan dan *down time* komponen mekanik

Uraian	Rata-rata (μ)	Standar Deviasi (σ)
Interval waktu kerusakan	122,19 jam = 10,18 hari	90,59 jam = 7,55 hari
<i>Down Time</i>	1,98 jam = 0,165 hari	1,98 jam = 0,165 hari

Waktu yang diperlukan untuk melakukan tindakan perawatan preventif yaitu rata-rata 1,02 jam, sehingga waktu perawatan preventif (T_p) adalah 0,085 hari dan waktu rata-rata *down time* (T_f) adalah 0,165 hari. Dengan menggunakan persamaan 5 dan

bantuan tabel distribusi kumulatif Z, maka dapat dihitung nilai harapan banyaknya kerusakan yang terjadi $H(tp)$ pada panjang siklus tertentu (dari $tp = 2$ hari sampai 8 hari). Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Nilai $H(T_p)$ pada masing-masing interval waktu kerusakan untuk komponen mekanik

tp (hari)	Nilai Harapan $H(tp)$
1	0,0227
2	0,0521
3	0,0845
4	0,1217
5	0,1642
6	0,2152
7	0,2681
8	0,3258

Interval waktu perawatan preventif optimal untuk meminimumkan *down time* dapat ditentukan dengan menghitung $D(tp)$ yang minimum dengan menggunakan persamaan 8. Perhitungan $D(tp)$ (untuk mencari

beberapa waktu interval perawatan preventif) dengan parameter $H(tp)$ = interval waktu 1 sampai 8 hari, T_p = 0,085 hari, dan T_f = 0,165 hari. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Total *down time* dari beberapa interval waktu tp untuk komponen mekanik

Tp (hari)	$D(tp)$ (hari)	$D(tp)$ (jam)
1	0,0820	0,9840
2	0,0451	0,5412
3	0,0321	0,3852
4	0,0257	0,3084
5	0,0220	0,2640
6	0,0198	0,2376
7	0,0182	0,2184
8	0,0172	0,2064

Berdasarkan hasil perhitungan $D(tp)$ dari masing-masing interval yang ada pada tabel di atas, maka dapat ditentukan interval perawatan yang optimal yaitu pada $tp = 8$ dengan total *down time* 0,2064 jam.

C. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisis hasil pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan:

1. Performansi atau unjuk kerja komponen elektrik dan mekanik berbeda, yang tercermin dari rata-rata waktu antar kerusakan dan *down time*. Secara keseluruhan tingkat keandalan mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan yang menggambarkan tingkat kerusakan selama penggunaan masing-masing komponen mengalami peningkatan sejalan dengan lamanya waktu operasi.
2. Rata-rata interval waktu kerusakan untuk komponen elektrik adalah 119,89 jam atau 9,99 hari, sedangkan untuk komponen mekanik adalah 122,19 jam atau 10,18 hari. Rata-rata *down time* untuk komponen elektrik adalah 0,885 jam atau 0,073 hari,

sedangkan untuk komponen mekanik adalah 1,98 jam atau 0,165 hari.

3. Waktu yang diperlukan untuk melakukan tindakan perawatan preventif untuk komponen elektrik adalah rata-rata 0,86 jam atau 0,072 hari, sedangkan untuk komponen mekanik adalah rata-rata 1,02 jam atau 0,085 hari.
4. Probabilitas banyaknya kerusakan yang terjadi semakin meningkat atau berkorelasi positif terhadap bertambah lamanya waktu perawatan preventif (1 hari s/d 8 hari) untuk komponen elektrik adalah 0,0182 s/d 0,3492 atau 1,82 % s/d 34,92 %, sedangkan untuk komponen mekanik adalah 0,0227 s/d 0,3258 atau 2,27 % s/d 32,58 %.
5. Nilai total *down time* yang terjadi akibat kerusakan semakin menurun berkorelasi negatif terhadap bertambah lamanya interval waktu perawatan preventif (1 hari s/d 8 hari) untuk komponen elektrik adalah 0,0681 hari s/d 0,0121 hari atau 0,8172 jam s/d 0,1452 jam, sedangkan untuk komponen mekanik adalah 0,0820 hari s/d 0,0172 hari atau 0,9840 jam s/d 0,2064 jam.

6. Total nilai *down time* yang minimum dari komponen elektrik adalah pada $t_p = 8$ hari dengan total *down time* = 0,0121 hari atau 0,1452 jam, sedangkan total nilai *down time* yang minimum dari komponen mekanik adalah pada $t_p = 8$ hari dengan total *down time* = 0,0172 hari atau 0,2064 jam.

Daftar Pustaka

- Corder, A., diterjemahkan Hadi, K., 1992, *Tenik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta.
- Ebeling, E. Charles, 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw – Hill., Singapore.
- Jardine, A.K.S, 1987, *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publising, New York.
- Lewis, EE., 1987, *Introduction To Reliability Engineering*, Department of Mechanical and Nuclear Engineering Northwestern University, John Willey & Sons.
- Nurchahyo, R., 2006, *Modern Maintenance Managemen and Spare part Managemenet, Quality Buana Insani Colsulting*, Jakarta
- Pawesti, G, H., 2005, *Analisis Kerusakan Mesin untuk Menentukan Penjadwalan Perawatan komponen Kritis Berdasarkan MTTF (Mean Time To Failure) dengan Pendekatan Reability*, Teknik Manajemen Industri, IST. AKPRIND, Yogyakarta.
- Santoso A., Anantasari, 2005, *Penetapan Waktu Penggantian Pencegahan Komponen Mesin untuk Meminimumkan Down time.*, Prosiding Seminar Nasional Pemodelan Sistem.
- Suharto, 1991, *Manajemen Perawatan Mesin*, Jakarta, PT. Rineka Cipta Anggota IKAPI.
- Walpole R, E., Myers Raymond H, 1986, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*, ITB-Press, Bandung.
- Wijaya, Y., 2005, *Sistem Pengoperasian dan Perawatan Mesin Excavator 320-320L*, Teknik Mesin, UGM, Yogyakarta.