

PENENTUAN *OPTIMAL PREVENTIVE REPLACEMENT AGE* UNTUK MEMINIMASI *DOWNTIME BLADE DAN SAMBUNGAN AS CAKE BREAKER CONVEYOR (Studi Kasus PT X)*

Feri Afrinaldi¹

¹⁾ Laboratorium POSI Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas

Abstract

Cake Breaker Conveyor (CBC) is one of the production facilities in production floor of PT X (a crude palm oil industry). The function of CBC is to break and transport the residues of crude palm to the fiber cyclone (the next facilities to produce crude palm oil from crude palm nut). If CBC fails, it can make other facilities do not run, because CBC and those facilities have serial construction, the failure of CBC also can cause other facilities damage. The quality of crude palm oil also has high dependency to the processing quality in CBC.

Based on historical experience, CBC has the highest contribution (31.4%) to the total downtime of the all production facilities in producing crude palm oil from crude palm nut. Blade and shaft joint, the two main components in CBC construction, have the highest contribution to CBC downtime, Blade contributed 42.3% to the CBC downtime and shaft joint contributed 38.0%. The downtime of blade was 8 hours in 1000 hours of its operation cycle and the downtime of shaft joint was 14 hours in 1000 hours of its operation cycle.

Maintenance department of PT X just wait until blade or shaft joint fail, then they replaced those components. This failure replacement consumed long time, but if preventive replacement done, the time can be reduced.

Based on that reason, there is a need to determine the optimal preventive replacement age to minimize downtime of blade and shaft joint. The Jardine model (1973) is used here, to minimize downtime blade and shaft joint.

The model results that the optimal preventive replacement of blade can be held if blade has operated 1436 hours and at the 2635 hours of operation for shaft joint.

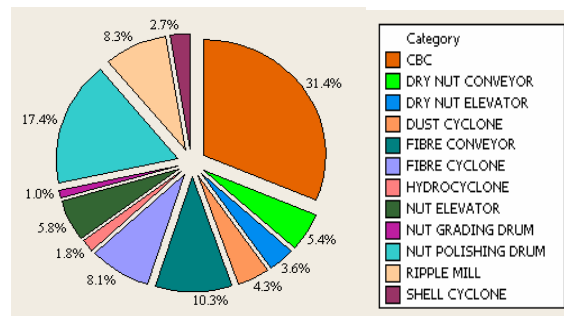
Keywords : *downtime, preventive replacement, maintenance*

1. Pendahuluan

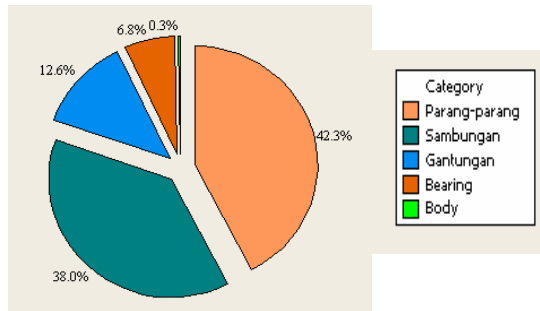
Cake Breaker Conveyor (CBC) merupakan salah satu peralatan produksi yang ada di lantai produksi PT. X. CBC berfungsi untuk memecah gumpalan ampas hasil pengempaan buah sawit dan mengangkutnya ke dalam fiber cyclone. Fungsi untuk memecah gumpalan ampas dilakukan oleh komponen CBC yang disebut blade. Blade di pasang pada poros (as) yang berputar dengan kecepatan tertentu. Sempurna atau tidaknya proses pemecahan gumpalan ampas sangat menentukan mutu proses pemisahan serat dengan biji di dalam depericarper dan juga sangat menentukan efisiensi proses pemecahan biji di dalam alat pemecah biji (kernel). Blade dan sambungan as yang merupakan komponen dari mesin CBC beroperasi 20 jam per hari untuk hari Senin sampai dengan hari Jum'at sedangkan pada hari Sabtu hanya beroperasi selama 6 jam per hari dan hari Minggu tidak beroperasi.

Pengalaman selama ini menunjukkan bahwa CBC merupakan peralatan yang paling sering mengalami kerusakan dan

belum ada suatu kebijakan perawatan untuk meminimasi kerusakan tersebut. Bentuk kerusakan yang terjadi adalah patahnya blade dan putusnya sambungan as CBC. Kerusakan ini dapat mengakibatkan liner dan body CBC menjadi rusak dan menghentikan proses pengolahan kernel secara keseluruhan. Tindakan yang selama ini dilakukan dalam menghadapi kerusakan tersebut adalah dengan mengganti blade atau sambungan as yang mengalami kerusakan (failure replacement).



Gambar 1. Persentase Downtime Peralatan Pengolah Kernel



Gambar 2. Persentase Downtime Komponen CBC Terhadap Total Downtime CBC

Dalam kasus ini aktivitas perawatan ditujukan untuk meminimasi total downtime karena kerusakan yang terjadi pada blade dan sambungan as dalam rangka menurunkan downtime sistem secara keseluruhan.

CBC merupakan peralatan pengolah kernel dengan persentase downtime paling tinggi (31.4%) dan penyebab tingginya downtime CBC adalah kerusakan pada blade (42.3%) dan sambungan (38.0%), Gambar 1 dan 2. Pengalaman sebelumnya menunjukkan bahwa kerusakan pada blade mengakibatkan 8 jam dalam 1000 jam operasinya sedangkan kerusakan pada sambungan as mengakibatkan 14 jam downtime dalam 1000 jam operasinya.

Untuk mencapai hal tersebut frekwensi failure replacement harus dikurangi dan menggantinya dengan preventive replacement. Namun permasalahannya sekarang adalah, dengan meningkatnya frekwensi preventive replacement maka downtime akan meningkat karenanya, tetapi dengan meningkatnya frekwensi preventive replacement maka downtime karena failure replacement akan berkurang. Oleh karena itu harus ditentukan kapan preventive replacement seharusnya dilakukan untuk meminimasi total downtime.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Reliability

Reliability didefinisikan sebagai probabilitas bahwa sistem akan bertahan (survive) selama t satuan waktu (Ramakumar, 1993), fungsi reliability didefinisikan sebagai:

$$R(t) = 1 - F(t) \tag{1}$$

F(t) merupakan fungsi kepadatan probabilitas kumulatif (cdf = cumulative density function). F(t) didefinisikan sebagai:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \tag{2}$$

Dan f(t) merupakan fungsi kepadatan probabilitas (pdf = probability density function).

2.2 Optimal Preventive Replacement Age untuk Meminimasi Downtime

Dalam beberapa kasus, karena kesulitan dalam menentukan biaya untuk melakukan kegiatan perawatan atau untuk memaksimalkan utilisasi dari peralatan tersebut, kebijakan penggantian lebih ditujukan untuk meminimasi total downtime (waktu dimana fasilitas dalam keadaan tidak dapat dipakai/ dioperasikan) persatuan waktu. Permasalahannya sekarang adalah, dengan meningkatnya frekwensi preventive replacement maka downtime akan meningkat karenanya, tetapi dengan meningkatnya frekwensi preventive replacement maka downtime karena failure replacement akan berkurang.

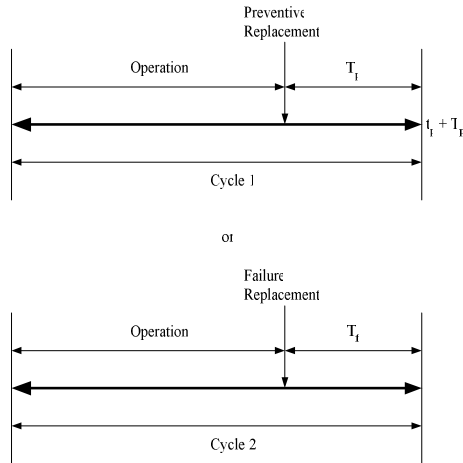
Jardine (1973) telah merumuskan model optimal preventive replacement age untuk meminimasi downtime. Model tersebut adalah sebagai berikut:

Notasi:

1. T_f = downtime yang diperlukan untuk melakukan failure replacement.
2. T_r = downtime yang diperlukan untuk melakukan preventive replacement.
3. $f(t)$ = fungsi kepadatan probabilitas waktu antar kerusakan peralatan.
4. $M(tp)$ = mean time to failure ketika preventive replacement dilakukan pada waktu sama dengan tp .
5. Tujuan atau objektif dari model ini adalah menentukan optimal age dari tp yang merupakan waktu pada saat preventive replacement dilakukan untuk meminimasi downtime per satuan waktu. Kebijakan ini diilustrasikan oleh Gambar 3.

Total downtime per satuan waktu untuk preventive replacement pada waktu tp , ditulis sebagai $D(tp)$ adalah,

$$D(tp) = \frac{\text{Totalekspektasidowntimeper siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}} \tag{3}$$



Gambar 3. Ilustrasi Model (Jardine, 1973)

$$\begin{aligned}
 &\text{Total Ekspektasi Downtime per Siklus} = \\
 &(\text{Downtime dalam satu siklus preventive} \times \\
 &\text{Probabilitas satu siklus preventive}) + \\
 &(\text{Downtime dalam satu siklus failure} \times \\
 &\text{Probabilitas satu kali siklus failure}) = \\
 &(T_p R(t_p)) + (T_f [1 - R(t_p)]) \tag{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Ekspektasi panjang siklus} \\
 &= (t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)] \\
 &M(t_p) = \left(\int_0^{t_p} t f(t) dt \right) / [1 - R(t_p)] \tag{5}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$D(t_p) = \frac{T_p R(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)]} \tag{6}$$

3. Metodologi Penelitian

Secara garis besar, rangkaian metode yang diterapkan pada pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Mengumpulkan data waktu kerusakan (time to failure) dan waktu perbaikan (time to repair) blade dan sambungan as.

2. Menentukan distribusi waktu kerusakan dan perbaikan parang-parag dan sambungan as.
3. Menentukan optimal preventive replacemen age untuk meminimasi downtime blade dan sambungan as CBC berdasarkan model yang telah dikembangkan oleh Jardine (1973).

4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1 Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Waktu kerusakan komponen merupakan waktu antara selesainya perbaikan sebuah kerusakan dengan waktu mulai terjadinya kerusakan berikutnya.

Dalam menghitung waktu kerusakan yang dimasukkan dalam perhitungan hanyalah waktu operasi komponen tersebut. Karena pada hari Minggu pabrik tidak beroperasi dan pada hari Sabtu hanya beroperasi selama 6 jam, maka waktu antar kerusakan dirumuskan sebagai:

$$\begin{aligned}
 TTF_{i+1} = &\text{Waktu mulai kerusakan ke } i+1 - \\
 &\text{Waktu selesai perbaikan ke } i - \\
 &\text{Jumlah hari Minggu yang dilewati} \\
 &\text{selama rentang waktu tersebut} - \\
 &[\text{Jumlah hari Sabtu yang dilewati} - \\
 & (6/20) \times \text{Jumlah hari Sabtu yang} \\
 & \text{dilewati}]
 \end{aligned}$$

Data waktu kerusakan dan perbaikan selengkapnya dapat dilihat sebagaimana berikut ini:

Tabel 1. Data Waktu Kerusakan dan Perbaikan Blade.

1015.50	3649.00	2693.00	2631.00
2177.00	7076.50	83.50	182.00
248.50	981.00	956.00	2330.00
145.50	329.50	63.00	148.00
305.50	1084.00	324.00	67.00
720.00	92.00	613.50	191.00
249.00	843.50	1044.50	1709.00
a1. Waktu kerusakan blade (dalam jam)			
7.00	1.50	0.50	0.50
3.00	1.50	0.50	1.50
3.00	3.00	4.50	1.00
1.00	0.50	0.50	3.00
2.00	1.50	3.00	6.50
4.00	1.50	1.00	1.00
2.00	1.50	5.50	1.00
1.00			
a2. Waktu perbaikan blade (dalam jam)			

Tabel 2. Data Waktu Kerusakan dan Perbaikan Sambungan As

2132.50	185.50	737.50	169.50	393.25
382.00	1046.00	296.00	141.00	6841.25
192.00	627.00	393.50	1392.00	82.50
487.50	3536.00	91.00	160.50	11.00
794.50	834.00	2036.50	30.50	949.00
2900.00	798.00	561.00	978.00	1697.50
1022.50				

b1. Waktu kerusakan sambungan as (dalam jam)

0.50	0.50	1.50	0.50	1.00
2.00	1.00	1.50	5.00	1.00
1.00	2.00	1.50	2.00	6.00
1.00	1.00	1.50	4.00	1.50
0.50	2.00	1.50	3.00	1.00
1.00	1.50	0.50	3.50	2.00
3.00	2.00			

b2. Waktu perbaikan sambungan as (dalam jam)

4.2 Distribusi Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Analisis keandalan dan perawatan berkaitan erat dengan distribusi yang mendasari data. Awal analisis keandalan dan perawatan adalah menentukan distribusi yang mendasari data.

Untuk menentukan distribusi waktu kerusakan dan perbaikan, dalam penelitian ini, digunakan Goodness-of-fit measures. Statistik yang digunakan adalah Anderson-Darling statistic. Anderson-Darling statistic yang lebih kecil menunjukkan bahwa data lebih cocok dengan distribusi yang diuji.

Tabel 3 dan 4 menunjukkan hasil goodness-of-fit test untuk waktu kerusakan blade.

Tabel 3. Goodness-of-Fit Test Waktu Kerusakan Blade

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1.261	0.962
Lognormal	0.730	0.988
Exponential	2.028	*
Loglogistic	0.865	0.981
3-Parameter Weibull	0.713	0.985
3-Parameter Lognormal	0.710	0.989
2-Parameter Exponential	1.867	*
3-Parameter Loglogistic	0.827	0.984
Smallest Extreme Value	6.398	0.716
Normal	3.081	0.826
Logistic	2.689	0.834

Tabel di atas menunjukkan bahwa waktu kerusakan blade mengikuti distribusi 3-Parameter Lognormal. Hasil estimasi parameter distribusi 3-Parameter Lognormal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter Estimates Waktu Kerusakan Blade

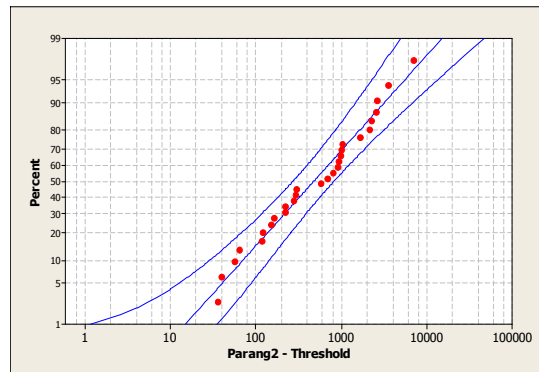
Parameter	Estimate	Standard Error	95.0% Normal CI Lower	95.0% Normal CI Upper
Location	6.17335	0.280662	5.62327	6.72344
Scale	1.48512	0.214260	1.11933	1.97045
Threshold	26.5238	0	26.5238	26.5238

Log-Likelihood = -222.332

Goodness-of-Fit
Anderson-Darling (adjusted) = 0.710
Correlation Coefficient = 0.989

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95.0% Normal CI Lower	95.0% Normal CI Upper
Mean(MTTF)	1471.94	613.277	650.486	3330.73
Standard Deviation	4107.51	3005.76	978.801	17237.1
Median	506.316	134.660	300.633	852.721
First Quartile(Q1)	202.730	55.6253	118.403	347.114
Third Quartile(Q3)	1332.95	412.419	726.862	2444.44
Interquartile R.(IQR)	1130.23	382.796	581.931	2195.12



Gambar 4. Probability Plot untuk Blade

Cara pengujian yang sama dengan di atas juga dilakukan untuk waktu perbaikan blade, waktu kerusakan sambungan as dan waktu perbaikan sambungan as. Hasilnya ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Variabel random	Distribusi	Parameter	MTTF / MTRR
Waktu kerusakan blade	3-Parameter Lognormal $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}(x-\lambda)} e^{-\frac{[\ln(x-\lambda)-\mu]^2}{2\sigma^2}}$	$\mu = 6.7335$ $\sigma = 1.48512$ $\lambda = 26.5238$	1471.94
Waktu perbaikan blade	2-Parameter Exponential $f(x) = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{(x-\lambda)}{\theta}}$	$\theta = 1.95243$ $\lambda = 0.317319$	2.26975
Waktu kerusakan sambungan as	3-Parameter Lognormal $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}(x-\lambda)} e^{-\frac{[\ln(x-\lambda)-\mu]^2}{2\sigma^2}}$	$\mu = 6.41494$ $\sigma = 1.15020$ $\lambda = -54.6527$	1129.07
Waktu perbaikan sambungan as	3-Parameter Loglogistic $f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)}}{\sigma \left[1 + e^{-\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)}\right]^2}$	$\mu = 0.388380$ $\sigma = 0.376151$ $\lambda = -0.0245637$	1.85874

Total downtime per satuan waktu untuk preventive replacement pada waktu t_p , dinyatakan oleh,

$$D(t_p) = \frac{T_p R(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)]}$$

Hasil plot t_p versus $D(t_p)$ ditunjukkan oleh Gambar 5.

Nilai minimum $D(t_p)$ diperoleh pada saat $t_p = 1456$ jam, dengan $D(1456) = 4.197102755626 \times 10^{-3}$.

Hal yang sama juga dilakukan untuk sambungan as. Sambungan as mempunyai: $T_f = \text{MTTR} = 1.85874$ jam, $T_r = 0.5$ jam.

Hasil plot t_p versus $D(t_p)$ sambungan as ditunjukkan oleh Gambar 6.

Nilai minimum $D(t_p)$ diperoleh pada saat $t_p = 2635$ jam, dengan $D(2635) = 2.44 \times 10^{-3}$.

4.3 Model Optimal Preventive Replacement Age untuk Meminimasi Downtime

Model yang digunakan adalah model Optimal Preventive Replacement Age untuk Meminimasi Downtime yang dirumuskan oleh Jardine (1973). Model ini dipakai untuk menentukan waktu penggantian (preventif) blade dan sambungan as.

Berdasarkan data-data yang telah diolah diketahui bahwa (untuk blade): $T_f = \text{MTTR} = 2.26975$ jam, $T_r = 0.75$ jam,

$$\text{pdf, } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}(x-\lambda)} e^{-\frac{[\ln(x-\lambda)-\mu]^2}{2\sigma^2}}$$

dimana $\mu = 6.7335$, $\sigma = 1.48512$, dan $\lambda = 26.5238$.

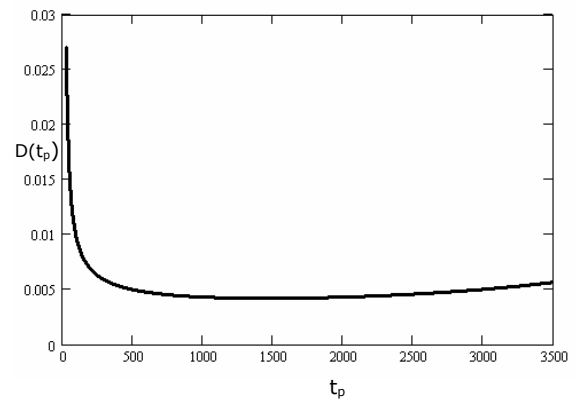
Fungsi keandalan blade pada saat preventive replacement dilakukan dinyatakan sebagai,

$$R(t_p) = 1 - \int_{26.5238}^{t_p} f(x) dx$$

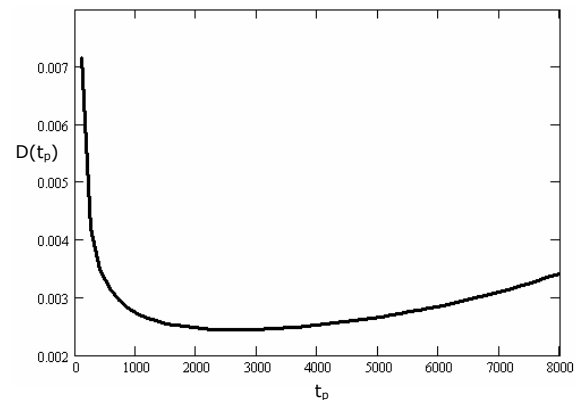
t_p merupakan waktu dimana preventive replacement dilakukan.

Mean time to failure pada saat preventive replacement dilakukan dinyatakan sebagai,

$$M(t_p) = \frac{\int_{26.5238}^{t_p} x f(x) dx}{1 - R(t_p)}$$



Gambar 5. $D(t_p)$ versus t_p Blade



Gambar 6. $D(t_p)$ versus t_p Sambungan As

5. Kesimpulan

Preventive replacement untuk blade dapat dilakukan pada saat blade telah beroperasi selama 1456 jam dan untuk sambungan as dapat dilakukan pada saat sambungan as telah beroperasi 2635 jam.

Kebijakan ini menghasilkan ekspektasi lama downtime untuk blade selama 4.197 jam dalam 1000 jam siklus operasinya, dimana satu siklus sama dengan waktu operasi ditambahkan dengan waktu perbaikan, sedangkan untuk sambungan as adalah 2.44 jam dalam 1000 jam siklus operasinya.

Pengalaman sebelumnya menunjukkan bahwa kerusakan pada blade mengakibatkan 8 jam dalam 1000 jam operasinya sedangkan kerusakan pada sambungan as mengakibatkan 14 jam downtime dalam 1000 jam operasinya.

6. Daftar Pustaka

- Campbell, John D., Jardine, A.K.S., *Maintenance Excellence*, Marcel Dekker Inc, New York, 2001.
- Gani, A. Z., et.al., *Maintenance Management I*, PT. Petrakonsulindo Utama, Bandung, 1985.
- Jardine, A.K.S., *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing Corporation, New York, 1973.
- Law, Averill M., Kelton, W.David. *Simulation Modelling & Analysis*. McGraw-Hill, Singapore, 1991.
- Ramakumar, R., *Engineering Reliability; Fundamental and Applications*, Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- Walpole, Ronald E., Myers, Raymond H., Myers, Sharon L., *Probability and Statistic for Engineers and Scientist*, Prentice Hall International, New Jersey, 1998.
- Wolstenholme, Linda C., *Reliability Modelling A statistical Approach*, Chapman&Hall/CRC, New York, 1999.