

**PERENCANAAN PERAWATAN SEBAGAI PENGOPTIMALAN BIAYA *DOWN TIME*
PADA MESIN *FLYING SHEAR* MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* DI PT.
HANIL JAYA STEEL**

Siti Roudhotul Haririn

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : sitiharirin@mhs.unesa.ac.id

Diah Wulandari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : diahwulandari@unesa.ac.id

Abstrak

PT. Hanil Jaya Steel merupakan perusahaan bergerak dalam bidang besi dan baja khususnya billet kotak persegi panjang, besi bulat dan besi ulir dengan menggunakan proses pembentukan canai panas. Penggunaan mesin secara kontinyu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin dalam usaha menjaga tingkat kesiapan mesin agar hasil produksi tetap terjamin akibat penggunaan mesin secara terus-menerus, sehingga dibutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin secara baik dan terencana. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian yang bersifat statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. Dengan mengambil objek penelitian mesin *Flying shear* yang didukung oleh pembimbing lapangan yang memiliki bagian manager mekanik yang secara langsung menangani perawatan mesin di *rolling mill* 3 di PT. Hanil Jaya Steel. Penjadwalan penggantian pencegahan komponen *blade* dengan menggunakan metode *age replacement* yang paling optimal adalah 24 hari atau setelah mesin *flying shear* memotong sebanyak 17.640 ton dengan tingkat keandalan komponen sebesar 89,87%. Biaya *downtime* setelah penerapan perawatan pencegahan adalah sebesar Rp. 1.286.530.408,- dari biaya semula yaitu sebesar Rp. 1.469.629.493,-. Sehingga terdapat penghematan biaya sebesar Rp. 183.099.085 atau 12,45%.

Kata Kunci : *Age Replacement*, perencanaan perawatan dan *preventive maintenance*.

Abstract

PT. Hanil Jaya Steel is a company engaged in the field of iron and steel, especially rectangular box billets, round iron and screw iron using a hot rolled forming process. The continuous use of the machine will decrease the level of engine readiness in an effort to maintain the level of engine readiness so that the production results are still guaranteed due to the continuous use of the machine, so that the engine maintenance activities are needed well and planned. The research conducted is descriptive statistical research, by gathering information or data from each outcome of changes that occur through experiments directly. By taking the object of research, Flying shear machines are supported by a field supervisor who has a mechanical manager who directly handles engine maintenance in the rolling mill 3 at PT. Hanil Jaya Steel. Scheduling of prevention of blade components using the most optimal age replacement method is 24 days or after the flying shear machine cuts 17,640 tons with a component reliability level of 89.87%. The cost of downtime after implementing preventive maintenance is Rp. 1.201.911.238, - from the original cost of Rp. 1.407.304.514, -. So there is a cost savings of Rp. 183.099.085 or 12,45%.

Keywords: *Age Replacement*, maintenance planning and *preventive maintenance*

PENDAHULUAN

PT. Hanil Jaya Steel merupakan perusahaan bergerak dalam bidang besi dan baja khususnya *billet* kotak persegi panjang, besi bulat dan besi ulir dengan menggunakan proses pembentukan canai panas. Penggunaan mesin secara kontinyu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin, dalam usaha menjaga tingkat kesiapan mesin agar hasil produksi tetap terjamin akibat penggunaan mesin secara terus-menerus, sehingga dibutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin secara baik dan

terencana. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil produksi yang optimal dengan kualitas yang sesuai harapan, karena menurunnya kualitas produksi jika terindikasi terjadinya kerusakan. Ketika meningkatnya permintaan pasar, mesin *Flying shear* khususnya komponen *blade* mengalami kerusakan yang membuat terhambatnya produktivitas untuk mencapai target. Kondisi seperti ini akan mengganggu proses produksi pembuatan beton neser sehingga dapat merugikan perusahaan karena mesin mengalami *break down maintenance* yang cukup lama. Perusahaan ini

memproduksi produk beton nesor dalam satu jam bisa menghasilkan 35 Ton, karena adanya kerusakan di mesin *Flying shear* khususnya *blade* sehingga perusahaan ini tidak memproduksi sesuai target.

Tidak adanya perawatan preventive di perusahaan pada mesin *flying shear* khususnya komponen *blade* tetapi hanya memakai sistem *breakdown maintenance*. *Breakdown maintenance* yaitu ketika mesin mati baru dilakukan perbaikan sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk proses perbaikan berlangsung. Pada mesin *Flying shear* khususnya pada komponen *blade* ini tidak dianjurkan untuk dilakukan *repair* ketika rusak karena hasil dari *repair* komponen *blade* kekerasannya akan menurun, tidak sama seperti pada saat komponen baru yang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas produksi, sehingga tidak adanya *preventive maintenance* yang dilakukan perusahaan untuk mesin *flying shear* komponen *blade*. Jadi perusahaan hanya melakukan penggantian komponen ketika terjadi kerusakan.

Oleh karena itu perlu dilakukan perawatan komponen pada mesin *Flying shear* untuk menekan terjadinya kerusakan pada mesin *Flying shear*, maka akan dilakukan *preventive maintenance* menggunakan metode *Age Replacement* pada mesin *Flying shear* di PT. Hanil Jaya Steel. Dengan harapan dapat meminimalkan biaya pemeliharaan mesin *Flying shear* secara berkala dan teratur yang meliputi waktu kegiatan pemeliharaan sehingga hal ini akan memberikan hasil produksi yang optimal secara berkala. Dintinjau dari segi keuntungan setelah menerapkan *preventive maintenance* dapat meningkatkan keuntungan perusahaan dan meminimalisir biaya *down time*.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. (Agus, 2014).

Tempat dan Waktu Penelitian

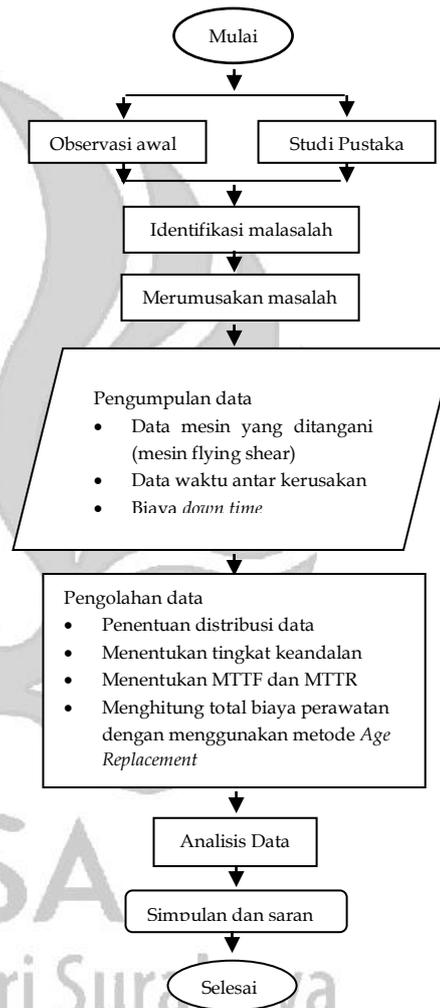
Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di PT. Hanil Jaya Steel di jalan Jl. Brigjend. Katamso, Ds. Janti, Waru, Janti, Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo.

Waktu Penelitian

Penelitian dan pengambilan data satu bulan mulai tanggal 17 Desember 2018 – 11 Januari 2019

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (Variabel Prediktor)
Variabel bebas pada penelitian ini adalah MTTF (*mean time to failure*), yaitu waktu ekspetasi terjadinya kegagalan.
2. Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah interval waktu *preventive maintenance* dan biaya *down time*.

Teknik Pengumpulan Data

1. Data primer ini merupakan data asli atau data baru yang memiliki sifat *up to date*.

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah :

a. Observasi Langsung

Pengumpulan data dengan melakukan pengamatan aktivitas langsung pada obyeknya dilapangan.

b. *Interview*

Pengumpulan data dengan melakukan *interview*/ tanya jawab langsung dengan responden/ pihak yang memiliki kaitan langsung dengan permasalahan yang akan diteliti

2. Data sekunder adalah pengumpulan data dengan mencatat data-data dari dokumen (arsip) perusahaan.

a. Studi Pustaka

Studi pustaka ini dilakukan dengan suatu maksud untuk memperoleh data pustaka sebagai narasumber yang dapat dijadikan pedoman dalam memecahkan suatu masalah yang sedang dialami oleh perusahaan.

b. Dokumen dari perusahaan merupakan arsip-arsip yang di kumpulkan dan ada kaitannya dalam penelitian ini (data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan manager mekanik).

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. Tujuan penggunaan metode statistika deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjaalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu. (Agus, 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan serta data waktu perbaikan yang diperoleh dari hasil laporan saat terjadinya kerusakan dari bulan Januari 2014 sampai dengan bulan Desember 2018. Data waktu antar kerusakan serta waktu perbaikan dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel 1. Data Waktu Antar Kerusakan Dan Waktu Perbaikan Mesin *Flying shear* Pada Komponen *Blade*.

No	Tanggal	Hari	Perbaikan (Jam)
1	08-Mar-14		1,3
2	09-Jul-14	30,1	0,9
3	16-Nov-14	33,8	0,8
4	23-Mar-15	26,1	1,3
5	01-Jul-15	34,9	0,5
6	12-Nov-15	34,5	0,8
7	04-Mar-16	41,8	0,5
8	02-Jul-16	30,0	1,1
9	30-Nov-16	45,0	0,9
10	17-Mar-17	29,3	1,2
11	17-Jul-17	41,0	0,5
12	03-Dec-17	31,6	1,0
13	04-Apr-18	36,6	1,3
14	01-Agt-18	31,5	1,0
15	07-Dec-18	29,3	1,0

• Perhitungan Waktu Antar Kerusakan Penentuan Laju Distribusi

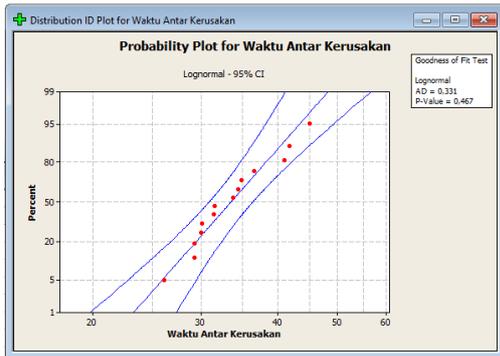
Penentuan distribusi data waktu antar kerusakan (MTTF) dilakukan dengan menggunakan software Minitab.

Tabel 2. Distribusi Data Untuk Waktu Antar Kerusakan.

Distribusi	AD	P-Value
Normal	0,455	0,228
Exponential	4,691	<0,003
Weibull	0,595	0,109
Lognormal	0,331	0,467

• *Goodnes Of Fit Test*

Bukti bahwa waktu antar kerusakan mengikuti distribusi lognormal, dapat dilakukan pemeriksaan secara visualisasi berupa plot dari distribusi yang dihasilkan dengan confidence level sebesar 95% ditampilkan pada gambar plot berikut ini.



Gambar 2. Probability Plot for Waktu Antar Kerusakan

Perhitungan MTTF menggunakan software minitab, didapatkan nilai sebesar 33,9643. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata – rata komponen terjadi kerusakan adalah pada 33,9643 hari.

• **Perhitungan Lama Waktu Antar Perbaikan Penentuan Laju Distribusi**

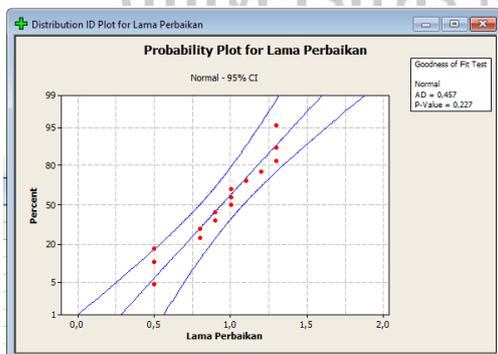
Penentuan distribusi data lama perbaikan (MTTR) dilakukan dengan menggunakan software Minitab.

Tabel 3. Distribusi Data Untuk Waktu Antar Perbaikan

Distribusi	AD	P-Value
Normal	0,457	0,227
Exponential	3,481	<0,003
Weibull	0,504	0,198
Lognormal	0,782	0,032

• **Goodnes Of Fit Test**

Buktikan bahwa waktu antar perbaikan mengikuti distribusi normal, dapat dilakukan pemeriksaan secara visualisasi berupa plot dari distribusi yang dihasilkan. Dengan confidence level sebesar 95% ditampilkan pada gambar plot berikut ini.



Gambar 3. Probability Plot for Lama Perbaikan

Perhitungan MTTR menggunakan software minitab, didapatkan adalah sebesar 0,94. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari waktu repair saat terjadi kerusakan adalah 0,94 jam.

• **Menghitung Biaya Perawatan**

Sebelum menghitung total biaya perawatan optimal maka perlunya mencari biaya perawatan yang relevan yaitu (Cf) biaya akibat kerusakan (Cp) dan biaya perawatan perhitungan :

1. Gaji Operator

Yaitu Rp. 137593,4108 per harinya kemudian di konversikan dalam biaya per jam kerja per hari adalah sebesar :

$$= \frac{\text{Rp.137593,4108}}{8 \text{ jam}} \quad (1)$$

$$= \text{Rp. 17199,17635}$$

2. Gaji Teknisi

Yaitu Rp. 137593,4108 per harinya kemudian di konversikan dalam biaya per jam kerja per hari adalah sebesar :

$$= \frac{\text{Rp.137593,4108}}{8 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp. 17199,17635}$$

3. Biaya Pembelian Blade

Dalam mesin *Flying shear* terdapat 2 blade, satu blade seharga Rp. 2.800.000,- maka 2 x Rp. 2.800.000,- = Rp. 5.600.000,-.

4. Kerugian Akibat Downtime

Kerugian tersebut adalah kehilangan mendapatkan sebuah keuntungan saat terhentinya produksi. Dalam pembuatan beton nesor 1 jamnya memproduksi 35 ton beton nesor dan per ton beton nesor seharga Rp. 9.800.000,- dengan biaya produksi Rp. 5.984.408,77. Jadi perusahaan akan mengalami kerugian per ton adalah :

$$= \text{HET} - \text{Biaya Produksi} \quad (2)$$

$$= \text{Rp. 9.800.000} - \text{Rp. 5.984.408,77}$$

$$= \text{Rp. 3.815.591,23}$$

Bila saat kerugian akibat kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan akibat terhentinya produksi sebesar Rp. 3.815.591,23/ton beton nesor maka kehilangan keuntungan per jam sebesar : Rp. 3.815.591,23/ton beton nesor x 35 ton = Rp. 133.545.693,1. Jadi kerugian yang di akibatkan saat terhentinya proses produksi adalah Rp. 133.545.693,1/ jam.

Tabel 4. Perhitungan Biaya Kerusakan (Cf) Tiap Satu Kali Kerja Kerusakan

No	Keterangan	Biaya
1.	Pada perbaikan dibutuhkan 2 orang teknisi dengan biaya Rp. 17.199,18 x 2 orang = Rp. 34.398,36. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 0,958 jam. Maka Rp. 34.398,36 x 0,958 = Rp. 32.953,628	Rp. 32.953,628
2.	Saat menganggur 2 orang operator dengan biaya sebesar Rp. 17.199,18 x 2 orang = Rp. 34.398,36. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 0,958 jam. Maka Rp. 34.398,36 x 0,958 = Rp. 32.953,628	Rp. 32.953,628
3.	Biaya pembelian <i>blade</i>	Rp. 5.600.000
4.	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin-mesin menganggur Rp. 133.545.693,1/ jam dimana waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 0,958 jam Maka Rp. 133.545.693,1/ jam x 0,958 = Rp. 127.936.774.	Rp. 127.936.774.
Total		Rp. 133.602.681,2

Tabel 5. Perhitungan Biaya Perawatan (Cp)

No	Keterangan	Biaya
1.	Pada perbaikan dibutuhkan 2 orang teknisi dengan biaya Rp. 17.199,18 x 2 orang = Rp. 34.398,36. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan	Rp. 20.639,011 6

	mengganti komponen 0,6 jam. Maka Rp. 34.398,36 x 0,6 = Rp. 20.639,016	
2.	Saat menganggur 2 orang operator dengan biaya sebesar Rp. 17.199,18 x 2 orang = Rp. 34.398,36. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen = 0,6 jam. Maka Rp. 34.398,36 x 0,6 = Rp. 20.639,016	Rp. 20.639,011 6
3.	Biaya pembelian <i>blade</i>	Rp. 5.600.000
4.	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin-mesin menganggur Rp. 133.545.693,1/ jam dimana waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen = 0,6 jam Maka Rp. 133.545.693,1/ jam x 0,6 = Rp. 80.127.415,86	Rp. 80.127.415,86
Total		Rp. 85.768.693,88

• Menghitung Biaya Perawatan Menggunakan Metode *Age Replacement*

Interval waktu penggantian

$$t_i = \frac{t}{n} \quad (3)$$

$$= \frac{462}{0,928260021}$$

$$= 497,705373 \text{ jam}$$

$$= 23,70 \text{ hari}$$

$$= 24 \text{ hari}$$

Atau jika di konversikan ke dalam kapasitas (ton)

$$= 24 \text{ hari} \times 21 \text{ jam/hari} \times 35 \text{ ton} / \text{jam}$$

$$= 17.640 \text{ ton}$$

Tabel 6. Perhitungan Availability

Ti	D(tp)	D(ti)	Availability
23	0,026934 09742	0,0959 96	0,902834322
24	0,026934 09742	0,1001 69	0,898710004
25	0,026934 09742	0,1043 43	0,894580796

Perhitungan Penghematan Biaya

Rumus perhitungan C(t) sebagai berikut :

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1-R(t)]}{t \times R(t) + \int_0^1 t \times f(t) dt} \quad (4)$$

Tabel 7. Interval Waktu

Interval Waktu	Total Biaya Perawatan
23	Rp. 4.172.808,597
24	Rp. 4.033.060,625
25	Rp. 3.904.334,735

Dari perhitungan total biaya perawatan diatas menunjukan bahwa pada interval waktu ke-23 hari sampai ke-25 memiliki keandalan yang lebih tinggi dan biaya penggantian untuk setiap penggantian yang lebih rendah dari pada interval waktu ke-24 hari tetapi tidak dipilih karena lebih banyak atau lebih sering mengganti. Sehingga total perawatan lebih besar. Maka di pilihlah interval waktu 24 hari yaitu dengan tingkat keandalan sebesar 89,87%, dengan biaya total perawatan sebesar Rp. 77.636.417,034.

Perhitungan Penghematan Biaya Perawatan

Total biaya penggantian komponen *blade* selama satu tahun sebelum diadakan *preventive maintenance* yang terjadwal dengan metode *age replacement* dengan interval waktu kerusakan setelah kondisi rusak dan kondisi saat mesin berhenti bekerja dengan kerusakan komponen sebanyak 11 kali penggantian dengan asumsi mesin berjalan terus menerus dalam satu tahun sebagai berikut :

Biaya penggantian karena kerusakan
 = Rp. 133.602.681,2 x 11 (5)
 = Rp. 1.469.629.493,-

Total biaya penggantian komponen *blade* selama 1 tahun setelah diadakan penjadwalan penggantian dengan metode *age replacement*, untuk penggantian komponen *blade* dengan keandalan 89,87%, diperoleh waktu optimal sebesar 24 hari sekali :

$$= \left(\frac{360}{24}\right) \quad (6)$$

= 15 kali ganti

Jika memakai perawatan *preventive maintenance* selama 24 hari maka akan terjadi penggantian dengan jumlah biaya penggantian sebesar :

Biaya penggantian karena pencegahan
 = Rp. 85.768.693,88 x 15
 = Rp. 1.286.530.408,-

Penghematan yang diperoleh :
 = (Rp. 1.469.629.493,-) – (Rp. 1.286.530.408,-)
 = Rp. 183.099.085,00,- (7)

Atau dapat dilakukan dalam persen, penghematan selama 1 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan *preventive maintenance* sebesar :

$$= \left[\frac{Rp.183.099.085}{Rp.133.602.681,2} \right] \times 100\% \quad (8)$$

= 0,124588603
 = 12,45886027%

Pembahasan

Dari analisa data yang telah dilakukan terkait perhitungan penjadwalan untuk penggantian mesin *flying shear* pada komponen *blade* dapat dilihat pada tabel. Mengenai jadwal penggantian pencegahan komponen sesuai dengan minimasi downtime. Total biaya penggantian karena kerusakan mesin *flying shear* diasumsikan dalam 1 tahun perusahaan melakukan produksi secara terus menerus, pada tahun 2018 diketahui dilakukan perbaikan 11 kali dengan total biaya penggantian karena kerusakan yang dikeluarkan perusahaan yaitu sebesar Rp. 1.469.629.493,-, sedangkan pada penggantian pencegahan mesin *flying shear* pada komponen *blade* yang telah dihitung menggunakan metode *age replacement* didapatkan interval waktu 24 hari dengan 15 kali penggantian dalam 1 tahun. Total biaya penggantian pencegahan selama satu tahun yaitu sebesar Rp. 1.286.530.408,-.

Dengan menggunakan metode *age replacement* jadwal perawatan lebih bisa diprediksi, oleh sebab itu tidak mengganggu jadwal produksi. Disebabkan dari perhitungan biaya kerusakan (Cf) lebih tinggi sehingga dengan penggantian sebelum menggunakan metode *age replacement* sebanyak 11 kali dan setelah menggunakan metode *age replacement* sebanyak 15 kali dengan *downtime* lebih besar dari perhitungan biaya perawatan atau (Cp) dengan penggantian 15 kali masih bisa dikategorikan ekonomis. Karena dengan menggunakan metode *age replacement* mesin

diganti sebelum terjadi kerusakan dengan interval waktu 24 hari atau setelah mesin *flying shear* memotong sebanyak 17.640 ton. Biaya perawatan (Cp) sebesar Rp. 85.768.693,88 dengan waktu 0,6 jam. Sedangkan biaya pada perhitungan (Cf) waktu yang didapatkan sebesar 0,95 jam yang membuat total biaya penggantian Rp. 133.602.681,2. Oleh sebab itu dengan perbedaan waktu tersebut membuat terdapatnya penghematan sebesar 12,45%. Memiliki keandalan dari mesin *flying shear* pada komponen *blade* dengan menggunakan metode *age replacement* sebesar 89,87%.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan penggantian pencegahan yang optimal yaitu pada interval ke 24 atau setelah mesin *flying shear* melakukan pemotongan sebanyak 17.640 ton dengan total biaya sebesar Rp. 77.636.417,034 . Dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan perawatan pencegahan mesin *flying shear* komponen *blade* secara terjadwal. Sehingga perusahaan dapat mempertimbangkan hasil penelitian ini sebagai acuan penggantian pencegahan, dengan harapan mendapatkan biaya downtime yang minimal.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pengolahan data yang telah dilakukan serta pembahasan. Sehingga, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penjadwalan penggantian pencegahan komponen *blade* dengan menggunakan metode *age replacement* yang paling optimal adalah 24 hari atau setelah mesin *flying shear* memotong sebanyak 17.640 ton dengan tingkat keandalan komponen sebesar 89,87%.
2. Biaya *downtime* setelah penerapan perawatan pencegahan adalah sebesar Rp. 1.201.911.238,- dari biaya semula yaitu sebesar Rp. 1.407.304.514,-. Sehingga terdapat penghematan biaya sebesar Rp. 183.099.085 atau 12,45%.

Saran

Berdasarkan rumusan masalah dan pengolahan data peneliti mengadakan penelitian di perusahaan PT. Hanil Jaya Steel. Maka saran yang bisa diberikan peneliti adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan metode *age replacement* dapat digunakan pada mesin - mesin yang sering mengalami

kerusakan dengan komponen - komponen yang lebih mendetail.

2. Perusahaan diharapkan melakukan penggantian pencegahan mesin *flying shear* khususnya pada komponen *blade* sesuai interval waktu yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri Sofyan. 2004. Manajemen Produksi dan Operasi, Edisi Revisi, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI, Jakarta.
- Corder. 2002. Teknik Manajemen Pemeliharaan, Jakarta : Erlangga
- Dhillon. (2006). *Maintainability, maintenance, and reliability for engineers*
- Djunaidi, Much., dan Sufa, Mila Faila. (2007). Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi *Down Time*.
- Jardine, A.K.S. 1993. *Maintenance, replacement and reliability*, Canada : Pittman Publishing Company.
- Jay Heizer dan Barry Render. (2001). *Operation Management*.
- O'Connor, Patrick. (2002). Practical Reliability Engineering. Fourth Edition. John Wiley & Sons, LTD.
- Sugiyono. 2008. Metode Penelitian. Alfa Beta Bandung
- Tampubolon, Manahan. 2004. Management Operasi, Edisi Pertama, Jakarta.
- Tim Penyusun Skripsi Fakultas Teknik, 2014, Pedoman Skripsi, Surabaya, Unesa University.