

MINIMASI ONGKOS PERAWATAN PADA MESIN GEARBOX INDUSTRI TEKSTIL

Melia Eka Lestiani

Program Studi Manajemen Transportasi, Sekolah Tinggi Manajemen Logistik
Indonesia, Jl. Sariasih No. 54 Sarijadi, Bandung 40151, Indonesia
E-mail: melia@stimlog.ac.id

ABSTRAK

PT. YST merupakan perusahaan yang memproduksi tekstil untuk kebutuhan dalam dan luar negeri. Dalam menjalankan setiap pesanan perlu dijaga kelancaran produksinya, selain menjaga ketersediaan bahan dan orang, perlu dijaga keberlangsungan mesin berproduksi. Terjadinya penghentian mesin berproduksi karena kerusakan mesin atau peralatan merupakan suatu hambatan yang dapat mengganggu berjalannya proses produksi, sehingga kerusakan mesin pada saat proses produksi sedang berlangsung harus dicegah. Peranan perawatan pencegahan mesin dapat dilakukan dengan penentuan interval waktu perawatan yang optimal sehingga dapat meminimasi ongkos total perawatan. Komponen *bearing* merupakan komponen kritis pada mesin ini dengan persentase kerusakan sebesar 22,54 % dan komponen ini mengikuti distribusi weibull dua parameter (setelah dilakukan uji kecocokan distribusi) dengan nilai $\beta > 1$ yang artinya komponen tersebut laju kerusakannya meningkat. Dari hasil pengolahan data didapatkan ongkos untuk perawatan menjadi Rp.286.250 dengan waktu perawatan selama 61 hari.

Kata Kunci: ongkos perawatan, mesin *gearbox*, distribusi weibull, komponen kritis

ABSTRACT

PT. YST is a company that produces textiles for domestic and foreign needs. In carrying out each order it is necessary to maintain the smooth production, in addition to maintaining the availability of materials and people, it is necessary to maintain the continuity of the production machine. The cessation of production machinery due to damage to machinery or equipment is an obstacle that can interfere with the running of the production process, so that damage to the machine during the production process must be prevented. The role of preventive maintenance of the machine can be done by determining the optimal maintenance time interval so as to minimize the total cost of maintenance. Bearing component is a critical component in this machine with a percentage of damage of 22.54% and this component follows a two-parameter weibull distribution (after a distribution match test) with a value of $\beta > 1$ which means that the damage rate increases. From the results of data processing, the cost for treatment is Rp.286,250 with 61 days of treatment time.

Keywords: maintenance costs, gearbox engine, weibull distribution, critical components

1. PENDAHULUAN

Pada semua jenis industri, kelancaran proses produksi merupakan suatu tuntutan utama yang harus dipenuhi agar target perusahaan dapat tercapai. Di dalam kegiatan produksi ini sering terjadi berbagai masalah yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi tersebut, yang mana hal ini dapat mengakibatkan penyerahan produk kepada konsumen menjadi tertunda. Salah satu dari masalah tersebut adalah sering terjadinya kerusakan-kerusakan pada mesin atau peralatan produksi.

PT. YST yang memproduksi tekstil dituntut untuk dapat memenuhi keinginan konsumen serta membuat konsumen puas. Salah satunya dengan penyerahan produk yang dipesan tepat pada waktu. Untuk mendukung hal itu maka mesin dan peralatan yang digunakan untuk produksi harus dirawat untuk mencegah hal-hal yang dapat mengganggu kelancaran produksi.

Perencanaan jadwal kegiatan perawatan yang baik tentunya dapat meminimasi masalah-masalah tersebut. Salah satunya adalah melalui kebijakan perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*). Dengan menerapkan kebijakan ini diharapkan dapat meminimalkan ongkos yang harus dikeluarkan dibandingkan dengan ongkos untuk perbaikan yang jumlahnya tidak sedikit.

Adapun tujuan penelitian ini adalah menentukan komponen kritis dari mesin *Gear Box*, pada PT. YST yang dominan terhadap kerusakan, menentukan besarnya ongkos perawatan pencegahan yang optimal dari interval waktu yang didapat dari penelitian, memperbaiki tingkat ketersediaan (availabilitas) dari suatu mesin berdasarkan kebijakan yang telah ditentukan.

2. METODOLOGI

Pengumpulan data dilakukan dengan cara yakni melakukan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait di dalam perusahaan, mengadakan pengamatan langsung di lapangan tempat penelitian dilakukan, dan mencatat data yang sudah ada didokumentasikan perusahaan yang bersangkutan.

Adapun data yang dikumpulkan meliputi:

1. Data umum perusahaan yang terdiri dari: sejarah perusahaan, struktur organisasi, proses produksi;
2. Data komponen kritis pada mesin *gearbox*;
3. Data waktu antarkerusakan,
4. Data waktu perawatan mesin yaitu rata-rata waktu untuk perawatan pencegahan dan perawatan perbaikan; dan
5. Data ongkos perawatan penggantian.

2.1. Perawatan

Perawatan (*maintenance*) adalah segala aktifitas yang mempertahankan peralatan yang tidak rusak pada kondisi operasional yang handal dan aman, dan bilamana terjadi kerusakan, maka dapat dikembalikan pada kondisi semula, serta dapat mempertahankan kualitas fasilitas sehingga dapat berfungsi dengan baik. Perawatan terhadap suatu peralatan merupakan salah satu aktivitas pendukung pada suatu sistem produksi yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan fungsional sistem produksi sehingga sistem tersebut selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. Untuk dapat mencapai kondisi yang diharapkan ini, diperlukan suatu perencanaan yang tepat dalam menentukan jenis tindakan dan jadwal perawatan yang optimal dengan minimasi biaya. Peranan perawatan baru akan sangat terasa dibutuhkan bila sistem mulai mengalami gangguan atau tidak dapat dioperasikan lagi. Sebetulnya ongkos yang dikeluarkan untuk memperbaiki peralatan yang rusak jauh lebih besar dibandingkan dengan ongkos yang harus dikeluarkan untuk tindakan perawatan, karena pada sistem yang rusak terdapat ongkos yang timbul akibat terjadinya *down time* pada saat yang tidak tepat dan kerusakan yang terjadi dapat meluas ke komponen-komponen lainnya.

Masalah perawatan mempunyai kaitan yang erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*). Tindakan tersebut dapat berupa:

1. Pemeriksaan (*inspection*), yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem berada pada kondisi yang diinginkan;
2. Servis (*service*), yaitu tindakan yang bertujuan untuk menjaga kondisi suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian sistem;
3. Penggantian komponen (*replacement*), yaitu tindakan penggantian komponen yang dianggap rusak atau tidak memenuhi kondisi yang diinginkan;
4. *Repair*, yaitu tindakan perbaikan minor yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil;
5. *Overhaul*, yaitu tindakan perbaikan besar-besaran yang biasanya dilakukan di akhir periode tertentu.

Tujuan utama dari perawatan adalah untuk memelihara keadaan suatu sistem agar tetap dalam kondisi yang telah ditetapkan dengan ongkos yang serendah-rendahnya. Suatu fasilitas/ peralatan akan mengalami penurunan *performance* seiring dengan cara pemakaiannya. Penurunan kerja ini disebabkan oleh menurunnya kinerja dari beberapa komponen yang terdapat pada fasilitas/ peralatan tersebut. Jika suatu mesin sering mengalami kerusakan dan adanya tindakan penggantian komponen yang sering dilakukan, maka diperlukan suatu kebijakan khusus berupa perawatan pencegahan. Pada umumnya, kebijakan penggantian dan perawatan dapat diklasifikasikan atas persoalan *deterministic* dan *probabilistic (stokastik)*. Penggantian *deterministic* terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian tersebut diasumsikan dapat diketahui dengan pasti. Setelah melakukan penggantian, peralatan kembali ke kondisi awal yang telah diketahui sebelumnya. Sedangkan penggantian *probabilistic* terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian tidak dapat diketahui dengan pasti, dengan kata lain bersifat mungkin, tergantung kondisi tertentu.

2.2. Konsep Keandalan (*Reliability*)

Keandalan adalah probabilitas bahwa suatu item (sistem) mempunyai performansi sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu dan kondisi operasi tertentu. Keandalan berhubungan dengan peluang bersyarat yang diberikan dengan tingkat keyakinan bahwa suatu peralatan atau komponen akan melakukan fungsinya sebagaimana mestinya tanpa mengalami masalah atau kerusakan pada waktu keadaan operasi yang tetap dilaksanakan pada periode waktu yang dipergunakan. Masalah keandalan sangat berhubungan erat dengan empat parameter, sebagai berikut:

1. Waktu
Konsep keandalan selalu berpijak pada masalah peluang, dimana suatu peralatan akan berfungsi secara memuaskan selama periode waktu tertentu. Waktu merupakan variabel terpenting yang berkaitan dengan keandalan suatu sistem. Dalam hal ini, waktu dihubungkan dengan laju kerusakan (*failure rate*). Biasanya faktor waktu yang dipakai dalam menilai keandalan suatu sistem dikaitkan dengan keadaan tertentu, misalnya waktu antar dua kerusakan (*Mean Time Between Failure/ MTBF*) dan waktu rata-rata antar dua perbaikan (*Mean Time Between Maintenance*).
2. Performansi Standar
Umumnya menyatakan kemampuan dari suatu peralatan untuk memenuhi tugas yang diberikan. Dalam beberapa hal penurunan performansi masih diizinkan sampai tingkat toleransi tertentu, dimana sebagai pembatas adalah pemenuhan permintaan akan sistem secara keseluruhan.
3. Peluang

Parameter ini menunjukkan kuantitas dan kualitas suatu sistem untuk mempertahankan performansi standarnya.

4. Kondisi Lingkungan

Kadang kala suatu peralatan berhadapan dengan faktor tertentu dari lingkungan yang akan mempengaruhi terjadinya suatu kerusakan seperti: temperatur, kelembaban, guncangan, zat-zat kimia, dan lain sebagainya.

Untuk meningkatkan keandalan dari suatu sistem ada beberapa usaha yang dapat dilakukan, yaitu:

- a. Membuat desain sistem dengan komponen-komponen yang mempunyai keandalan baik.
- b. Membuat desain sistem sedemikian rupa, sehingga memudahkan dalam melakukan kegiatan perawatan, seperti: perbaikan, inspeksi.
- c. Mempergunakan komponen yang paralel dalam *stage* tertentu (*system redundancy*).
- d. Merencanakan perawatan pencegahan dengan semaksimal mungkin, seperti: apakah suatu komponen kritis hanya akan diperbaiki saja atau perlu diganti sebelum mengalami kerusakan yang lebih parah.
- e. Menyediakan persediaan *spare part* dengan maksud memperkecil rata-rata waktu menganggur.
- f. Meningkatkan kinerja dari tenaga perawatan atau apabila jumlah tenaga perawatannya kurang perlu ditambah sehingga rata-rata waktu menganggur dari sistem akan berkurang.

Suatu fungsi keandalan yang menggunakan variabel acak yang kontinyu, dan bilamana variabel acaknya diskrit, maka fungsi laju kerusakan tidak dapat ditentukan. Dalam kebijakan perawatan terdapat beberapa fungsi distribusi kontinyu yang digunakan untuk menganalisis kerusakan suatu mesin atau peralatan. Di bawah ini beberapa bentuk distribusi waktu antar kerusakan yang sering digunakan, yaitu:

1. Distribusi Hyper Eksponensial

Jika suatu peralatan mesin atau fasilitas produksi mempunyai waktu kerusakan operasi yang sangat singkat ataupun sangat lama, distribusi kerusakannya sering dinyatakan dengan distribusi *hyper eksponensial*.

2. Distribusi Eksponensial Negatif

Distribusi ini memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap perubahan waktu, dan probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini paling umum dan luas pemakaiannya, dimana kerusakan dari peralatan dapat disebabkan oleh kerusakan dari komponen apa saja dari seluruh komponen yang menyusun peralatan atau mesin tersebut, serta karakteristik dari mesin atau peralatan yang rusak karena sebab random, seperti kelebihan beban yang tiba-tiba.

3. Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki bentuk kurva seperti genta, dan memiliki dua parameter yaitu μ (nilai rata-rata atau *mean*) dan σ (standar deviasi). Kurva distribusi ini simetris terhadap μ . Fungsi distribusi ini banyak dipakai untuk menggambarkan laju kerusakan peralatan yang terus naik terhadap pertambahan waktu.

4. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi empirik yang pemakaiannya paling luas meliputi sejumlah besar karakteristik kerusakan mesin atau peralatan. Distribusi ini ekuivalen dengan distribusi lainnya, tergantung parameter bentuk (β). Jika $\beta = 1$, distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi eksponensial negatif, jika $\beta < 1$,

distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi *hyper eksponensial*, jika $\beta > 1$, distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi normal. Untuk mengetahui bahwa distribusi pengamatan sesuai dengan yang diinginkan, maka perlu dilakukan pengujian kecocokan distribusi dengan menggunakan metode statistik pengujian tertentu.

Availabilitas berhubungan dengan probabilitas suatu peralatan untuk melakukan operasi secara memuaskan pada kondisi dan periode tertentu, tepat waktu dalam keadaan yang telah ditentukan. *Availability* dapat didefinisikan:

$$AV = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime} \quad (1)$$

Konsep availabilitas mengandung dua komponen utama, yaitu *maintainability* dan *reliability*. Tingkat reliabilitas yang rendah dapat diimbangi dengan usaha meningkatkan *maintainability* sehingga tingkat availabilitas mesin optimal. Tingkat availabilitas bersama dengan biaya yang diperlukan untuk melakukan tindakan perawatan merupakan dua faktor utama yang harus diperhatikan dalam menentukan jadwal perawatan *preventif* yang optimal.

Pada kenyataannya seseorang menentukan suatu sistem atau peralatan dalam keadaan operasi yang sebenarnya maka perhitungan didasarkan pada perhitungan *availability* yang memuaskan dan dinyatakan dalam bentuk:

$$A = \frac{Waktu\ Operasi}{Waktu\ Operasi + C(Waktu\ Rintangan)} \quad (2)$$

Dimana: C = konstanta yang besarnya $0 < C < 1$

C = 0 bila tidak ada waktu menganggur

Kesiapan beroperasi dari suatu sistem atau peralatan adalah kemungkinan sistem atau peralatan tersebut untuk dapat beroperasi secara baik pada saat dibutuhkan dan dinyatakan dalam bentuk:

$$OR = \frac{Waktu\ Operasi + Waktu\ Tunggu}{Waktu\ Operasi + Waktu\ Tunggu + Waktu\ Rintangan} \quad (3)$$

Availabilitas persatuan waktu merupakan fungsi dari interval waktu perawatan pencegahan. Bila fungsi kepadatan kemungkinan, $f(t)$ dimana t_i merupakan waktu yang diberikan untuk melakukan kegiatan perawatan.

2.3. Model Perawatan

Ada bermacam-macam model matematis mengenai persoalan penggantian, baik berupa deterministik atau probabilistic. Adapun kriteria yang biasa digunakan yaitu:

1. Minimasi *Down Time*, contohnya: model penggantian pencegahan (*model block replacement*, dan *model age replacement*).
2. Memaksimalkan Keuntungan atau Minimasi Ongkos.

Model penggantian pencegahan secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagai berikut:

a. *Model Block Replacement*

Penggantian komponen dalam model ini dilakukan pada interval waktu yang tetap (t_p) tanpa memperhatikan umur dari komponen. Sama sekali tidak memperhatikan frekuensi penggantian komponen yang disebabkan oleh kerusakan selama interval t_p . Yang diperhatikan hanyalah melakukan penggantian *preventive* setiap interval waktu t_p sekali.

b. *Model Age Replacement*

Pada model ini, penggantian pencegahan akan memperhatikan umur dari komponen. Apabila tidak terjadi kerusakan, maka penggantian tetap dilakukan setiap interval

waktu t_p sekali. Tetapi apabila ternyata di dalam selang waktu t_p terjadi kerusakan, maka penggantian komponen harus dilakukan pada saat itu juga, dengan rencana penggantian pencegahan berikutnya dilakukan setelah selang waktu t_p yang dihitung mulai dari saat penggantian karena kerusakan (*failure replacement*).

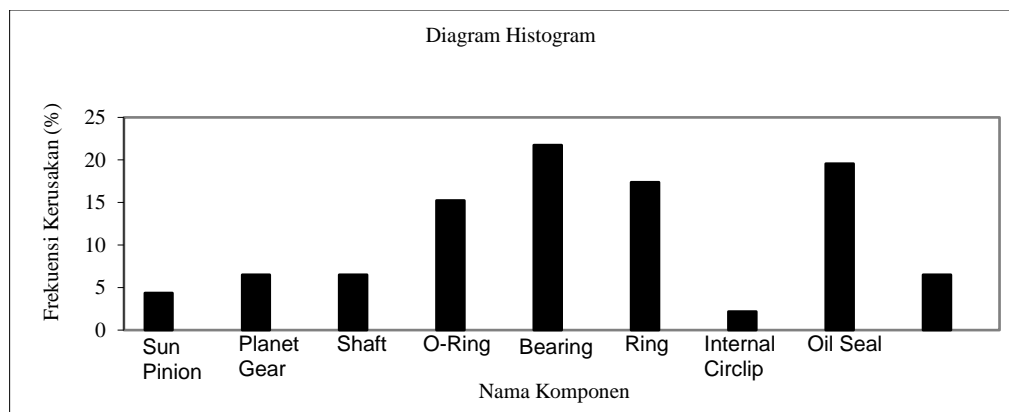
2.4. Ongkos Perawatan

Ongkos perawatan adalah semua ongkos yang dikeluarkan untuk merawat mesin sebelum dan sesudah mesin mengalami kerusakan. Adapun yang termasuk dalam ongkos perawatan adalah sebagai berikut:

1. Ongkos Tenaga Kerja Perawatan (C_{ir})
2. Ongkos Depresiasi Mesin (C_d)
3. Ongkos Keuntungan yang Hilang (C_k)
4. Ongkos Pembelian Suku Cadang (C_m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk lebih jelasnya dalam pemilihan komponen kritis dari mesin *gearbox* ini, digambarkan pula grafik histogram besarnya nilai kuantitatif masing-masing komponen yang sering mengalami kerusakan dimulai dari yang terbesar sampai yang terkecil beserta persentasenya.



Gambar 1. Diagram Histogram Pemilihan Komponen Kritis

Dan selanjutnya komponen *bearing* ini dipilih sebagai komponen kritis karena paling sering mengalami kerusakan dengan persentase kerusakannya yaitu sebesar 22,54%. Untuk menentukan besarnya interval penggantian pencegahan komponen kritis, maka diperlukan data-data yaitu: data waktu perawatan pencegahan (*predictive maintenance*), data waktu perawatan kerusakan (*corrective maintenance*), dan data ongkos perawatan pencegahan.

1. Data Ongkos Perawatan Pencegahan

Perawatan pencegahan ini meliputi pemeriksaan alat-alat atau fasilitas yang dilakukan secara teratur dan berkala (monitoring kondisi), pelumasan (*lubrication*), memperbaiki kerusakan-kerusakan kecil yang dijumpai selama pemeriksaan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan manajer *maintenance* diperoleh keterangan bahwa besarnya waktu untuk perawatan pencegahan (T_p) ini adalah 90 menit.

Jadi waktu untuk perawatan pencegahan (T_p) adalah = 90 menit

Berdasarkan keterangan dari bagian perawatan waktu yang dibutuhkan untuk perawatan kerusakan ini adalah 4 jam.

2. Data Ongkos Perawatan

Adapun data ongkos perawatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah ongkos-ongkos yang mempunyai pengaruh penting dalam menentukan interval waktu perawatan. Di bawah ini diperoleh data ongkos-ongkos perawatan yang diperlukan untuk pengolahan data, antara lain:

a. Ongkos Tenaga Kerja Perawatan (Cif)

Untuk ongkos tenaga kerja perawatan ini dihitung berdasarkan gaji dari personil perawatan per bulan dibagi dengan jumlah hari kerja.

b. Ongkos Depresiasi Mesin (Cd)

Besarnya nilai depresiasi mesin *planetary gearbox* adalah:

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Harga Mesin} - \text{Nilai sisa}}{\text{Umur Ekonomis}}$$

$$= \text{Rp.}52.650, - / \text{hari.}$$

3. Ongkos Keuntungan yang Hilang (Ck)

Penghitungan ongkos keuntungan yang hilang dihitung berdasarkan ongkos produksi/ unit, dimana ongkos produksi ini yakni ongkos bahan baku langsung yakni ongkos persediaan bahan dan ongkos pembelian bahan, ongkos tenaga kerja langsung, dan ongkos *over head* pabrik yakni ongkos bahan tak langsung, ongkos tenaga kerja tak langsung, ongkos depresiasi mesin, dan lain-lain (ongkos tak terduga).

4. Ongkos Pembelian Suku Cadang (Cm)

Untuk ongkos pembelian suku cadang atau harga dari komponen kritis *bearing* adalah Rp. 2.400.800, -.

3.1. Pengolahan Data

Adapun dalam pengolahan data ini dilakukan beberapa tahapan yaitu menghitung distribusi frekuensi, melakukan pengujian distribusi waktu antarkerusakan, dan menentukan nilai parameter distribusi Weibull.

Setelah diketahui interval waktu terjadinya kerusakan, kemudian dilakukan uji kecocokan distribusi Weibull Dua Parameter (*Mann Test*) untuk komponen kritis *bearing*.

Tabel 1. Uji Kecocokan Distribusi Weibull Dua Parameter

I	ti	Xi = Ln (ti)	X (I + 1)	X (I + 1) - Xi	Mi (tabel)	(X (I + 1) - Xi)/ Mi
1	60	4,03494456	4,423675328	0,125381762	0,7629182	0,1432763526
2	69	4,42310650	4,32873212	0,078623452	0,674521	0,1478627162
3	75	4,31878811	4,31238742	0,014253412	0,399100	0,0376516152
4	76	4,33073334	4,36542817	0,014328721	0,324470	0,0415124101
5	77	4,34380542	4,400037268	0,076271231	0,286163	0,2561760918
6	83	4,41884060	4,423111173	0	0,269493	0
7	83	4,41876253	4,437665221	0,165656511	0,271645	0,5762817261
8	97	4,57649212	4,625371622	0,024261521	0,300869	0,1452615241
9	101	4,61178234	4,762534101	0,028372182	0,405316	0,0897682612
10	105	4,57639821				
Total	826	45,001951				1,52143357

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan karakteristik dari komponen kritis *bearing* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Komponen Kritis *Bearing*

No	Karakteristik	Komponen Kritis
1	α	89,264
2	β	6,7276
3	a	4,4804
4	b	0,1532
5	Cp	Rp.10.743.717, -
6	Cf	Rp.29.903.663, -
7	Tp	0,1875 hari
8	Tf	0,5 hari

Tabel 3. Perhitungan Interval Waktu, Fungsi-Fungsi Distribusi Kerusakan, *Availability*, dan Total Ongkos Perawatan Komponen Kritis

Tp	R (tp)	F (tp)	λ (tp)	f (tp)	A	TC (tp)
61	0,9142398	0,0857602	0,0095948	0,008772	0,998451	196474,8
62	0,9051063	0,0948937	0,0104972	0,0095011	0,998434	195824,6
63	0,8952256	0,1047744	0,0114679	0,0102664	0,998415	195426,4
64	0,8845619	0,1154381	0,012511	0,0110667	0,998394	195282,7
81	0,5650424	0,4349576	0,0460043	0,0259944	0,997482	232901,3
82	0,5387745	0,4612255	0,0492327	0,0265253	0,997386	237357,5
83	0,5120254	0,4879746	0,0526445	0,0269553	0,997284	242015,7
84	0,4849008	0,5150992	0,0562475	0,0272745	0,997177	246860,5
85	0,4575163	0,5424837	0,0600501	0,0274739	0,997064	251874,2

3.2. Analisis

Adapun analisis tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Interval Waktu Perawatan Pencegahan
Dalam analisis interval waktu perawatan pada kondisi saat ini, interval waktu yang digunakan adalah untuk perawatan pada kondisi saat ini adalah sebesar 63 hari.
2. Analisis Fungsi-Fungsi Distribusi Kerusakan
Adapun analisis tersebut yaitu sebagai berikut:
 - a. Analisis Interval Waktu Perawatan Pencegahan
Analisis interval waktu perawatan setelah dilakukan penjadwalan perawatan, interval waktu yang digunakan adalah merupakan hasil perhitungan *trial and error* yang hasil tersebut ternyata yang mempunyai nilai ongkos total perawatan adalah pada saat $tp = 63$ hari.
 - b. Analisis Fungsi-Fungsi Distribusi Kerusakan
Dalam analisis fungsi-fungsi distribusi kerusakan ini dihitung berdasarkan distribusi weibull dua parameter yang mana nilai $\alpha = 89,264$ dan $\beta = 6,7276$. Adapun fungsi-fungsi distribusi kerusakan tersebut yaitu:
 - 1) Fungsi Kepadatan Kemungkinan Kerusakan
Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai untuk fungsi kepadatan kemungkinan dengan $t = 63$ adalah **0,0102664**, artinya bahwa dengan waktu 63 hari besarnya peluang terjadinya kerusakan adalah **0,0102664**.

- 2) Fungsi Distribusi Kerusakan Kumulatif
 Pada distribusi kerusakan kumulatif dengan $t = 63$ hari didapatkan nilai peluang terjadinya kerusakan sebelum waktu $t = 63$ hari adalah **0,1047744**.
- 3) Fungsi Keandalan
 Fungsi keandalan dari komponen kritis bearing dengan waktu $t = 63$ hari adalah **0,8952256** artinya yaitu bahwa kemungkinan komponen tersebut dapat berfungsi setelah beroperasi selama $t = 63$ hari adalah **0,8952256**.
- 4) Fungsi Laju Kerusakan
 Untuk laju kerusakan dengan $t = 63$ hari peluang komponen *bearing* akan gagal dalam interval waktu selanjutnya adalah **0,0114679** dengan syarat komponen tersebut berfungsi pada awal interval.
3. Analisis Total Ongkos Perawatan
 Untuk ongkos total perawatan pada saat ini dengan $t_p = 63$ diperoleh hasil sebesar Rp. 268.250, -/ hari.
4. Analisis Availabilitas
 Pada perhitungan tingkat ketersediaan (availabilitas) pada kondisi setelah dilakukan penjadwalan, dimana t_p adalah 63 didapatkan hasil sebesar **0,998415** artinya tingkat ketersediaan komponen siap digunakan pada saat produksi berjalan adalah sebesar 99,84% kondisi lebih baik jika dibandingkan dengan availabilitas pada kondisi saat ini ($t_p = 81$).
5. Analisis Terhadap Kebijakan Sistem Perawatan
 Dalam penentuan penjadwalan perawatan pencegahan dengan melakukan perawatan pencegahan sebelum terjadi kerusakan adalah merupakan suatu tindakan yang cukup penting karena dengan melakukan penjadwalan pencegahan akan dapat meminimasi ongkos perawatan. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan ongkos yang dibutuhkan untuk perawatan pencegahan dan perawatan perbaikan pada komponen kritis *bearing*.

Tabel 4. Perbandingan Waktu dan Ongkos Total Perawatan

Parameter	Waktu (hari)	Total Cost (Rupiah)
Perawatan saat ini	81	Rp.362.050, -
Perawatan setelah penjadwalan	61	Rp.268.250, -
Selisih	20	Rp.93.800, -

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis serta pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yakni:

1. Ongkos total perawatan setelah dilakukan penjadwalan perawatan ($t_p = 61$ hari) ternyata lebih efisien yaitu Rp.93.800,- dibandingkan dengan ongkos total sebelum dilakukan penjadwalan.
2. Tingkat ketersediaan setelah dilakukan penjadwalan ($t_p = 61$ hari) sebesar 99,83% lebih baik dibandingkan dengan availabilitas sebelum dilakukan penjadwalan ($t_p = 81$ hari) yaitu sebesar 99,73%.

Adapun saran adalah bagian produksi dan bagian perawatan mesin agar lebih cepat tanggap terhadap penanggulangan kerusakan mesin yang sering terjadi yaitu dengan melakukan penjadwalan perawatan agar ongkos total perawatan yang dikeluarkan lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Charles E Ebeling., An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering., The Mc Graw-Hill Companies, Inc 1997.
- Dhillon, B. S., and H. Reiche., Reliability and Maintainability Management, Van Nostrand reinhold, New York, 1985.
- Edwin J. Purcell. Dale Varberg, Kalkulus dan Geometri Analitis, Edisi 5, Penerbit Erlangga, Jakarta 1999.
- Gertsbakh. I. B., Models of Preventive Maintenance., North Holland Publishing Company Amsterdam 1977.
- Jardin A.K.S., Maintenance, Replacement, and Reliability., Departement of Engineering Production University of Birmingham, Pitman Publishing, 1973.
- Kapur, K.C and L.R. Lamberson, Reliability in Engineering Design, John Wiley & Sons, New York, 1977.
- Lawrence Mann, Jr., Maintenance Management, Lexington Books D.C Heath and Company Lexington, Massachusetts Toronto, 1978.
- Moubray, John., Reliability Centered Maintenance, Butterworth Heinemann Ltd, Oxford, 1995
- Salvendy, Gavriel., Handbook of Industrial Engineering, Edisi Kedua, Penerbit John Wiley and sons, New York,1992
- Walpole Ronald E., Raymond H Myers, Ilmu Peluang & Statistika Untuk Insinyur & Ilmuwan, Edisi 4, Penerbit ITB, Bandung, 1995.