

MINIMASI DOWNTIME MENGGUNAKAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DI PT. AGRONESIA INKABA

Ragil Pardiyono¹, Rifki Fadillah²

Universitas Jenderal Achmad Yani, Bandung, Indonesia

Email : ragil.pardiyono@lecture.unjani.ac.id

Received: February 26, 2020. Accepted: June 30, 2020

ABSTRAK

PT. Agronesia Inkaba adalah Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), yang bergerak di industri karet. PT. Agronesia Inkaba sering mengalami permasalahan *breakdown* mesin yang tinggi pada mesin utama yaitu *kneader* KD-75-150D. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui *downtime* yang terjadi pada mesin *kneader* KD 75-150D selama tahun 2017 yaitu sebesar 152,26 jam dengan jumlah kerusakan sebanyak 29 kali dengan total kerugian sebesar Rp. 105.352.184. Identifikasi masalah dilakukan dengan metode menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Berdasarkan hasil nilai RPN tertinggi diperoleh 3 komponen kritis yaitu *Seal Packing, Bearing, Belt*. Maka tujuan penelitian ini adalah menjadwalkan preventive maintenance ketiga komponen kritis tersebut. Metode yang digunakan untuk menentukan jadwal interval pergantian komponen yaitu *age replacement* dan *group replacement* untuk meminimasi. Setelah melakukan kebijakan *preventive maintenance* menggunakan *age replacement* terjadi penurunan *downtime* menjadi 79,8 jam. Waktu pergantian untuk setiap komponennya adalah 28 hari *seal packing*, *bearing* 38 hari dan *belt* 41 hari. Untuk metode *group replacement* menghasilkan interval waktu pergantian setiap 34 hari sekali dengan total pergantian sebanyak 10 kali dalam 1 tahun dengan total *downtime* 76,8 jam pertahun. Total biaya *corrective maintenance* sebesar Rp. 80.730.998 per tahun, sedangkan biaya penggantian *preventive maintenance* menggunakan *age replacement* sebesar Rp. 66.177.601 pertahun dan menggunakan *group replacement* sebesar Rp. 65.603.670 per tahun. Dengan demikian *group replacement* dinilai lebih efisien dan dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pergantian komponen yang rusak karena pergantian dilakukan secara bersamaan.

Kata kunci: Perawatan, Downtime, Preventive Maintenance, Group Replacement

ABSTRACT

PT. Agronesia Inkaba is a Regionally Owned Enterprise, which is engaged in the rubber industry. PT. Agronesia Inkaba often solves higher engine problems on the main engine, the *kneader* KD-75-150D. Based on the results of interviews, it is known that *downtime* occurred on the KD 75-150D *kneader* machine during 2017 which amounted to 152.26 hours with a total damage of 29 times with a total loss of Rp. 105,352,184. Problem identification is done by using the *Reliability Centered Maintenance (RCM)* method. Based on the results of the highest RPN values obtained 3 critical components namely *Seal Packing, Bearing, Belt*. Then the purpose of this study is scheduling the prevention of maintenance of these critical components. The method used to determine the schedule for component replacement intervals is *age replacement* and *group replacement* to minimize. After conducting a preventative maintenance policy using replacement age, there was a decrease in *downtime* to 79.8 hours. The change time for each component is 28 days packing the seal, bearing 38 days and the belt 41 days. For the method of replacing the group with a 34-day time interval with



a total of 10 changes in 1 year with a total downtime of 76.8 hours per year. The total cost of corrective repair is Rp. 80,730,998 per year, while the cost of replacing preventive maintenance using age replacement is Rp. 66,177,601 per year and use a group replacement of Rp. 65,603,670 per year. Thus group replacement is more efficient and can shorten the time needed to do the replacement of components that are damaged because the replacement is done simultaneously.

Keyword: Maintenance, Downtime, Preventive Maintenance, Group Replacement

PENDAHULUAN

PT. Agronesia Inkaba adalah Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), yang bergerak di industri karet yang memproduksi bermacam produk seperti *Rubber Band, Rubber Bellow, Rubber Dock Fender, Rubber Expansion Joint, Rubber Hose, Rubber Coupling, Rubber Wave, Bearing Pad, Stem Tube Bearing, Pad Shoe, Rubber Wheel, Rubber Air Bag, Rubber Lining, Rubber Sheet, Automotive Parts, Linolium/ Lantai Karet*, dan lain lain. PT. Agronesia Inkaba sering mengalami permasalahan *breakdown* mesin yang tinggi pada mesin utama yaitu mesin *Kneader KD-75-150D*. Menurut He & Sun [1] permasalahan *breakdown* mesin akan berdampak besar terhadap kegiatan produksi. Jumlah *downtime* mesin *Kneader KD-75-150D* pada tahun 2017 sebesar 152.26 jam dengan kerugian sekitar Rp 105.352.184. Penyebab terjadinya *downtime*, yaitu terjadi kerusakan pada komponen mesin yang mengakibatkan mesin kehilangan fungsinya sehingga tidak bisa menghasilkan produk sesuai dengan *due date* yang telah ditentukan. Oleh karena itu perlu segera dilakukan penentuan jadwal perawatan mesin untuk meminimasi *downtime*. Salah satu analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan perawatan

pada komponen mesin *kneader KD 75-150D* adalah metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

METODE PENELITIAN

Pemilihan sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem yang memiliki kontribusi terbesar dan sistem yang memiliki biaya *corrective maintenance* yang tinggi dan berpengaruh sehingga membuat kerugian yaitu pada mesin *Kneader KD 75*. Mesin ini dalam kurun waktu 1 tahun memiliki frekuensi kerusakan sebesar 29 kali dengan total *downtime* 152,6 jam

Definisi Batasan Sistem

Batasan sistem hanya memilih mesin *Kneader KD 75* sebagai dengan 7 komponen utama yaitu *Bearing, Rotor Bar, V-Belt, Pulley Motor, Gear Coupling, Valve, dan Seal Packing*.

Deskripsi Sistem

Tahapan ini diperlukan untuk mengetahui komponen yang terdapat didalam sistem tersebut dan bagaimana komponen tersebut beroperasi. Deskripsi sistem selengkapnya disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Fungsi Sistem

Nama Mesin	Subsystem	Komponen Mesin rusak	Fungsi
Mesin Kneader KD 75	Rotor Section	Bearing	Untuk menumpu & menahan beban dari poros agar dapat berputar dengan baik
		Rotor Bar	Bagian dari motor yang bergerak
		V-Belt	Sebagai penerus putaran dari motor (penggerak)

<i>Prime Motor</i>	<i>Pulley Motor</i>	Sebagai dudukan dari belt
	<i>GearCoupling</i>	Memindahkan perputaran pada poros
<i>Valve</i>	<i>Valve</i>	Untuk membuka atau menutup sebagian dari jalannya aliran control hidrolik dan pneumatic secara otomatis
<i>Preasure Section</i>	<i>Seal Packing</i>	Mencegah dan mengurangi terjadinya kebocoran cairan mesin kneader melalui poros

Penentuan Fungsi dan Kegagalan Fungsional

Penentuan fungsi adalah kinerja yang diharapkan oleh sistem untuk dapat beroperasi dan kegagalan fungsional adalah ketidak mampuan suatu

komponen/sistem untuk memenuhi standar *performance* yang diharapkan. Pada penelitian ini, fungsi sistem dan kegagalan fungsionalnya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsi

No	Komponen Mesin Kneader	Jenis Kegagalan	Dampak Kegagalan
1	Seal Packing	Bocor	Mesin berhenti beroperasi
2	Bearing	Vibrasi pada bearing	Mesin berhenti beroperasi
		Bearing aus Bearing pecah	Putaran pada poros tidak konstan serta timbul getaran pada bearing
3	Pulley Motor	Tidak dapat menggerakkan mesin	Mesin berhenti beroperasi
4	Rotor Bar	Rotor Bar aus	Gerakan dari motor tidak maksimal
5	V-belt	Belt Putus	Mesin berhenti beroperasi
6	Valve	Valve Miring	Tidak berfungsi valve otomatis
		Valve Terbakar	
7	Gear Coupling	Gear Aus	tidak dapat meneruskan perputaran dan daya rotor

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Komponen yang mengalami kegagalan dianalisis menggunakan FMEA dengan variable *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Nilai Risk Priority Number

(RPN) menyajikan keseriusan dari kegagalan potensial, makin tinggi nilai RPN berarti semakin bermasalah. Tabel 3 menampilkan nilai RPN komponen terpilih.

Komponen Terpilih	Nilai RPN	Tindakan
<i>Seal Packing</i>	324	<i>Replacement</i>
<i>Bearing</i>	243	<i>Replacement</i>
<i>V-belt</i>	243	<i>Replacement</i>

Tabel 3. Hasil Komponen Terpilih

Maka perlu ditentukan jadwal perawatan pencegahan yang tepat untuk setiap komponen terpilih untuk meminimasi *downtime* dan melakukan perhitungan biaya untuk memperoleh biaya pemeliharaan minimum.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance menurut Setiawan et al [2] adalah tindakan yang harus

dilakukan agar sistem fisik berfungsi terus-menerus. Penggunaan pendekatan RCM lebih efektif karena meminimasi *downtime* (Razak [3]) selain itu metode ini fokus pada perawatan komponen prioritas.

Langka-langkah RCM adalah (Azis et al [4]):

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi yang didasarkan pada:

- a. Masalah keselamatan (safety) dan lingkungan.
 - b. Biaya perawatan tinggi.
 - c. Jumlah kerusakan.
 - d. Berdampak besar
2. Definisi batasan sistem, yaitu batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis
 3. Deskripsi sistem, untuk mengidentifikasi dan mendokumentasikan sistem.
 4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional.
Fungsi (Function) adalah kinerja (performance) yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi Functional Failure (FF) didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen/sistem untuk memenuhi standar prestasi (performance

standard) yang diharapkan.

5. *Failure mode and effect analysis* (FMEA). FMEA bertujuan menyeleksi berbagai jenis mode kegagalan-komponen dan pengaruhnya terhadap keandalan. Kebijakan prioritas pendekatan FMEA adalah memperbaiki berdasarkan nilai *Risk Priority Analysis* (RPN) terbesar dulu. Nilai RPN dihasilkan dari perkalian bobot *severity, occurrence, detection*.

$$RPN = Severity * Occurrence * Detection$$

$$RPN = S * O * D$$

Menurut Pardiyono dan Indrayani [5] *Severity* adalah pengaruh buruk atau risiko akan ditanggung oleh pelanggan sebagai akibat dari kegagalan yang ditimbulkan. Penilaian peringkat yang diberikan tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Severity

<i>Effect</i>	<i>Criteria : Severity of effects for FMEA</i>	<i>Rank</i>
Berbahaya tanpa peringatan	Mesin tidak layak beroperasi, sebab bisa berakibat kecelakaan mendadak, tidak selaras dengan aturan K3	10
Berbahaya dengan peringatan	Mesin gagal beroperasi, serta tidak selaras dengan aturan K3	9
Sangat tinggi	Mesin beroperasi, telah kehilangan fungsi utama mesin	8
Tinggi	Mesin tetap beroperasi aman, tetapi tidak dapat dijalankan	7
Sedang	Mesin tetap beroperasi aman, tetapi menimbulkan kegagalan produk	6
Rendah	Mesin bisa beroperasi dan aman, tetapi telah menimbulkan beberapa kegagalan produk	5
Sangat rendah	Mesin tetap beroperasi aman, namun terdapat gangguan kecil	4
Minor	Mesin tetap beroprasi aman, hanya terjadi sedikit gangguan	3
Sangat minor	Mesin bisa beroperasi dan aman, dengan gangguan peralatan yang tidak berarti	2
Tidak ada	Tidak terjadi akibat apa-apa	1

Occurrence adalah kemungkinan bahwa penyebabnya akan terjadi dan mengakibatkan bentuk kegagalan selama penggunaan produk.

Perkiraan bahwa kemungkinan terjadinya disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Occurance (tingkat terjadinya kegagalan)

<i>Probability of failure</i>	<i>Tingkat Kejadian</i>	<i>Rank</i>
Sangat tinggi :	< 2 jam operasi mesin	10
Kerusakan hampir tak bisa dihidari	2-10 jam operasi mesin	9
Tinggi : berkaitan dengan proses terdahulu yang sering kali gagal	11 - 100 jam operasi	8
	101-400 jam operasi mesin (4-17 hari)	7
	401-1000 jam operasi mesin (17-42 hr)	6
Sedang : berkaitan dengan proses terdahulu yang kadang gagal	1001-2000 jam operasi mesin (42 hari - 3 bln)	5
	2001-3000 jam operasi mesin(3-4bln)	4
Rendah : kegagalan terisolasi berkaitan proses serupa.	3001 - 6000 jam operasi mesin (4-8 bln)	3
Sangat rendah : kegagalan yang terisolasi	6001 - 10000 jam operasi mesin (8-14 bln)	2

Remote : kegagalan mustahil.	> 10000 jam operasi mesin (14bln)	1
-------------------------------------	-----------------------------------	---

Deteksi adalah pengukuran kemampuan atau kegagalan kontrol yang mungkin terjadi. Kemungkinan untuk mendeteksi kesalahan yang akan terjadi di sajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Detection (kemungkinan untuk mendeteksi kesalahan yang akan terjadi

<i>Detection</i>	<i>Criteria: Linkelihood of Detection by Process Control</i>	<i>Rank</i>
Hampir tidak mungkin	Perawatan <i>Preventive</i> , Tidak akan mampu mendeteksi kegagalan	10
Sangat jarang	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan sangat sulit terdeteksi	9
Jarang	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan sulit terdeteksi	8
Sangat rendah	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya sangat rendah	7
Rendah	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya rendah	6
Sedang	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya sedang	5
Agak tinggi	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya sedikit tinggi	4
Tinggi	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya tinggi	3
Sangat tinggi	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan mungkin bisa terdeteksi dan keagalannya sangat tinggi	2
Hampir pasti	Perawatan <i>Preventive</i> , bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti bisa terdeteksi dan keagalannya hampir pasti	1

Menurut Siagian dkk [6], Keandalan adalah peluang komponen memberikan kemampuan yang baik untuk tujuan dan periode waktu serta pada lingkungan tertentu. Menurut Utomo dan Widjayati [7] Fungsi keandalan berhubungan dengan waktu pengoperasian mesin yang standar. Secara statistik fungsi keandalan atau $R(t)$ didefinisikan pada persamaan (1).

$$R(t) = P(x > t) \dots \dots (1)$$

Dimana x adalah umur komponen.

Apabila $f(x)$ adalah fungsi kepadatan kemungkinan dan $F(x)$ menyatakan probabilitas komponen yang mengalami kegagalan pada interval $(x, x + \Delta x)$, dan jumlah probabilitas fungsi keandalan dan fungsi distribusi kumulatif sama dengan satu, maka didapatkan persamaan berikut:

$$F(x) = P(X < t) \dots \dots (2)$$

Sehingga probabilitas untuk dapat beroperasi pada spesifikasi yang telah ditentukan atau fungsi keandalannya dapat dinyatakan secara matematis berikut ini:

$$R(t) = 1 - F(x < t) \dots \dots (3)$$

$$R(t) = \int_{\infty}^{\infty} f(x) dx \dots \dots (4)$$

$$R(t) = \int_{\infty}^{\infty} f(t) dt - \int_{\infty}^{\infty} f(t) dt \dots \dots (5)$$

$$R(t) = 1 - F(t) \dots \dots (6)$$

Laju kerusakan mesin atau komponen pada saat t adalah besarnya probabilitas bahwa mesin atau komponen tersebut akan mengalami kerusakan pada interval selanjutnya. Sedangkan pada saat t mesin atau komponen tersebut dalam kondisi baik, secara matematis fungsi lajunya kerusakan dapat diuraikan seperti dibawah ini:

$$r(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t R(t)} = \frac{1}{R(t)} \left(- \left(\frac{d}{dt} \right) R(t) \right) \dots \dots (7)$$

$$r(t) = \frac{f(t)}{r(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \dots \dots (8)$$

Apabila $r(t)$ meningkat sesuai dengan waktu, maka fungsi laju kerusakan menaik (*increasing failure rate*) dan sebaliknya, jika $r(t)$ menurun terhadap waktu maka disebut sebagai laju kerusakan menurun (*decreasing failure rate*). Dalam melaksanakan kebijakan perawatan terdapat beberapa distribusi kerusakan yang dapat digunakan, yaitu distribusi *Weibull*, distribusi Lognormal, distribusi Eksponensial, dan distribusi normal. Menurut Muhammad [8], dalam mengidentifikasi distribusi dapat dilakukan dengan *Index of Fit (r)* dan *Goodness of Fit Test*. *Index of*

Fit terdiri dari *Probability Plot* dan *Least-Square Curve Fitting*. *Probability Plot* dipakai untuk sampel kecil atau tidak lengkap, metode *Least-Square Curve Fitting* lebih baik dibanding *Probability Plot*. Perhitungan pada Metode *Least-Square Curve Fitting* yaitu:

$$F(t_i) = \frac{l - 0,3}{n + 0,4} \dots \dots (9)$$

Keterangan :
i = data waktu ke-t
n = r = jumlah data kerusakan

$$Index\ of\ fit(r) = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots \dots (10)$$

Goodness of Fit Test dilakukan dengan cara membandingkan dua hipotesis yang berlawanan yaitu:

H_0 : Data kerusakan atau perbaikan mendekati suatu distribusi tertentu.

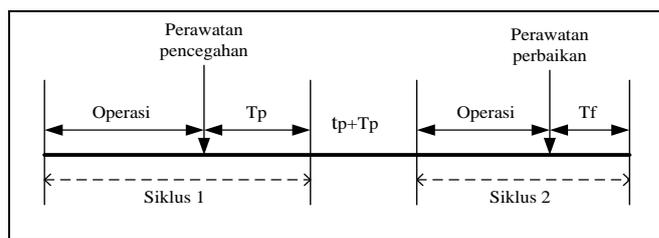
H_1 : Data kerusakan atau perbaikan tidak menghampiri suatu distribusi tertentu.

Menurut Majid dkk [9], Distribusi Eksponensial diuji dengan Uji *Bartlett*. Distribusi Normal dan lognormal dengan Uji *Kolmogorov-Smirnov*, serta Distribusi *Weibull* dengan Uji *Mann's*. *Probability*

plot dan *least-square curve fitting* berguna untuk identifikasi kerusakan dan waktu perbaikan. Metode *least-square curve fitting*, distribusi yang nilai *index of fit* terbesar akan dilanjutkan ke uji *Goodness of Fit Test*.

Model Age Replacement

Model *age replacement* menurut Prawiro [10] adalah interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen. Model *age replacement* terdapat 2 siklus penggantian pencegahan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Model Age Replacement

Menurut Jardine dalam Pardiyono dan Hartanto [11], total *downtime* per unit waktu pada saat t_p dinotasikan dengan $D(t_p)$ yaitu :

$$D(t_p) = \frac{\text{Total ekpetasi downtime pergantian persiklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}} \dots \dots (13)$$

Ekspektasi panjang siklus kondisi gagal juga merupakan penjumlahan dan *downtime* perbaikan

kerusakan dengan interval rata-rata terjadinya kerusakan atau $M(t_p)$, dimana $M(t_p) : M(tp) =$

$$\left(\frac{t_p}{\alpha}\right)^\beta$$

adalah:

Maka, rumus model penentuan interval penggantian

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f [1-R(t_p)]}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + [M(t_p) + T_f [1-R(t_p)]]} \dots\dots (14)$$

T_p = waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

T_f = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan

t_p = Interval waktu perawatan *preventive*

$F(t)$ = Fungsi distribusi interval antar kerusakan

$R(t_p)$ = Probabilitas terjadinya penggantian *preventive* pada saat t_p

$M(t_p)$ = Waktu rata-rata terjadi kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan t_p

$D(t_p)$ = *Downtime* persatuan waktu

T_f adalah biaya penggantian kegagalan

N adalah jumlah total adalah jumlah frekuensi dalam satu grup

$H(t_p)$ adalah jumlah yang diharapkan dari satu item gagal dalam interval $(0, t_p)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan *Index of Fit* diatas, diperoleh bahwa nilai *Index Of Fit* (r) dengan distribusi *Weibull*, *Exponensial*, *Normal*, dan *Log Normal*, nilai tertinggi berada pada distribusi *weibull* yaitu komponen *Seal Packing* sebesar 0,9413, *Bearing* sebesar 0,9858 dan *Belt* sebesar 0,9780. Pengujian kesesuaian distribusi dilakukan untuk membuktikan hipotesis tersebut adalah benar maka perlu dilakukan pengujian yaitu Uji *Mann'test* untuk Distribusi *Weibull*. Langkah selanjutnya adalah perjitungan nilai parameter distribusi dimana parameter tersebut terdiri atas α dan β . Nilai ini untuk menentukan waktu pergantian komponen serta rata-rata laju kerusakannya. Tabel 7 adalah nilai parameter α dan β dan hasil perhitungan Uji *Mann'test* pada setiap komponen.

Model Group Replacement

Menurut Park and Pham [12], Model yang dikembangkan untuk masalah ini didasarkan pada asumsi bahwa kebijakan penggantian adalah untuk melakukan penggantian kelompok pada interval waktu yang tetap, dimana ada kemungkinan penggantian beberapa komponen dapat dilakukan pada saat bersamaan.

Model persamaannya adalah sebagai berikut :

$$D(t_p) = \frac{N(T_g) + NH(t_p) T_f}{t_p} \dots\dots (15)$$

T_p adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian secara bersamaan

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Uji *Mann'test*

No	Jenis Komponen	S hitung	S tabel	α	β
1	<i>Seal Packing</i>	0,1395697	0,8	43,98095	4,770087
2	<i>Belt</i>	0,1156029	0,86	58,087914	7,4925956
3	<i>Bearing</i>	0,272851	0,71	49,47772	11,29457

Menggunakan Metode Age Replacement

Berdasar pada hasil perhitungan dengan metode *age replacement* diperoleh hasil pada tabel 8:

Tabel 8. Hasil Rekapitulasi Pergantian Komponen Kritis Mesin

i	Nama Komponen	α_i	B_i	$T(p_i)$	$T(f_i)$	T_i^* (Hari)	Downtime/Satu Kali Pergantian (hari)	Waktu Total(hr)
1	Seal Packing	43,980952	4,7700868	0,125	0,239	28	0,152	1,976
2	Bearing	49,477721	11,294566	0,10	0,20	38	0,105	0,945
3	Belt	58,087914	7,4925956	0,10	0,20	41	0,114	0,912
							0,371	3,833

Dari tabel diatas dapat dilihat dari komponen *seal packing* melakukan pergantian setiap 28 hari, komponen *bearing* 38hari, dan komponen *belt* 41 hari.

Menggunakan Metode Group Replacement

Hasil dari model *group replacement* pada tabel 9 ini berupa jadwal pergantian berdasarkan *downtime* minimum dari satu kelompok pergantian yaitu setiap 34 hari, artinya komponen *bearing*, *belt* dan *seal packing* akan diganti setiap 34 hari dengan pergantian selama 1 tahun sebanyak 10 kali dengan total downtime.sebesar 76,8 Jam

Tabel 9. Perhitungan Jadwal Perawatan Group Replacement

tp	Tpj	Tf			H(tp)			$\sum Tf \cdot H(tp)$	J(T)
		A	B	C	A	B	C		
30	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,16124	0,00351	0,00708	0,04074	0,01205
31	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,18854	0,00509	0,00905	0,04799	0,01190
32	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,21937	0,00728	0,01148	0,05629	0,01179
33	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,25406	0,01031	0,01446	0,06580	0,01172
34	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,29294	0,01445	0,01808	0,07665	0,01169
35	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,33638	0,02004	0,02246	0,08904	0,01171
36	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,38475	0,02755	0,02774	0,10316	0,01178
37	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,43847	0,03754	0,03407	0,11927	0,01189
38	0,32083	0,23958	0,19653	0,20069	0,49795	0,05074	0,04160	0,13762	0,01206

Perhitungan Biaya Pemeliharaan Age Replacement

Biaya pemeliharaan adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan kegiatan perawatan terhadap komponen kritis mesin *Kneader KD 75-150D*. Pemeliharaan yang dilakukan terhadap

mesin ini berupa penggantian beberapa komponen mesin diantaranya *seal packing*, *bearing*, *belt*. Tabel 10 adalah hasil perhitungan biaya pemeliharaan pencegahan komponen kritis dengan *Age Replacment*.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Biaya Pemeliharaan Penggantian Per Tahun

Komponen	TC	Penggantian/Tahun	TC/Tahun
Seal Packing	Rp. 2.309.099	13	Rp. 30.396.571
Bearing	Rp. 2.195.279	9	Rp. 18.032.564
Belt	Rp. 1.981.309	8	Rp. 17.748.466
Total	Rp. 6.560.374	30	Rp. 66.177.601

Perhitungan Biaya Pemeliharaan Group Replacement

Biaya pemeliharaan *Group Replacement* dilakukan karena data interval pada setiap komponen kritis mesin *Kneader KD 75-150D* saling berdekatan

sehingga biaya yang dikeluarkan mengikuti 1 kelompok pergantian. Tabel 11 adalah hasil

perhitungan biaya pemeliharaan dengan metode *group replacement*.

Tabel 11. Perhitungan biaya pemeliharaan pencegahan *Group Replacement*

No	Elemen Biaya	Ongkos Pencegahan	Tpj	Ongkos Pencegahan
1	Harga Komponen	Rp. 1.560.000	0,3208333	Rp. 1.560.000
2	Biaya Teknisi	Rp. 250.000	0,3208333	Rp. 80.208
3	Biaya Downtime	Rp. 15.120.000	0,3208333	Rp. 4.850.994
4	Biaya Operator Mengganggu	Rp. 215.582	0,3208333	Rp. 69.165
Total				Rp. 6.560.367

Biaya pemeliharaan penggantian pertahun sebesar Rp 65.603.670. Hasil ini tentu akan dapat mengurangi kerugian perusahaan akibat tingginya *downtime* pada mesin *Kneader* KD 75-150D. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan perhitungan yang sama pada beberapa mesin yang lain sehingga dapat lebih menekan kerugian perusahaan.

KESIMPULAN

Total *downtime* selama satu tahun sebelum adanya kegiatan *preventive maintenance* adalah 152,26 jam. Setelah melakukan kebijakan *preventive maintenance* menggunakan *age replacement* terjadi penurunan *downtime* menjadi 79,8 jam. Waktu pergantian untuk setiap komponennya adalah 28 hari *seal packing*, *bearing* 38 hari dan *belt* 41 hari. Untuk metode *group replacement* menghasilkan

interval waktu pergantian setiap 34 hari sekali dengan total pergantian sebanyak 10 kali dalam 1 tahun dengan total *downtime* 76,8 jam pertahun.

Total biaya *corrective maintenance* sebesar Rp. 80.730.998 per tahun, sedangkan biaya penggantian *preventive maintenance* menggunakan *age replacement* sebesar Rp. 66.177.601 pertahun dan menggunakan *group replacement* sebesar Rp. 65.603.670 per tahun. Dengan demikian *group replacement* dinilai lebih efisien dan dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pergantian komponen yang rusak karena pergantian dilakukan secara bersamaan.

Secara umum penggunaan jaringan kabe optik untuk kontrol di kapal berjalan dengan baik. Dikarenakan pada mikrokontroller belum ada modul untuk jaringan optik maka digunakan media konverter ethernet ke optik.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] He, Wei, and Di-hua Sun. "Scheduling flexible job shop problem subject to machine breakdown with route changing and right-shift strategies." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 66.1-4 (2013): 501-514.
- [2] Setiawan, Ari, and Yoon Mac Kinley Aritonang. "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain." *Jurnal Telematika* 8.1 (2013): 8.
- [3] Razak, Rikka. *USULAN PERAWATAN KOMPONEN PADA UNIT OFF-HIGHWAY TRUCK 793C DENGAN METODE RCM (Studi Kasus: PT. Trakindo Utama, Batu Hijau)*. Diss. University of Muhammadiyah Malang, 2017.
- [4] Azis, Mohammad Tahril, M. Salman Suprawhardana, and Teguh Pudji Purwanto. "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna Ga. Siwabessy." *Jurnal Forum Nuklir*. Vol. 4. No. 1. 2010.
- [5] Pardiyono, Ragil, and Rina Indrayani. "Product Quality Control with Six Sigma and

- Preventive Maintenance." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1477. 2020.
- [6] Siagian, Devi Costania, Humala Napitupulu, and Ikhsan Siregar. "Usulan Perawatan Mesin Berdasarkan Keandalan Spare Part sebagai Solusi Penurunan Biaya Perawatan pada PT. Xyz." *Jurnal Teknik Industri USU* 3.5 (2014): 219550.
- [7] Utomo, Muh Nurcahyo, and Farida Agustini Widjajati. "Menentukan Keandalan Komponen Mesin Produksi Pada Model Stress Strength yang Berdistribusi Gamma." *Jurnal Sains dan Seni ITS* 3.2 (2014): A22-A27.
- [8] Muhammad, Zainal Arifin, Haryono Edi, and Arumsari Nurvita. "Perencanaan Pemeliharaan Dan Optimasi Biaya Perawatan Pada Sistem Utility Dengan Metode Preventive Maintenance." *Proceedings Conference on Marine Engineering and its Application*. Vol. 1. No. 1. 2018.
- [9] Majid, Annisa Mersita, Parwadi Moengin, and Amal Witonohadi. "Usulan penerapan total productive maintenance (tpm) dengan pengukuran overall equipment effectiveness (oee) untuk perencanaan perawatan pabrik bar mill pada PT. Krakatau Wajatama." *Jurnal Teknik Industri* 4.3 (2014). Prawiro, Y. Y. (2015). Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 92-100.
- [10] Prawiro, Yanuar Yuda. "Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement." *Jurnal Teknik Industri* 16.2 (2015): 92-100.
- [11] Pardiyo, Ragil, and Tedi Hartanto. "USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE KOMPONEN KRITIS PADA MESIN HIGH PREASURE PUMP DI PT. DIAN SWASETIKA SENTOSA DENGAN METODE GROUP REPLACEMENT." *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi* 21.2 (2019): 117-126.
- [12] Park, Minjae, and Hoang Pham. "Cost models for age replacement policies and block replacement policies under warranty." *Applied Mathematical Modelling* 40.9-10 (2016): 5689-5702.