

ANALISIS PENENTUAN WAKTU PERAWATAN DAN JUMLAH PERSEDIAAN SUKU CADANG RANTAI GARU YANG OPTIMAL

Imam Sodikin
Jurusan Teknik Industri,
Fakultas Teknologi Industri , IST AKPRIND Yogyakarta,
dikiam12@yahoo.com

ABSTRACT

PG. Madukismo is one of the companies operating in the area of agroindustry with the main product of sugar. In order to exist, the company needs to increase the work effectiveness and efficiency in using the production machines through the planning of maintenance scheduling in order that the machines or units that are going to be used can operate well, and work properly.

Aim of this research is value analysis of failure rate, parameter reliability, maintainability, availability, and also analyze level of requirement of amount of spare-part optimal with approach of Sparepart requirement nomograph. With the existence of effort, hence can increase quality of production, availability and reliability high by maximizing equipments age, and also exploiting of effective maintenance.

Based on research result show that MTBM of intermediate carier component (chain) is 152.86 hours, MTBF is 314.71 hours, probability of readiness value range from 88,10 % till 90.10 %, reliability value is 99.53 %, with failure rate 0.00792 every hours, and determination of feed amounts at "t" periods with level of protection equal to 95 % depict amount of requirement of accesses for intermediate carier component (chain) that availed counted 30 units.

Key words: Reliability, maintainability, availability, maintenance period

INTISARI

PG. Madukismo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya, maka diperlukan suatu sistem perawatan yang baik. Perusahaan perlu meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja di dalam penggunaan mesin produksi tersebut melalui perencanaan penjadwalan perawatan agar mesin atau unit yang akan digunakan dapat beroperasi dengan baik, dan tidak mengalami gangguan kerusakan pada saat digunakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai laju kerusakan, parameter *reliability*, *maintainability*, *availability*, serta menganalisis tingkat kebutuhan jumlah *spare-part* yang optimal dengan pendekatan *Spare-part requirement nomograph*. Adanya upaya tersebut dimaksudkan agar dapat meningkatkan ketersediaan dan keandalan yang tinggi dengan memaksimalkan umur peralatan, serta pemeliharaan yang efektif.

Hasil yang diperoleh meliputi tingkat keandalan mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan komponen rantai garu (mata rantai) selama penggunaan mengalami peningkatan. Nilai *MTBM* komponen adalah 152,86 jam, nilai *MTBF* komponen adalah 314,71 jam, nilai *Availability* komponen antara 88,10 % hingga 90,10 %, nilai *Reliability* komponen yaitu 99,53 %, dan cenderung menurun dengan laju 0,00792 kerusakan per jam, dan jumlah suku cadang komponen yang harus disediakan pada Unit Mesin Penggiling Tebu minimal 30 unit.

Kata kunci: Keandalan, kemudahan perawatan, ketersediaan, waktu perawatan

PENDAHULUAN

Seiring dengan perekonomian yang belum stabil dan semakin tajamnya persaingan di dunia industri, maka keadaan tersebut memaksa suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan kelancaran, efektivitas dan efisiensi kegiatan operasinya. Salah satu

hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar mesin dapat selalu digunakan terus sehingga kontinuitas produksi dapat terus terjamin, maka

dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik (Mustafa, 1998).

PG. Madukismo adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Pada perusahaan tersebut, Unit Mesin Penggiling Tebu merupakan unit tempat dilakukannya proses awal penggilingan. Salah satu alat penting yang digunakan adalah rantai garu, yang sangat penting fungsinya. Fungsi yang vital pada alat tersebut menyebabkan kelancaran proses produksi terhambat, jika terjadi kegagalan sistem atau kerusakan.

Terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen tidak dapat diketahui dengan pasti. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadang komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Penyediaan suku cadang yang sedikit terkadang menyerap dana perawatan yang sangat besar, terutama pada suku cadang yang sering rusak karena mesin akan sering mengalami "*break down*", yang akhirnya menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Penyediaan suku cadang harus didasarkan atas beberapa hal salah satunya berdasarkan tingkat kekritisannya yaitu pada komponen yang sering mengalami kerusakan yang berarti berhubungan dengan biaya penyediaan suku cadang.

Salah satu bentuk aktivitas perawatan adalah penggantian (*replacement*) komponen yang telah mengalami kerusakan (*failed*). Persediaan (*inventory*) komponen ini tidak bisa dihindari karena untuk memperolehnya tidak bisa seketika sedangkan untuk kebutuhan akan barang tersebut bisa sewaktu-waktu. Karena itu perlu dilakukan perencanaan jumlah persediaan komponen mesin supaya kelancaran produksi terjaga. Saat menentukan jumlah *spare-parts* seyogyanya mempertimbangkan kebutuhan operasi sistem dan mengembangkan tingkat-tingkat yang mencukupi pada tiap lokasi perawatan koreksi dikerjakan.

Salah satu pendekatan dalam penentuan jumlah persediaan adalah dengan menggunakan nomograph. Nomograph tidak hanya menyederhanakan penyediaan *spare-part*, tetapi juga memberikan informasi yang

dapat membantu dalam evaluasi terhadap alternatif pendekatan desain dalam pengertian *spare-part* dan dalam penentuan siklus terhadap pengadaan (*provisioning*). Input yang diharapkan adalah jumlah kebutuhan suku cadang rantai garu di Unit Mesin Penggiling Tebu yang optimal pada setiap penggantian sehingga jumlah persediaan selalu ada tanpa terjadi waktu tunda logistik/material.

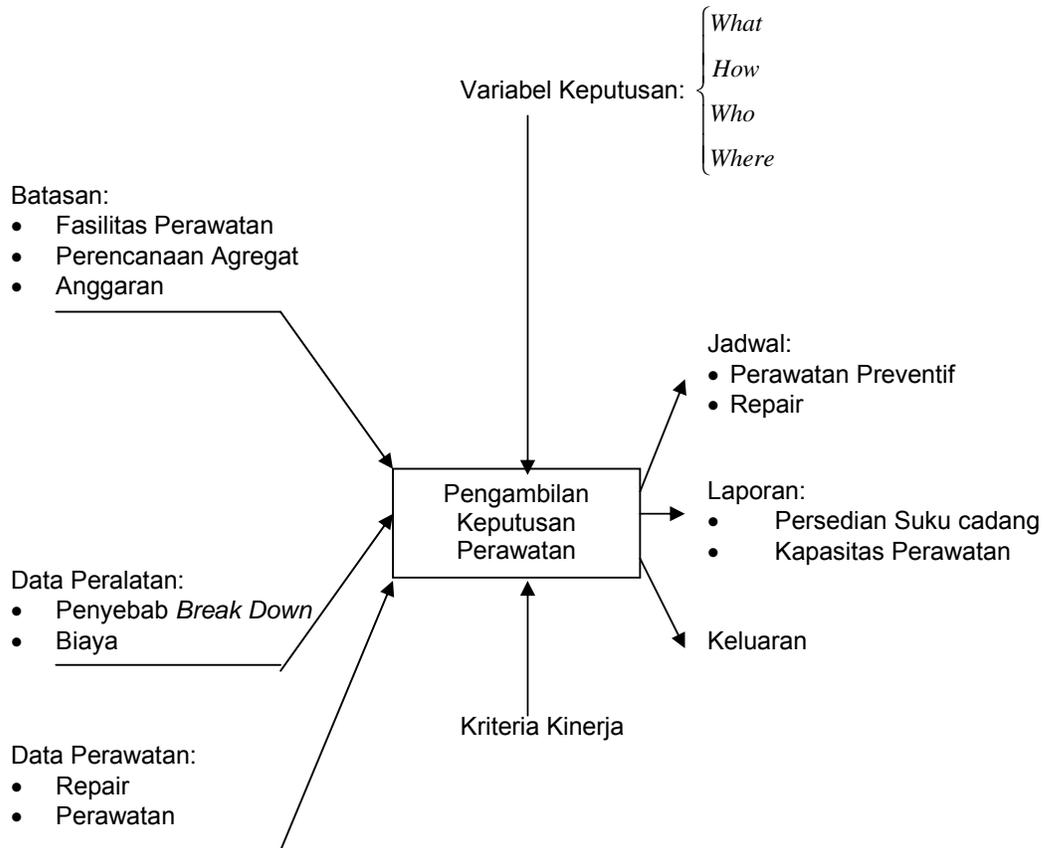
Penelitian ini memiliki tujuan mengidentifikasi tingkat kerusakan, menghitung dan menganalisis nilai laju kerusakan, parameter *reliability*, *maintainability*, *availability*, sehingga dapat menentukan waktu perawatan yang optimal, dan tingkat persediaan suku cadang rantai garu di Unit Mesin Penggiling Tebu. Melakukan perencanaan penjadwalan perawatan preventif, dan menganalisis kebutuhan jumlah *spare-part* yang optimal dengan pendekatan *Spare-part requirement nomograph*.

1. Penjadwalan Perawatan

Kelancaran proses produksi atau beroperasinya suatu unit dipengaruhi oleh sistem perawatan yang diterapkan. Setiap peralatan, mesin, dan fasilitas yang terlibat dalam proses produksi ataupun yang beroperasi pasti akan mengalami keausan sehingga suatu saat pasti akan mengalami kerusakan. Seberapa cepat keausan ini terjadi atau seberapa sering frekuensi kerusakan muncul akan menimbulkan permasalahan sehubungan dengan munculnya gangguan pada suatu fasilitas ataupun pada keseluruhan proses produksi.

2. Sistem Perawatan

Sistem perawatan harus memiliki respon yang baik terhadap kerusakan-kerusakan yang akan muncul maupun kapasitas kerja yang memadai untuk menangani kerusakan yang terjadi. Untuk kepentingan ini maka sistem perawatan harus memiliki dan menjalankan fungsi dari beberapa hal yaitu: variabel-variabel keputusan, kriteria kinerja, batasan, masukan, dan keluaran. Seperti yang disajikan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Komponen Dasar Sistem Perawatan (Nasution, 2006)

3. Pengertian Perawatan Sistem

Perawatan atau pemeliharaan mempunyai definisi dan pengertian yang berbeda-beda. Perawatan merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi, sehingga dari sistem diharapkan menghasilkan output sesuai yang dikehendaki (Gasperz, 1992). Sedangkan menurut Handoko (1984) salah satu maksud utama kegiatan pemeliharaan adalah untuk memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang dapat diterima dan tetap memaksimalkan laba atau meminimumkan biaya.
4. Tujuan dan Kegiatan dalam Sistem Perawatan

Tujuan perawatan pada umumnya adalah sebagai berikut (Mustafa, 1998):

 - a. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan, dan pengoperasian peralatan secara tepat.
 - b. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
 - c. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
 - d. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan servis dan perbaikan.
 - e. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
 - f. Memaksimalkan produksi dari sumber-sumber sistem yang ada.
 - g. Menyiapkan personil, fasilitas, dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.
5. Keandalan / *Reliabilitas*
 - a. Pengertian Keandalan

Reliabilitas adalah salah satu dari karakteristik kualitas yang menentukan. *Reliabilitas* didefinisikan dengan beragam pengertian, tapi secara umum yaitu *reliabilitas* adalah kemampuan suatu produk berlaku sesuai dengan fungsi tertentu dalam

desain lingkungan atau kondisi operasi yang spesifik. *Reliabilitas* dapat diekspresikan melalui beberapa cara yaitu melalui laju kerusakan (*failure rate*), fungsi keandalan, fungsi kepadatan probabilitas kerusakan. Laju kerusakan suatu produk tidak tetap/konstan. Ia selalu berubah seiring dengan meningkatnya usia produk, sesuai dengan lingkungannya (Gasperz, 1992).

b. Analisis keandalan

Reliabilitas didefinisikan sebagai probabilitas atau kemungkinan suatu sistem (komponen) akan berfungsi selama periode t. Untuk menyatakan hubungan secara logikal, digunakan variabel kontinu random T sebagai waktu sistem akan rusak $T \geq 0$.

Fungsi *reliabilitas* dapat ditunjukkan sebagai (Walpole, 1989):

$$R(t) = \Pr \{ T \geq t \} \dots\dots\dots(1)$$

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr \{ T < t \} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan menetapkan R(t) sebagai fungsi *reliabilitas* dan F(t) fungsi distribusi kumulatif / *Cumulative distribution function* (CDF) dari distribusi kerusakan maka:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \dots\dots\dots(3)$$

Fungsi di atas dinamakan fungsi probabilitas kepadatan / *probability density function* (PDF). Fungsi PDF di atas menunjukkan bentuk dari distribusi kerusakan.

Mean Time To Failure (MTTF) dirumuskan,

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \dots\dots\dots(4)$$

Dimana rata-rata atau nilai pengharapan dari distribusi probabilitas ditentukan oleh f(t), fungsi ini dapat ditulis dengan,

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots\dots\dots(5)$$

6. Analisis Kerusakan

Dalam kerusakan suatu peralatan faktor yang diperhatikan adalah laju kerusakan (*failure rate*) alat setiap saat selama masa operasinya. Analisis kerusakan suatu peralatan dibagi menjadi 2 cara, yaitu:

- a. Menentukan sebab-sebab kerusakan berdasarkan aspek-aspek teknis peralatan.
- b. Menentukan pada ketergantungan mekanisme kerusakan terhadap waktu

tanpa memperhatikan sebab-sebab kerusakan peralatan.

7. Penentuan Komponen Kritis

Setiap mesin terdiri dari berbagai jenis komponen penyusunnya. Masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan sehingga untuk mendapatkan kembali ke kondisi yang baik, komponen tersebut harus diperbaiki atau diganti. Namun tidak semua komponen mesin yang mengalami kerusakan berdampak signifikan terhadap beban non produksi perusahaan dari biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Komponen-komponen menjadi kelompok komponen kritis. Jumlah komponen ini biasanya lebih sedikit dari komponen yang non kritis, namun biaya untuk pergantian komponennya lebih besar dari kelompok lainnya.

a. Penentuan Distribusi Umur Komponen Kritis

Pada umumnya model yang sering digunakan untuk menganalisis distribusi waktu kejadian kerusakan atau kegagalan komponen berbentuk distribusi kontinyu seperti distribusi *normal*, *Lognormal*, *exponential*, dan *Weibull*. Untuk mempermudah penentuan distribusi kerusakan dibantu dengan software Arena 7.0.

b. Uji Kecocokan Distribusi Kerusakan

Pengujian distribusi bertujuan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil mengikuti pola distribusi tertentu sesuai yang diasumsikan. Metode yang dipergunakan untuk uji kecocokan distribusi adalah dengan *Goodness of Fit Test*.

8. Konsep Pemeliharaan bagi Perawatan Sistem

Maintainability adalah kemampuan suatu sistem untuk untuk dipelihara dimana perawatan merupakan serangkaian tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki atau mempertahankan suatu sistem dalam keadaan siap operasi. Perhitungan-perhitungan dalam *maintainability* antara lain (Ebeling, 1997):

a. *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) atau Waktu Rata-rata di antara perawatan.

b. f_{pt} (Laju Perawatan Terjadwal)

$$f_{pt} = \frac{(1 - \lambda \times MTBM)}{MTBM} \dots\dots\dots(6)$$

c. Waktu Rata-rata Perawatan Aktif

$$\overline{M} = \frac{(\lambda)(\overline{M} ct) + (fpt)(\overline{M} pt)}{\lambda + fpt} \dots (7)$$

d. Rata-rata Down Time (MDT)

$$MDT = \overline{M} + LDT + ADT \dots\dots\dots(8)$$

e. Laju Kerusakan (λ)

$$\lambda = \frac{\text{BanyaknyaKerusakanTerjadi}}{\text{JumlahJamEfektifOperasiMesin}} \dots(9)$$

f. Mean Maintenance Time (\overline{M} ct) atau Median Waktu Perawatan Koreksi

$$\overline{M} ct = \frac{\text{TotalWaktuPerawatanKorektif}}{\text{BanyaknyaPerawatanKorektif}} \dots(10)$$

9. Konsep Ketersediaan bagi Perawatan Sistem

Ketersediaan (*availability*) suatu sistem atau peralatan adalah kemampuan sistem atau peralatan tersebut dapat beroperasi secara memuaskan pada saat tepat pada waktunya dan pada keadaan yang telah ditentukan. Secara definisi ada 3 macam ketersediaan, yaitu:

a. *Inheren Availability* (A_i)

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + \overline{M} ct} \dots\dots\dots(11)$$

b. *Achived Availability* (A_a)

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}} \dots\dots\dots(12)$$

c. *Operasi Availability* (A_o)

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \dots\dots\dots(13)$$

10. Kebijakan Perencanaan Perawatan

Dalam menentukan kebijaksanaan sistem perawatan, pihak manajemen dibatasi oleh beberapa kebijaksanaan sistem kontrol lainnya. Keadaan ini menimbulkan interaksi kebijaksanaan perawatan dengan kebijaksanaan lain, seperti penjadwalan, kontrol kualitas, perancangan sistem, dan persediaan. Pengelolaan yang baik akan menghasilkan kompromi yang optimal.

11. Penentuan Jumlah Spare Parts

Penentuan jumlah *spare-parts* seyogyanya mempertimbangkan kebutuhan operasi sistem, dan mengembangkan tingkat-tingkat yang mencukupi pada tiap lokasi dimana perawatan koreksi dikerjakan. Dalam penelitian ini digunakan alat hitung yang disebut *Spare-part requirement nomograph*, akan dicari berapa jumlah minimum persediaan suku cadang yang optimal, sehingga jumlah persediaan selalu ada tanpa terjadi waktu tunda logistik/material dan dapat meminimumkan biaya-biaya persediaan pada biaya khususnya dan biaya perawatan pada umumnya. Selanjutnya dengan menggunakan bantuan Nomograph diharapkan dapat ditentukan jumlah minimum persediaan suku cadang yang optimal.

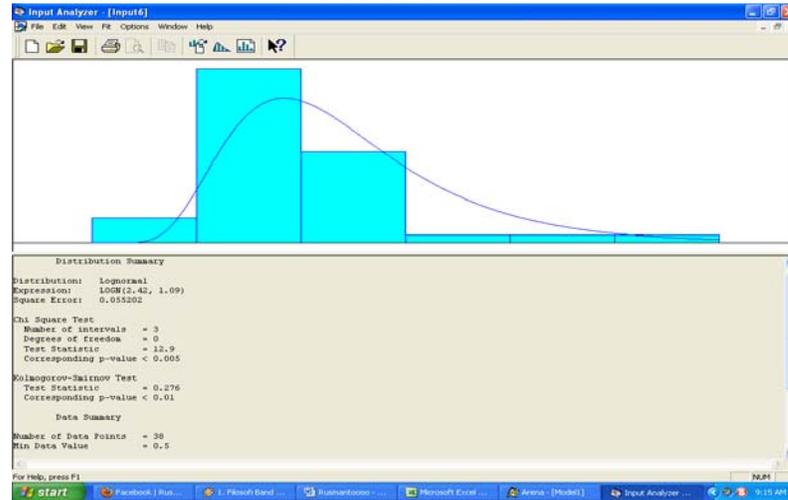
12. Spesifikasi mesin garu

Stasiun kerja gilingan merupakan stasiun kerja pertama dalam proses penggilingan tebu. Pada stasiun kerja gilingan terdapat mesin *cruser*, roll gilingan (CC), dan mesin garu (mesin IMC). Mesin garu merupakan mesin yang mengerjakan proses penarikan tebu yang telah melalui proses penggilingan, yang kemudian diteruskan ke gilingan berikutnya. Mesin garu berkapasitas 1500 kg per jam dan bekerja secara kontinu selama 24 jam per hari. Kerusakan pada mesin garu dapat menyebabkan terhentinya proses penggilingan, dan proses secara keseluruhan. Komponen utama mesin garu terdiri dari: roda rantai, mata rantai, roll rantai, boss (*ring*), rantai ganda (*driver chain*), mata garu (cakar), motor listrik, rantai garu, gir box, motor listrik 3 phase, dan tile sproked. Rantai garu merupakan salah satu komponen utama dari mesin garu dan kerusakan mesin garu selama ini diakibatkan adanya kerusakan pada rantai garu.

PEMBAHASAN

Pengolahan data:

1. Penentuan distribusi tingkat kerusakan korektif mesin garu



Gambar 2. Distribusi Laju Kerusakan Mesin Garu

Gambar 2 di atas menunjukkan distribusi laju kerusakan mesin garu berbentuk lognormal, *square error*: 0.055202, *kolmogorov-smirnov test statistic* = 0,276, dan *corresponding p-value* < 0,01.

2. Penentuan komponen kritis

Komponen Mesin Garu yang mengalami kerusakan dengan frekuensi terbanyak selama periode pengamatan adalah rantai garu, sehingga rantai garu dipilih sebagai komponen kritis. Data *Corrective Maintenance Time* yaitu jumlah kerusakan = 17 dan total waktu perbaikan = 2520 menit, sedangkan data *Preventive Maintenance Time* yaitu jumlah kerusakan (n) = 18 dan rata-rata $Mpt = 103,333$. Rata-rata $t' = \mu t' = 10,809$, dan Standar Deviasi $t' = \sigma t' = 0,880$.

3. Perhitungan uji kecocokan distribusi

- a. $Z = \frac{8,343 - 10,809}{0,880} = -2,80$
- b. $\Phi = 0,0026$ (tabel dist.normal Z)
- c. $D_1 = \left\{ 0,0026 - \frac{1-1}{17} \right\} = 0,0026$
- d. $D_2 = \left\{ \frac{1}{17} - 0,0026 \right\} = 0,0562$

Kolmograv-Smirnov Goodnees of Fit Test dilakukan dengan membandingkan data dari fungsi distribusi kumulatif normal. Hipotesisnya adalah:

H_0 : waktu kerusakan berdistribusi lognormal

H_1 : waktu kerusakan berdistribusi bukan lognormal

Statistik pengujinya adalah maksimum $D_n = \text{maksimum}(D_1, D_2)$, jadi $D_n = 0,0562$ *Corresponding p-value* = 0,01. Karena $D_n > p\text{-value}$, $0,0562 > 0,01$, maka H_0 ditolak artinya waktu kerusakan berdistribusi lognormal.

4. Perhitungan faktor-faktor reliabilitas

a. Pdf;

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 0,880 \cdot 4200}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{8,343 - 10,809}{0,880} \right)^2 \right\}$$

$$\text{Pdf} = 0,000131.$$

b. Nilai standar;

$$Z = \frac{8,343 - 10,809}{0,880} = -2,80$$

c. Cdf; $F_{(t)} = \Phi_{(-2,80)} = 0,0026$

d. Reliabilitas;

$$R_{(t)} = 1 - 0,0026 = 0,9974$$

e. Laju kerusakan;

$$\lambda_{(t)} = \frac{0,0026}{4200 \cdot 0,880 \cdot 0,9974} = 0,00000705$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Faktor-faktor Reliabilitas pada Rantai Garu

T	Z	ϕ	f(t)	F(t)	R(t)	λ
4200	-2,80	0,0026	0,000131	0,0026	0,9974	0,00000705
18480	-1,12	0,1314	0,00167	0,1314	0,8686	0,00000903
21180	-0,96	0,1685	0,00185	0,1685	0,8315	0,0000109
23940	-0,83	0,2033	0,00195	0,2033	0,7967	0,0000121
35280	-0,38	0,3520	0,00210	0,3520	0,6480	0,0000175
40920	-0,22	0,4129	0,00205	0,4129	0,5871	0,0000195
46500	-0,07	0,4721	0,00197	0,4721	0,5279	0,0000218
52080	0,06	0,4761	0,00186	0,4761	0,5239	0,0000240
66360	0,33	0,6293	0,00156	0,6293	0,3707	0,0000290
68940	0,38	0,6480	0,00150	0,6480	0,3520	0,0000303
76020	0,49	0,6879	0,00137	0,6879	0,3121	0,0000329
80220	0,55	0,7088	0,00129	0,7088	0,2912	0,0000345
90000	0,68	0,7517	0,00113	0,7517	0,2483	0,0000382
97080	0,77	0,7794	0,00101	0,7794	0,2206	0,0000414
117120	0,98	0,8365	0,000769	0,8365	0,1635	0,0000496
125640	1,06	0,8554	0,000685	0,8554	0,1446	0,0000535
128400	1,08	0,8599	0,000663	0,8599	0,1401	0,0000543

5. Perhitungan kuantitatif faktor-faktor maintainability

a. $\overline{M}_{ct} = \text{Anti log} \frac{49,569}{17} = 823,803$

b. $\overline{M}_{pt} = \frac{1860}{17} = 103,333$

c. $MTBF = \frac{128400}{17} = 7552,941$

d. $\lambda_{(MTBF)} = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{7552941} = 0,000132$

e. $MTBM = \frac{128400}{17 + 18} = 3.668,571$

f. $f_{dt} = \frac{1 - (0,000132 \cdot 3.668,571)}{3.668,571} = 0,000141$

g. $\overline{M} = 450,55$

h. $MDT = \overline{M} + (ADT + LDT)$
 $MDT = 450,55 + (15 \text{ menit} + 30 \text{ menit}) = 495,55$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor-faktor Maintainability

Waktu Operasi (menit)	N Prev.	N Kork.	MTBF	λ	MTBM
128400	18	17	7552,941	0,000132	3668,571

\overline{M}_{ct}	\overline{M}_{pt}	f _{pt}	ADT	LDT	\overline{M}	MDT
823,803	103,333	0,000141	15	30	450,55	495,55

6. Perhitungan nilai availability

a. *Inherent Availability* (Ai)

$A_i = \frac{7552,941}{7552,941 + 823,803} = 0,901$

b. *Actual Availability* (Aa)

$A_a = \frac{3.668,571}{3.668,571 + 450,55} = 0,8906$

c. *Operasional Availability* (Ao)

$A_o = \frac{3.668,571}{3.668,571 + 495,55} = 0,8810$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Parameter Availability

Nama Komponen	Ai	Aa	Ao
Rantai garu	0,9010	0,8906	0,8810

7. Perhitungan faktor-faktor reliability periode "t" persediaan

a. Pdf; $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma_r \cdot T_i}} \exp \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{t - \mu_r}{\sigma_r} \right)^2 \right\}$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 0,880 \cdot 3668,571}} \exp \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{8,208 - 10,809}{0,880} \right)^2 \right\}$$

= 0,0000892

b. Nilai standar;

$$Z = \frac{8,208 - 10,809}{0,880} = -2,60$$

c. Cdf; $F_{(t)} = \Phi_{(Z)} = \Phi_{(-2,60)} = 0,0047$

d. Reliabilitas; $R_{(t)} = 1 - 0,0047 = 0,9953$

e. Laju kerusakan;

$$\lambda_{(t)} = \frac{1}{7552,941} = 0,000132$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan faktor-faktor Reliability Periode "t" Persediaan

Nama Komponen	MTBF	f (t)	F (t)	R (t)	λ (t)
Rantai garu	7552,941	0,0000892	0,0047	0,9953	0,000132

8. Perhitungan menentukan persediaan jumlah suku cadang

Tabel 5. Perhitungan Penentuan Jumlah Persediaan Suku Cadang rantai garu

Item	K	Laju Kerusakan (λ) (t)	Jam Operasi per hari (T)
Rantai garu	40	0,000132	24

Perhitungan penentuan persediaan jumlah suku cadang untuk rantai garu adalah sebagai berikut:

K = 40 part
 λ = 0,000132 kerusakan
 T = 6 bulan (periode pengadaan)
 $K \lambda T = (40) (0,000132) (24) (30) (6)$
 = 22,8

Tingkat proteksi 95 % (tingkat keamanan suku cadang tersedia saat dibutuhkan). Berdasarkan pendekatan *spare part requirement nomograph*, maka dibutuhkan mata rantai sebanyak 30 unit.

Analisis hasil:

Secara keseluruhan tingkat keandalan komponen mesin garu mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan mengalami peningkatan sejalan dengan lamanya waktu operasi (Sodikin, 2008).

Waktu rata-rata antar perawatan (MTBM) = 3668,571 menit atau 152,86 jam, sedangkan waktu rata-rata antar kerusakan MTBF = 7552,941 menit atau 314,71 jam.

Nilai Probabilitas suatu sistem dalam keadaan ideal yang beroperasi secara memuaskan pada tiap waktu yang telah ditentukan 90,10%. Nilai probabilitas bahwa sistem jika digunakan di bawah kondisi yang telah ditetapkan di dalam lingkungan dukungan ideal akan beroperasi dengan memuaskan pada sembarang waktu adalah 89,06%. Nilai probabilitas suatu sistem atau peralatan jika digunakan di bawah kondisi yang telah ditetapkan dalam operasi lingkungan yang nyata akan beroperasi memuaskan jika dioperasikan adalah 88,10%.

Nilai keandalan komponen dalam suatu sistem selama waktu pengoperasiannya yaitu 99,53%, cenderung menurun dengan laju kerusakan 0,000132 per menit atau 0,00792 kerusakan per jam (Sukmono, 2005, Maolana, 2007, dan Sodikin, 2008).

Jumlah persediaan suku cadang dengan bantuan *Spare-part requirement nomograph* dengan jumlah *spare part* pada rantai garu (mata rantai) sebanyak 40 buah, pengadaan *spare part* tiap 6 bulan, dan tingkat proteksi

95%, maka jumlah suku cadang yang harus disediakan adalah 30 unit (Sodikin, 2008).

KESIMPULAN

1. Batas waktu dilakukannya perawatan terhadap komponen rantai garu maksimal setiap 314,71 jam beroperasi agar operasional tidak terganggu kerusakan.
2. Jumlah suku cadang (mata rantai) yang harus disediakan pada Unit Mesin Penggiling Tebu minimal sebanyak 30 unit.

Daftar Pustaka

- Ebeling, E. C., 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw-Hill, Singapore.
- Gasperz, V., 1992, *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, edisi pertama, Tarsito, Bandung.
- Handoko, T. H., 1984, *Dasar – Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi 1, BPFE, Yogyakarta.
- Maolana, D., 2007, *Analisis Biaya Perawatan Komponen Mesin dengan Penyediaan Suku Cadang pada Departemen Finishing CV. Banjar Jaya*, Skripsi, Teknik Industri, IST. AKPRIND, Yogyakarta.
- Mustafa, A., 1998, *Manajemen Perawatan*, ITB, Bandung.
- Nasution, A. H., 2006, *Manajemen Industri*, edisi pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sodikin, I., Asih, E. W., Setiawan, H., 2008, *Preventive Maintenance System dengan Consequence Driven Maintenance Terhadap Keandalan Mesin Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance*, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi, 13 Desember 2008, ISSN: 1979-911X, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Sodikin, I., 2008, *Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik dan Komponen Mekanik yang Optimal pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 dengan Pendekatan Model Jardine*, Jurnal Teknologi, Vol 1 No. 2, Desember 2008, ISSN: 1979-3405, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Sukmono, W., 2005, *Pengujian Distribusi dan Menentukan Jumlah Persediaan Maksimum & Minimum dari Komponen yang Mengalami Kerusakan dan Batas Pemesanan Kembali*, Skripsi, Teknik Industri, IST. AKPRIND, Yogyakarta.
- Walpole, R. E., 1989, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi Ke 4, ITB-Press, Bandung.