

PENJADWALAN PERAWATAN MESIN GLAZING LINE 5 DI PT. ADYABUANA PERSADA

Rebecca Sugiono, Ign Joko Mulyono, Hadi Santosa

Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

e-mail : ecca.peace@yahoo.com

ABSTRAK

PT. Adyabuana Persada merupakan perusahaan yang memproduksi ubin keramik dengan bermacam-macam ukuran yang berlokasi di daerah Gresik. PT. Adyabuana persada memiliki masalah yaitu terdapat kendala kerusakan mesin terutama pada mesin glazing line 5 yang mengakibatkan berkurangnya jumlah waktu saat produksi. Perusahaan biasanya hanya melakukan perbaikan dan perawatan komponen mesin saat mesin tersebut dalam kondisi rusak. Oleh karena itu, perlu dilakukan penjadwalan perawatan mesin. Penentuan jadwal perawatan mesin ini dimulai dengan penentuan komponen kritis pada mesin glazing line 5 dengan menggunakan metode FMEA. Setelah itu, data waktu kerusakan diolah menjadi data waktu antar kerusakan dan kemudian diperoleh distribusinya menggunakan Minitab 14. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan nilai MTTF (Mean Time to Failure) yang merupakan interval waktu maksimal untuk pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak. Interval waktu perawatan yang optimal ditentukan berdasarkan perhitungan $C(tp)$ yang paling optimal. Interval perawatan untuk mesin glazing line 5 pada sub mesin spacer yaitu : komponen van belt setiap 957 jam, dan komponen motor setiap 4193 jam. Dengan interval waktu yang ada, juga dapat dilakukan penggabungan jadwal perawatan yang kemudian dibandingkan dengan biaya perbaikan yang menghasilkan penghematan sebesar 99,81%.

Kata kunci: $C(tp)$, Preventive Maintenance, MTTF(Mean Time to Failure).

ABSTRACT

PT. Adyabuana Persada is a company that produces ceramic tiles with different sizes which located in Gresik. PT. Adyabuana Persada have a problem on machinery engine damage especially glazing line 5, which caused reduce time for production. The companies usually only do repairs and maintenance engine components when the machine is in damaged conditions. Therefore, must be create engine maintenance schedule. The determination of the engine maintenance schedule begins with the determination of the critical components in the glazing machine line 5 by using FMEA method. After that, the data is processed into time between failures and the data distribution is obtained using Minitab 14. The results used to determine the value of MTTF (Mean Time to Failure) which is the maximum time interval for use a component until the component is damaged. The optimal treatment time intervals determined by the calculation of the most optimal $C(tp)$. The maintenance intervals for the glazing line 5 engine on the spacer sub machine are: component van belt every 957 hours, and motor components every 4193 hours. With the time interval, the maintenance schedule can be merged which is compared with the cost of repairs that result in savings of 99,81%.

Keywords: $C(tp)$, Preventive Maintenance, MTTF(Mean Time to Failure).

PENDAHULUAN

Perawatan merupakan semua tindakan yang dibutuhkan untuk memelihara suatu unit mesin atau alat di dalamnya atau memperbaikinya sampai pada kondisi tertentu yang bisa diterima. Perawatan terhadap mesin-mesin produksi ini sangatlah penting dan berkaitan erat dengan kelancaran proses produksi karena dengan melakukan perawatan maka dapat menjaga kelancaran proses produksi dan menghemat biaya produksi sehingga *demand* dapat terpenuhi tepat waktu.

PT. Adyabuana Persada merupakan perusahaan yang memproduksi ubin keramik yang berlokasi di daerah Gresik. Proses produksi dalam pembuatan keramik ini menggunakan proses flow shop dengan pengoperasian mesinnya selama 24 jam yang terbagi dalam tiga shift. Dalam pembuatan keramik melalui beberapa proses pembuatan yang dimulai dengan mesin *Crusher Stone* (mesin penghancur material besar), mesin *Hammer Mill* (mesin penghalus material), *Weight box* (mesin penimbang material), mesin *Ball Mill* (mesin penggiling material), mesin *Spray Dryer/ATM*

(*Atomizer*) (mesin pembuat *powder* (serbuk), mesin *Press Hydraulic* (mesin pencetak ubin), mesin *Glazing Line*, mesin *Kiln* (mesin pembakaran ubin), mesin *Sorting Packaging* (pengepakan).

Perawatan mesin yang biasanya dilakukan oleh perusahaan hanya berupa *corrective maintenance* yaitu mengganti komponen jika terjadi kerusakan yang tidak terencana. Tanpa disadari tindakan tersebut justru mengakibatkan peningkatan biaya produksi karena penggantian komponen ini dapat berakibat kerusakan juga pada komponen yang lainnya yang sebelumnya mungkin dalam kondisi baik sehingga diperlukan waktu berhenti yang lebih panjang pada saat proses produksi sedang berjalan dan peningkatan biaya akibat penggantian komponen yang rusak juga akibat dari kerusakan komponen yang sebelumnya. Berbeda dengan *preventive maintenance*, yang melakukan tindakan mencegah sebelum kerusakan terjadi dengan menentukan interval perawatan dengan kriteria tertentu dan juga dapat memperkecil kemungkinan kerusakan mesin produksi sehingga proses dapat berjalan dengan lancar. Selain itu umur teknis dari mesin-mesin produksi akan lebih lama.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penjadwalan perawatan mesin menggunakan metode *preventive maintenance* yang dapat digunakan untuk merancang jadwal komponen kritis yang diperlukan sehingga dapat mengurangi terjadinya tingkat kerusakan pada mesin *Glazing Line 5* dan meminimalkan biaya perawatan dibandingkan dengan metode *corrective maintenance* dan metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) yang digunakan untuk mencari komponen kritis dari mesin *Glazing Line 5*.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Perawatan

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan [1].

Tujuan Perawatan

Tujuan dari kegiatan perawatan adalah [1] :

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

Bentuk-bentuk Perawatan

Ada beberapa jenis perawatan antara lain [2] :

1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)
Perawatan yang dilakukan sebelum peralatan rusak dengan tujuan mencegah kerusakan peralatan yang sifatnya mendadak.
2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)
Perawatan yang bertujuan untuk mengembalikan kondisi mesin, baik melalui pengaturan maupun perbaikan sehingga memenuhi kondisi minimum yang dapat diterima.
3. *Breakdown Maintenance*

Perawatan yang dilakukan apabila mesin mengalami penyimpangan fungsional sehingga seringkali kurang informasi mengenai sebab-sebab kerusakan, bagaimana melakukan perbaikan, bagaimana memperoleh komponen dan siapa yang bertanggung jawab terhadap perawatan fasilitas.

4. *Planned Maintenance*

Perawatan yang dilakukan secara terorganisir dan dengan pemikiran jangka panjang.

5. *Predictive Maintenance*

Metode pengawasan yang digunakan untuk menunjukkan seberapa baik suatu fasilitas dapat melakukan fungsinya.

6. *Routine Maintenance (procedure followed regularly atau cyclic operation recurring periodically)*

Perawatan suatu peralatan yang dilakukan secara teratur / periodik (dalam interval waktu tertentu).

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA(*Failure Mode and Effects Analysis*) merupakan sebuah metodologi yang membantu untuk mengidentifikasi kegagalan potensial dan merekomendasikan tindakan korektif untuk memperbaiki kegagalan tersebut sebelum sampai kepada pelanggan [3].

Langkah kerja menerapkan FMEA diantaranya :

1. Mengidentifikasi proses dan produk.
2. Mendaftar masalah potensial yang muncul.
3. Memberi skala pada masalah (dengan cara *brainstorming*) berdasarkan tingkat keparahan kegagalan (*severity*), tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan (*occurrence*) dan tingkat kemampuan mendeteksi kegagalan (*detection*).
4. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dan memprioritaskan tindakan dimulai dari masalah yang nilai RPN-nya terbesar. Nilai RPN dapat dihitung dengan menggunakan rumus:
$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)} \quad (1)$$
5. Melakukan tindakan untuk mengurangi resiko.

Angka *Risk Priority Number* (RPN) terbesar menunjukkan bahwa tindakan perbaikan tersebut harus didahulukan dan diprioritaskan. Terdapat beberapa definisi dari ketiga standar kategori yang digunakan dalam memberikan penilaian yaitu:

- *Severity* adalah keadaan riil di lantai produksi yang terjadi sebagai akibat adanya cacat yang dihasilkan dari proses produksi. Makin kecil rankingnya akan mengindikasikan bahwa pengaruh adanya cacat yang dihasilkan dari masing-masing proses produksi masih cukup baik.
- *Occurrence* adalah perkiraan subyektif tentang probabilitas bahwa penyebab kegagalan terjadi dan akan menghasilkan akibat tertentu. Makin kecil nilainya semakin baik.
- *Detection* adalah gambaran ketersediaan alat kontrol yang digunakan untuk mendeteksi penyebab ketidaksesuaian atau *defect*. Makin kecil rankingnya, maka ketersediaan alat kontrol semakin mampu mendeteksi terjadinya cacat.

Pengujian Hipotesa Distribusi Data (*Goodness of Fit Test*)

Goodness of fit merupakan metode yang digunakan untuk menguji suatu kumpulan data yang telah didapat, merupakan sampel dari distribusi tertentu. Ada 3 macam *goodness of fit test* antara lain :

1. Uji Chi - square, biasa digunakan untuk jumlah data yang banyak dan untuk data yang bersifat diskrit.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2)$$

2. Uji Kolmogorov Smirnov (*KS test*), dapat digunakan untuk data yang sedikit maupun banyak dan untuk data bersifat kontinu.

Langkah – langkah dalam menguji Kolmogorov Smirnov :

- a. Urutkan R_i dari terkecil sampai dengan terbesar

Hitung :

$$D^+ = \max \left\{ \frac{i}{N} - R_{(i)} \right\}; 1 \leq i \leq N$$

$$D^- = \max \left\{ R_{(i)} - \frac{i-1}{N} \right\}; 1 \leq i \leq N \quad (3)$$

- b. Tentukan $D = \max[D^+, D^-]$
 c. Tentukan D_α dari tabel Kolmogorov Smirnov
 d. Uji hipotesa:

H_0 : data mengikuti model distribusi tertentu

H_1 : data tidak mengikuti model distribusi tertentu

3. Uji Anderson Darling, uji ini meliputi distribusi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritis serta membandingkannya dengan distribusi kumulatif hasil pengamatan. Distribusi teoritis adalah representasi dari hipotesis awal (H_0). [4]

Hipotesis untuk pengujian kesesuaian frekuensi pengamatan dengan frekuensi teoritis (yang diharapkan) adalah sebagai berikut :

H_0 : Distribusi frekuensi pengamatan *sample* dari populasi sesuai dengan distribusi teoritis tertentu.

H_1 : Distribusi frekuensi pengamatan tidak sesuai dengan distribusi teoritis tertentu.

Uji statistik Anderson Darling adalah sebagai berikut :

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2n-1) [\ln(z_i) + (\ln(1-Z_{n-i+1}))] \quad (4)$$

Pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *Anderson Darling* (AD) terkecil dan *Pvalue* > alpha ($\alpha = 5\%$).

Fungsi Waktu Kerusakan

Fungsi waktu kerusakan (*failure function*) adalah probabilitas suatu kegagalan yang terjadi antara waktu t_x dan t_y adalah [5] :

$$\int_{t_x}^{t_y} f(t) dt; f(t) \quad (5)$$

Dalam prakteknya, terdapat beberapa fungsi probabilitas yang menggambarkan karakteristik kegagalan peralatan yaitu :

1. Distribusi *Exponential*

Distribusi *exponential* adalah distribusi yang paling sederhana, dengan satu nilai parameter yaitu λ (*failure rate*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (6)$$

2. Distribusi *Weibull*

Distribusi ini biasanya dipakai untuk barang-barang mekanika yang keandalannya berkurang karena umur pakai.

$$f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad (7)$$

3. Distribusi Normal

Distribusi Normal mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{1}{\tau\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\tau}\right)^2\right]} \quad (8)$$

4. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{1}{\pi\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\tau}\right)^2\right]} \quad (9)$$

5. Distribusi Gamma

Distribusi Gamma mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp\left(-\frac{t}{\alpha}\right) \quad (10)$$

Keandalan (*Reliability*)

Keandalan (*reliability*) adalah ukuran kemampuan suatu komponen atau peralatan untuk beroperasi terus-menerus tanpa adanya gangguan atau kerusakan.

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(\tau) dt = 1 - F(t) \quad (11)$$

Untuk distribusi probabilitas tertentu, fungsi keandalan pada distribusi :

1. Exponential

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (12)$$

2. Weibull

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (13)$$

3. Normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\tau}\right) \quad (14)$$

4. Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\tau}\right) \quad (15)$$

5. Gamma

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^{t/\alpha} z^{\beta-1} e^{-z} dz \quad (16)$$

Mean Time to Failure (MTTF)

Mean time to failure menyatakan rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak atau nilai harapan (ekspektasi) lama sebuah komponen dapat dipergunakan sampai rusak. MTTF dapat dirumuskan sebagai:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f_T(t) dt \quad (17)$$

Untuk menghitung Mean time to failure dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$1. \text{ Exponential : } MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (18)$$

$$2. \text{ Weibull : } MTTF = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (19)$$

$$3. \text{ Normal : } MTTF = \mu \quad (20)$$

$$4. \text{ Lognormal : } MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\tau^2}{2}\right) \quad (21)$$

$$5. \text{ Gamma : } MTTF = \alpha\beta \quad (22)$$

Mean Time to Repair (MTTR)

Secara umum, waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda [6].

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1-H(t))dt \quad (23)$$

Untuk perhitungan *mean time to repair* pada masing-masing distribusi memiliki kesamaan rumus dengan perhitungan *mean time to failure*.

Effisiensi Perawatan

Perawatan yang baik akan dilakukan dalam jangka waktu tertentu dan pada waktu proses produksi sedang tidak berjalan. Semakin sering perawatan suatu mesin dilakukan akan meningkatkan biaya perawatan. Disisi lain bila perawatan tidak dilakukan akan mengurangi performa kerja dari mesin tersebut. Pola *maintenance* yang optimal perlu dicari supaya antara biaya perawatan dan biaya kerusakan bisa seimbang pada *total cost* yang paling minimal.

Preventive Cost merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan. Sedangkan *Failure Cost* merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan di luar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi terhenti saat produksi sedang berjalan.

Secara matematis *total cost* untuk untuk menentukan interval waktu perawatan ini dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$C(tp) = \frac{C_p + C_f \cdot H(tp)}{tp} \quad (24)$$

$$H(tp) = \int_0^{tp} h(t)dt \quad (25)$$

Keterangan :

C_p : biaya satu siklus *preventive*

: (biaya tenaga kerja/jam x waktu perbaikan *preventive*) + harga komponen + biaya kehilangan produksi/jam.

C_f : biaya satu siklus *failure*

: (biaya tenaga kerja/jam x waktu perbaikan *corrective*) + harga komponen + biaya kehilangan produksi/jam.

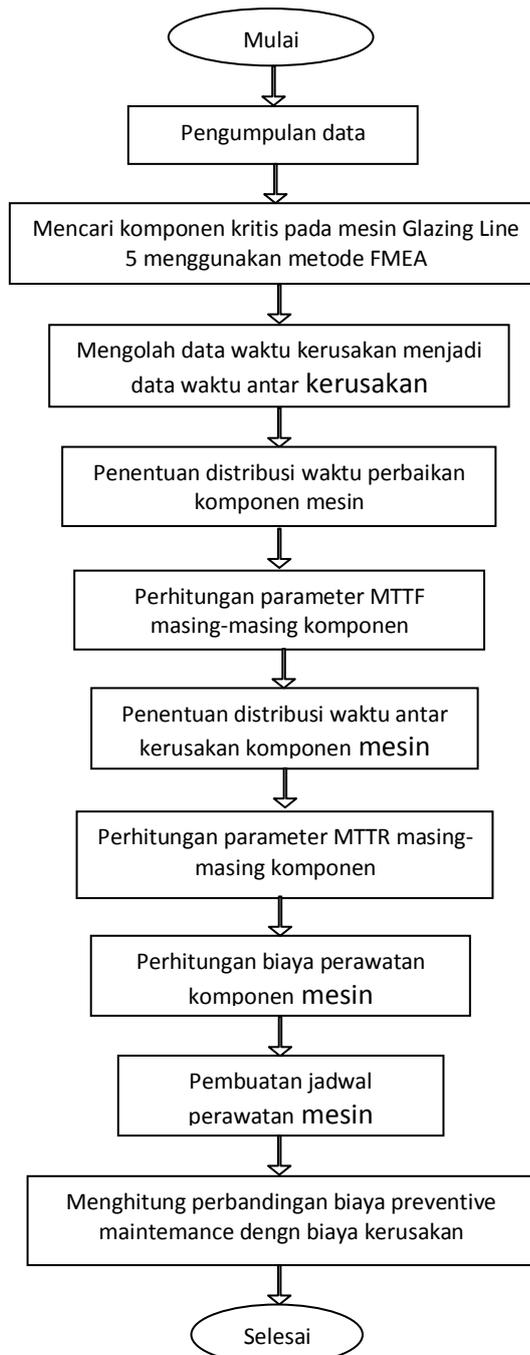
$H(tp)$: ekspektasi laju kerusakan selama interval tp (*cummulative hazard function* selama tp)

$h(tp)$: laju kerusakan saat tp

tp : interval *preventive replacement*

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dapat disajikan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*. Sub bab berikut akan menjelaskan lebih detail tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* dari tahap awal hingga akhir penelitian ini.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data di perusahaan dilakukan dengan cara menanyakan langsung kepada sumber yang dapat memberikan informasi secara tepat, yaitu pada bagian departemen teknik dan juga melakukan pencatatan data secara manual dengan melihat dokumen yang sudah tersedia pada perusahaan.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data mesin beserta komponennya
2. Data waktu kerusakan komponen mesin
3. Data waktu perbaikan (penggantian komponen)
4. Data harga komponen mesin

Mencari Komponen Kritis pada Mesin *Glazing Line 5* Menggunakan Metode FMEA

Data yang telah dikumpulkan dari perusahaan dapat di olah untuk membuat suatu penjadwalan perawatan mesin yang lebih optimal dengan langkah awal yaitu mencari komponen-komponen mesin yang memiliki tingkat *breakdown* (kerusakan) dengan frekuensi terbesar pada mesin *Glazing Line 5* dengan menggunakan metode *FMEA*.

Langkah kerja menerapkan *FMEA* yaitu:

1. Mengidentifikasi proses dan produk
2. Mendaftar masalah potensial yang muncul
3. Memberi skala dimulai dari angka 1 hingga 10 pada masalah berdasarkan tingkat keparahan kegagalan (*severity*), tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi kegagalan (*detection*). Penentuan dari skala ini dihasilkan dari wawancara dengan bagian departemen teknik yang mengerti akan komponen mesin.
4. Menghitung *Risk Priority Number (RPN)* dan memprioritaskan tindakan dimulai dari masalah yang memiliki nilai *RPN* terbesar. Nilai *RPN* ini dapat dihitung menggunakan rumus:
$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)}$$
5. Melakukan tindakan untuk mengurangi resiko

Mengolah Data Waktu Kerusakan Menjadi Data Waktu Antar Kerusakan

Perhitungan data waktu kerusakan dilakukan dengan cara menghitung waktu dari mesin rusak hingga mesin selesai diperbaiki. Sedangkan untuk data waktu antar kerusakan dihitung dari saat keadaan mesin selesai diperbaiki hingga saat terjadi kerusakan selanjutnya.

Penentuan Distribusi Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan pada masing-masing komponen mesin ini akan dilihat berdasarkan hasil dari uji distribusi yang terdapat pada *software* Minitab 14 dan dari hasil tersebut dapat diketahui parameter-parameter beserta distribusi yang paling cocok untuk mewakili waktu antar kerusakan untuk tiap komponen pada tiap mesin yang berbeda.

Perhitungan Parameter *MTTF* Masing-Masing Komponen

Pada tahap ini dilakukan perhitungan parameter yang sesuai dengan distribusi yang terpilih. Perhitungan parameter untuk masing-masing distribusi berbeda satu dengan yang lainnya. Parameter yang telah dihitung akan digunakan untuk menghitung nilai *MTTF* (*Mean Time to Failure*). *MTTF* merupakan rata-rata waktu pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak.

Penentuan Distribusi Waktu Perbaikan Komponen Mesin

Penentuan distribusi dari data waktu perbaikan pada masing-masing komponen mesin ini akan dilihat berdasarkan hasil dari uji distribusi yang terdapat pada *software* Minitab 14 dan dari hasil tersebut dapat diketahui parameter-parameter beserta distribusi yang paling cocok untuk mewakili waktu perbaikan untuk tiap komponen pada tiap mesin yang berbeda.

Perhitungan Parameter *MTTR* Masing-Masing Komponen

Pada tahap ini dilakukan perhitungan parameter yang sesuai dengan distribusi yang telah terpilih. Perhitungan parameter untuk masing-masing distribusi berbeda satu dengan yang lainnya. Parameter yang telah dihitung akan digunakan untuk menghitung nilai *MTTR* (*Mean Time to Repair*). *MTTR* merupakan rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan komponen mesin.

Perhitungan Biaya Perawatan Komponen Mesin

Perhitungan biaya perawatan komponen mesin ini dibagi dalam dua bagian, yaitu biaya perawatan untuk pencegahan kerusakan dan biaya perbaikan untuk kerusakan. Biaya perawatan ini akan digunakan untuk perhitungan interval waktu perawatan yang optimal.

Pembuatan Jadwal Perawatan Mesin

Pada pembuatan jadwal perawatan mesin ini, perhitungan yang digunakan dalam penentuan penjadwalan perawatannya berdasarkan pada biaya perawatan pencegahan, biaya perbaikan, dan interval waktu perawatan. Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat ditentukan jadwal perawatan yang optimal dengan mencari keseimbangan antara biaya perawatan dan biaya kerusakan pada total *cost* yang terkecil (optimal). Dalam pembuatan jadwal perawatan mesin ini, akan dilakukan juga penggabungan penjadwalan waktu perawatan antar komponen mesin yang memiliki jarak waktu perawatan yang berdekatan.

Menghitung Perbandingan Biaya *Preventive Maintenance* dengan Biaya Kerusakan

Setelah dilakukan penggabungan jadwal waktu perawatan yang diperoleh dari total *cost* yang terkecil (optimal), maka dilakukan perbandingan total biaya antara penggabungan jadwal perawatan dengan biaya perbaikan saat terjadi kerusakan.

Kesimpulan dan Saran

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan ini digunakan untuk memberikan jawaban pada tujuan penelitian sekaligus menarik kesimpulan mengenai permasalahan yang dihadapi perusahaan serta memberikan saran yang dapat digunakan sebagai masukan bagi perusahaan untuk dimanfaatkan lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

FMEA Mesin *Glazing Line 5*

Berdasarkan data jenis kerusakan yang terdapat pada masing-masing komponen mesin, maka hasil yang diperoleh dalam tabel *FMEA* pada tiap-tiap komponen mesin *glazing line 5* dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Ranking Tiap Komponen Mesin

Mesin	Sub Mesin	Komponen	Total RPN	Ranking
Pengikis kering		Grinding wheel	280	1
Devistep output		Timing belt	250	2
Pembalik		Van belt	240	4
Rotocolor (master)	Blade	Blade	240	4
Rotocolor (slave)	Blade	Blade	240	4
Spacer		Van blade	200	8
Campana enggobe		Pompa SQDM	200	8
Rotocolor (slave)	Pompa pasta	Motor	200	8
Enggobe body		Rantai	200	8
		Bearing	200	8
Devistep output		Gearbox	180	11,5
Enggobe body		Motor	180	11,5
Pembalik		Motor gearbox	160	14
		Bearing	160	14
Rotocolor (master)		Pipa perist	160	14
Spacer		Motor	150	20
Campana enggobe		Motor van belt	150	20
Campana glaze		Motor van belt	150	20
Pengikis kering		Motor	150	20
Rotocolor (master)	Pompa pasta	Motor	150	20
	Pompa pasta	Pipa perist	150	20
Rotocolor (slave)	Pompa pasta	Bearing	150	20
	Mixer pasta	Motor	150	20
Devistep input		Conveyor belt	150	20

Corner	Oriental belt	120	33,5
	Rel ½ lingkaran	120	33,5
Sikat body	Sikat body	120	33,5
	Van belt	120	33,5
Spacer	Bearing	120	33,5
Spray air	Pompa spray air (jet 30.000)	120	33,5
	Motor pompa jet 30.000	120	33,5
Campana enggobe	Van belt	120	33,5
Campana glaze	Pompa SQDM	120	33,5
	Van belt	120	33,5
Pengikis kering	Van belt	120	33,5
Rotocolor (master)	Pompa pasta	120	33,5
	Mixer pasta	120	33,5
Deviostep input	Oriental belt	120	33,5
	Gearbox stepping	120	33,5
Deviostep output	Motor	120	33,5
Enggobe body	Sproket	120	33,5
	Roll karet enggobe body	120	33,5

Komponen yang berada di ranking satu merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan dan menjadi prioritas utama untuk perawatannya.

Perhitungan Parameter *MTTF* dan *MTTR* masing-masing komponen

Setelah diketahui ranking tingkat kerusakan tiap komponen, maka dilakukan penentuan distribusi waktu antar kerusakan berdasarkan hasil dari penentuan masing-masing komponen menggunakan *software* Minitab 14. Setelah itu, dari parameter yang terpilih pada tiap komponen dilakukan penghitungan *MTTF* menggunakan *software* Minitab 14. Langkah yang sama juga dilakukan dalam menghitung *MTTR* tetapi data yang dipakai adalah data waktu perbaikannya. Hasil perhitungan *MTTF* dan *MTTR* dapat dilihat pada tabel 2.

Pembuatan Jadwal Perawatan Mesin

Dalam pembuatan jadwal perawatan untuk masing-masing komponen pada mesin *glazing line 5* ini dilakukan dengan cara mencari keseimbangan antara biaya perawatan dan biaya kerusakan pada total *cost* yang terkecil (optimal). Berdasarkan dari hasil total *cost* yang terkecil, maka akan diperoleh interval waktu perawatan yang optimal pada masing-masing komponen mesin. Hasil tp (waktu interval perawatan yang optimal) dapat dilihat pada tabel 3.

Penggabungan Jadwal Perawatan

Penggabungan jadwal perawatan ini dengan cara menyatukan waktu tp yang memiliki jarak yang berdekatan. Dalam hal ini, selisih optimal yang diambil untuk penggabungan jadwal perawatan masing-masing komponen mesin adalah 144 jam (6 hari) dan juga memperhatikan nilai *MTTR* terbesar dalam penggabungan jadwalnya. Hal ini dikarenakan sub mesin dan komponen yang ada merupakan satu aliran arah dalam rangkaian mesin. Hasil dari penggabungan jadwal waktu perawatan (tp) dapat dilihat pada tabel 3.

Menghitung Perbandingan Biaya *Preventive Maintenance* dengan Biaya Kerusakan

Setelah dilakukan penggabungan jadwal interval waktu perawatan (tp), maka dapat dihitung perbandingan total biaya antara penggabungan jadwal perawatan dengan biaya perbaikan kerusakan. Hasil perbandingan total biaya penggabungan jadwal perawatan dan biaya perbaikan masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *MTTF* Dan *MTTR* Masing-Masing Komponen

Mesin	Sub Mesin	Komponen	MTTF	Distribusi	MTTR	Distribusi
Spacer		Van belt	1250,05	Lognormal	0,379	Lognormal
		Motor	5164,93	Lognormal	0,594	Lognormal
Campana enggobe		Pompa SQDM	1753,39	Exponential	0,464	Lognormal
		Motor van belt	3688,27	Lognormal	0,75	Normal
Campana glaze		Motor van belt	4189,86	Normal	0,813	Normal
Pengikis kering		Grinding wheel	230,432	Lognormal	0,199	Weibull
		Motor	5273,19	Normal	0,527	Lognormal
Pembalik		Van belt	917,418	Weibull	0,320	Weibull
		Motor gearbox	10907,4	Lognormal	0,494	Lognormal
		Bearing	3345,8	Lognormal	0,472	Weibull
Rotocolor (master)	Blade	Blade	504,798	Lognormal	0,226	Weibull
	Pompa pasta	Pipa perist	3078,63	Lognormal	0,377	Lognormal
		Motor	5643,42	Normal	0,565	Lognormal
	Mixer pasta	Motor	3463,46	Normal	0,45	Normal
Rotocolor (slave)	Blade	Blade	706,436	Weibull	0,418	Normal
		Pipa perist	3664,52	Normal	0,764	Lognormal
	Pompa pasta	Bearing	4290,83	Lognormal	0,611	Lognormal
		Motor	41074,7	Lognormal	0,625	Normal
	Mixer pasta	Motor	4934,5	Normal	0,498	Normal
			Conveyor belt	3642,19	Normal	0,783
Deviostep output		Timing belt	1900,34	Lognormal	0,525	Lognormal
		Gearbox	4215,25	Normal	1,418	Normal
			Rantai	1416,26	Lognormal	0,369
Enggobe Body		Bearing	1838,91	Normal	0,403	Lognormal
		Motor	5568,58	Lognormal	1,689	Lognormal

Tabel 3. Penggabungan Jadwal Waktu Perawatan (T_p)

Mesin	Sub Mesin	Komponen	tp (jam)	MTTR	Penggabungan tp (jam)
Spacer		Van belt	957	0,379	955
		Motor	4193	0,594	4193
Campana enggobe		Pompa SQDM	1753	0,464	1753
		Motor van belt	3688	0,75	3688
Campana glaze		Motor van belt	3992	0,813	3992
Pengikis kering		Grinding wheel	211	0,199	211
		Motor	5273	0,527	5273
Pembalik		Van belt	664	0,32	706
		Motor gearbox	10907	0,494	10907
		Bearing	3345	0,472	3345
Rotocolor (master)	Blade	Blade	504	0,226	504
		Pipa perist	2221	0,377	2221
	Pompa pasta	Motor	4307	0,565	4193
Rotocolor (slave)	Blade	Blade	706	0,418	706
		Pipa perist	2559	0,764	2619
	Pompa pasta	Bearing	3032	0,611	3032
		Motor	41074	0,625	41074
	Mixer pasta	Motor	3904	0,498	3992
Deviostep output		Conveyor belt	2844	0,783	2844
		Timing belt	955	0,525	955
		Gearbox	2619	1,418	2619
Enggobe body		Rantai	1416	0,369	1416
		Bearing	1762	0,403	1753
		Motor	4438	1,689	4438

Tabel 4. Perbandingan Total Biaya Penggabungan Jadwal C(Tp) Dan Biaya Perbaikan Cf

Mesin	Sub Mesin	Komponen	Total biaya Penggabungan C(tp) (Rp)	Total biaya Cf (Rp)	Penghematan (Rp)
Spacer		Van belt	20.501.266	13.114.830.527	13.094.329.260
		Motor	1.286.626	5.134.802.804	5.133.516.177
Campana enggobe		Pompa SQDM	7.941.427	10.114.640.676	10.106.699.248
		Motor van belt	3.452.667	6.487.603.542	6.484.150.874
Campana glaze		Motor van belt	1.272.605	7.027.603.837	7.026.331.231
Pengikis kering		Grinding wheel	271.232.572	31.797.802.576	31.526.570.003
		Motor	641.279	2.279.089.245	2.278.447.965
Pembalik		Van belt	20.119.517	15.190.063.181	15.169.943.664
		Motor gearbox	627.285	8.544.976.186	8.544.348.901
		Bearing	2.985.191	6.119.136.464	6.116.151.272
Rotocolor (master)	Blade	Blade	57.144.836	17.555.831.515	17.498.686.678
	Pompa pasta	Pipa perist	2.593.475	4.886.931.870	4.884.338.395
		Motor	988.849	4.885.626.028	4.884.637.179
Rotocolor (slave)	Blade	Blade	38.977.812	27.112.484.818	27.073.507.005
		Pipa perist	2.000.607	6.604.029.689	6.602.029.081
	Pompa pasta	Bearing	1.052.765	5.280.406.086	5.279.353.320
		Motor	259.012	5.403.602.951	5.403.343.938
	Mixer pasta	Motor	1.039.407	4.302.002.349	4.300.962.942
Deviostep output		Conveyor belt	3.642.336	10.153.808.424	10.150.166.088
		Timing belt	8.793.967	11.345.135.000	11.336.341.032
		Gearbox	3.376.626	12.247.856.693	12.244.480.067
Enggobe body		Rantai	13.770.601	7.962.037.951	7.948.267.350
		Bearing	5.748.072	6.962.154.845	6.956.406.772
		Motor	420.520	14.597.454.376	14.597.033.855
Total			4.698.69.332	245.109.911.632	244.640.042.300

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu berdasarkan hasil dari penggunaan metode FMEA, maka diperoleh komponen kritis yang diperoleh pada mesin *glazing line 5* antara lain: Mesin *Spacer* : komponen *van belt* dan motor, Mesin *Campana Enggobe* : pompa SQDM dan motor *van belt*, Mesin *Campana Glaze* : motor *van belt*, Mesin *Pengikis Kering* : *grinding wheel*, dan motor, Mesin *Pembalik* : *van belt*, motor *gearbox*, dan *bearing*, Mesin *Rotocolor (master)* : *blade*, pipa perist pompa pasta, motor pompa pasta, dan motor *mixer* pasta, Mesin *Rotocolor (slave)* : *blade*, pipa perist pompa pasta, *bearing* pompa pasta, motor pompa pasta, dan motor *mixer* pasta, Mesin *Deviostep Output* : *conveyor belt*, *timing belt*, dan *gearbox*, Mesin *Enggobe Body* : rantai, *bearing*, dan motor.

Berdasarkan hasil perbandingan total biaya penggabungan jadwal perawatan dan total biaya perbaikan saat terjadi kerusakan, maka terdapat penghematan sebesar Rp.244.640.042.300,- atau 99,81%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Assauri, Sofyan ., 2004, Management Produksi, edisi keempat, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- [2] Corder, A.S ., 1996, Teknik Manajemen Pemeliharaan, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- [3] Stamatis, D.H ., 2003, *Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma*, second edition, St. Lucie Press, Boca Raton.
- [4] Stephens, M.A., 1974, EDF statistics for goodness of fit and some comparisons, Journal of the American Statistical Association, Vol. 69, No. 347, pp. 730-737.

- [5] Jardine, A.K.S ; Albert H.C.T ., 2006, *Maintenance, Replacement and Reliability: Theory and Applications*, second edition, Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- [6] Ebeling, Charles E ., 1997, *An introduction to Reliability and Maintainability for Engineering*, first edition, McGraw Hill, New York.