

Usulan Jadwal Perawatan Preventif Mesin HGF di Stasiun Puteran Pabrik Gula

Wahyudi Sutopo*, Ari Nugroho, Yuniaristanto

Laboratorium Sistem Logistik dan Bisnis, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Telp/Fax. (0271) 632110

Abstract

The HGF (High Grade Fugal) Machine is one of the machines which often failed in The Sugar Factory XYZ. Brake Shoes and Belt drive are critical components of HGF Machine. The Management already used corrective maintenance policy where the maintenance only was done while the machines were failed. The loss of corrective maintenance was the other components which could be failed caused by failure of critical components. To anticipate this event could conduct the preventive action at critical components before the critical components reached limit usage. Considering was the situation above, this research concern how to arrange the appropriate preventive maintenance schedule, so that could be eliminate the failure frequency which caused by critical component failed. Time to failure of critical component is fitted the normal distribution with the test of hypothesis Kolmogorov-Smirnov. In analysis uses 70 % minimum reliability. The result shows the time to failure of Brake shoes and Belt drive have normal distribution. The interval of preventive maintenance for belt drive of HGF WS machine is 28 days, and has the reliability value 73.8%, and for the Brake shoes of HGF WS machine is 28 days, and has the reliability value above 90%. The interval preventive maintenance for Brake shoes of HGF Zagitter machine is 20 days, and will be has reliability value 86,2%. The Interval of the preventive maintenance for the belt drive of HGF Zagitter machine is 24 days, and will be has reliability value above 90%.

Key words : preventive maintenance, reliability, critical component, maintenance schedule

1. Pendahuluan

Perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dan menentukan dalam kegiatan produksi dari suatu perusahaan yang menyangkut kelancaran atau kemacetan produksi, kelambatan dan volume produksi serta efisiensi berproduksi (Baroto, 2000). Peranan kegiatan perawatan tidak hanya untuk menjaga agar perusahaan dapat tetap bekerja dan dapat berproduksi, serta dapat memenuhi permintaan pelanggan tepat pada waktunya, akan tetapi menjaga agar perusahaan dapat bekerja secara efisien dengan mengurangi kemacetan-kemacetan menjadi sekecil mungkin (Assauri, 1980).

Pabrik Gula XYZ adalah perusahaan yang menghasilkan produk utama berupa Gula. Proses produksi yang berlangsung di perusahaan adalah proses yang kontinyu dan beroperasi selama 24 jam selama kurang lebih 125 hari nonstop. Proses produksi berlangsung dengan melewati 5 (lima) stasiun kerja yaitu 1) Stasiun Gilingan, 2) Stasiun Pemurnian, 3) Stasiun Penguapan, 4) Stasiun kristalisasi dan 5) Stasiun Puteran. Sistem perawatan yang ada saat ini adalah kebijaksanaan perawatan dengan dua alternatif kebijaksanaan, yaitu Perawatan Korektif pada masa giling, dan *Overhaul* pada masa non giling. Dari data statistik kerusakan pada masa lalu yang tertinggi adalah Stasiun Puteran yaitu sebesar 54%. Dampak terjadinya kerusakan

* Correspondence: sutopo@uns.ac.id

mesin antara lain: 1) terjadi downtime, 2) alur produksi menjadi terhambat dan 3) waktu produksi menjadi bertambah panjang. Mesin yang ada di Stasiun Puteran adalah Mesin HGF (High Grade Fugal) yang berfungsi untuk menghasilkan gula SHS (Super High Sugar) dan Mesin LGF (Low Grade Fugal) yang berfungsi untuk menghasilkan gula D1 dan D2. Adapun prosentase kerusakan pada mesin HGF dan LGF selama masa giling 200x adalah 64,5% mesin HGF dan 35,5% pada mesin LGF.

Untuk mengantisipasi kerusakan mesin, perusahaan dapat menerapkan perawatan preventif. Perawatan preventif adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga, dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan, pada waktu digunakan dalam proses produksi (Baroto, 2000). Dengan perawatan preventif dapat dimungkinkan untuk mengurangi frekuensi *breakdown* dan mengurangi kemacetan produksi akibat mesin yang rusak. Untuk itu, penelitian ditujukan untuk merancang metode penyusunan jadwal perawatan preventif di Stasiun Puteran Pabrik Gula dengan mengambil kasus Mesin HGF.

2. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan menentukan variabel penelitian agar variabel apa saja yang perlu dihitung, sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

- a). **Penentuan komponen kritis** yaitu komponen yang mempunyai pengaruh besar terhadap satu kesatuan sistem. Pada langkah ini penentuan komponen kritis pada mesin HGF WS dan HGF Zagitter ditentukan dengan berfokus pada dua komponen, yaitu dua komponen yang mempunyai frekuensi kerusakan terbanyak.
- b). **Pengambilan data berdasar komponen kritis.** Pada langkah ini dilakukan pengambilan data ulang berdasarkan komponen kritis yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Data ini berupa data waktu kerusakan komponen kritis, dan data interval kerusakan.
- c). **Menguji kecocokan distribusi.** Langkah ini dilakukan pengujian hipotesis apakah pola distribusi kerusakan sesuai dengan dugaan, bila tidak sesuai maka kembali pada langkah sebelumnya, yaitu pendugaan hipotesis distribusi waktu kerusakan. Bila uji hipotesis sesuai dengan dugaan, maka dilanjutkan dengan langkah selanjutnya.
- d). **Analisis keandalan.** Pada langkah ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan keandalan sesuai dengan pola distribusi data. Hal tersebut dimaksudkan untuk memperoleh waktu yang tepat untuk melakukan perawatan.
- e). **Menyusun jadwal perawatan.** Penyusunan jadwal perawatan preventif termasuk penggantian dilakukan dengan berpatokan pada nilai MTTF dan batas minimal nilai keandalan sesuai dengan SII (Standar Industri Indonesia) yaitu 70%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengolahan Data

Langkah awal dari pengolahan data adalah penentuan komponen kritis dengan fokus dua komponen, yaitu dua komponen yang mempunyai frekuensi kerusakan terbanyak. Komponen kritis ditentukan dengan cara mengumpulkan kerusakan perkomponen, kemudian dibuat grafik untuk mengetahui jumlah kerusakan terbanyak. Urutan komponen kritis HGF WS adalah sebagai berikut: a = belt drive; b = kampas rem; c = packing dust pot oil; d = v-belt B-48; e = seal air cylinder discharger; f = ring basket; g = seal switch; h = v packing air cylinder valve lifter; i = bearing head; j = pen lifter; k = rubber hose servo unit; dan valve hidrolis keruk. Urutan komponen kritis Mesin HGF Zagitter adalah: a = kampas rem; b = belt drive; c = packing dust pot oil; d = v-belt B-48; e = seal air cylinder discharger; f = seal switch; g = ring

basket; h = v packing air cylinder valve lifter; i = bearing head; j = pen lifter; k = rubber hose servo unit; dan l = valve hidrolik keruk.

Setelah dilakukan penentuan komponen kritis, dilanjutkan dengan pengambilan data berdasarkan komponen kritis tersebut. Untuk mesin HGF WS komponen kritis yang pertama adalah komponen a, yaitu komponen belt drive dan yang kedua adalah komponen b, yaitu komponen kampas rem. Untuk mesin HGF Zagitter komponen kritis yang pertama adalah komponen a, yaitu komponen kampas rem dan yang kedua adalah komponen b, yaitu komponen *belt drive*. Setelah data komponen kritis dan frekuensi kerusakannya diketahui, langkah selanjutnya adalah mengambil data waktu antar kerusakan, berdasarkan komponen-komponen kritis pada mesin-mesin HGF WS dan mesin-mesin HGF Zagitter. Data waktu antar kerusakan pada mesin-mesin HGF WS adalah seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Selanjutnya, untuk mengetahui pola distribusi waktu antar kerusakan dari komponen-komponen kritis HGF WS dan HGF Zagitter, dengan mengetahui pola distribusi waktu antar kerusakan komponen-komponen tersebut, maka akan memudahkan dalam pemilihan persamaan yang akan digunakan pada langkah selanjutnya. Penentuan pola distribusi ini juga dilakukan untuk mengetahui apakah pola distribusi waktu antar kerusakan sesuai dengan pola distribusi dugaan. Pola distribusi yang diduga adalah distribusi normal, karena waktu kerusakan adalah probabilitas kontinu dan uji hipotesis yang digunakan kolmogorov-smirnov yang sesuai dengan data yang relatif sedikit. Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji kolmogorov-smirnov yaitu:

- i). Menentukan hipotesis
 - H_0 : Distribusi waktu antar kerusakan komponen mengikuti distribusi normal.
 - H_1 : Distribusi waktu antar kerusakan komponen tidak mengikuti distribusi normal.
- ii). Penentuan tingkat signifikan (α) = 0,05 atau 5%
- iii). Penentuan nilai parameter statistik. Untuk nilai D_{tabel} diperoleh dari tabel nilai D uji kolmogorov-Smirnov dengan taraf signifikan adalah 0,05.
- iv). Kriteria pengujian : H_0 diterima apabila $D_{max} < D_{Tabel (\alpha;n)}$ dan H_1 ditolak apabila $D_{max} > D_{Tabel}$

Tabel 1. Data waktu antar kerusakan komponen kritis pada mesin HGF WS

No	Mesin	komponen	Interval kerusakan ke-i (hari)			
			1	2	3	4
1	HGF 2	belt drive	28	27	28	27
		kampas rem	31	31	32	
2	HGF 3	belt drive	31	30	31	
		kampas rem	30	32	32	
3	HGF 4	belt drive	28	29	28	29
		kampas rem	31	30	31	
4	HGF 5	belt drive	32	32	31	
		kampas rem	30	31	30	31
5	HGF 6	belt drive	28	29	28	28
		kampas rem	31	31	32	
6	HGF 7	belt drive	28	27	28	27
		kampas rem	32	31	32	
7	HGF 8	belt drive	32	31	31	
		kampas rem	31	30	31	

Data waktu antar kerusakan pada mesin-mesin HGF Zagitter adalah seperti pada pada Tabel 2.

Tabel 2. Data waktu antar kerusakan komponen kritis pada mesin HGF Zagitter

No	Mesin	komponen	Interval kerusakan ke-i (hari)					
			1	2	3	4	5	6
1	HGF 1	kampas rem	20	19	20	21	20	19
		belt drive	26	25	25	26		
2	HGF 9	kampas rem	21	21	20	21	20	
		belt drive	25	24	25	25	24	

Berdasarkan nilai D_{\max} hasil SPSS, maka dapat dibuat tabel perbandingan antara nilai D_{\max} hasil SPSS dengan nilai D_{Tabel} sebagai seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai D_{\max} hasil SPSS dan D_{Tabel}

Nama Komponen	D_{\max} hasil SPSS	D_{Tabel}	Keputusan
Belt drive HGF WS	0,260	0,270	Terima H_0
Kampas rem HGF WS	0,252	0,279	Terima H_0
Kampas rem HGF Zagitter	0,232	0,391	Terima H_0
Belt drive HGF Zagitter	0,278	0,432	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima, yang berarti bahwa distribusi waktu antar kerusakan komponen-komponen kritis tersebut mengikuti distribusi normal, yaitu untuk komponen belt drive dan kampas rem HGF WS maupun komponen kampas rem dan belt drive HGF Zagitter. Karena pola distribusi waktu antar kerusakan sesuai dengan pola distribusi dugaan, maka pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan persamaan berdasarkan distribusi normal.

Pada langkah ini dilakukan perhitungan waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF) yang bertujuan untuk mengetahui berapa lama kerusakan akan terjadi antara kerusakan yang pertama dan yang selanjutnya, serta dilakukan juga perhitungan keandalan komponen yang bertujuan untuk mengetahui umur komponen pada saat mendekati nilai batas minimum yang ditetapkan, yaitu 70% sesuai dengan SII (Standar Industri Indonesia), sehingga penentuan waktu perawatan dapat ditentukan berdasarkan hal tersebut diatas. Hasil perhitungan MTTF komponen-komponen kritis pada masing-masing mesin HGF WS untuk komponen belt drive dan untuk komponen kampas rem dihitung rata-ratanya seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan MTTF mesin-mesin HGF WS untuk komponen kampas rem

No	Mesin	Σt (hari)	n	MTTF (hari)
1	HGF 1	119	6	19,8
2	HGF9	103	5	20,6
MTTF rata-rata				20,82

Nilai MTTF untuk komponen kampas rem pada mesin HGF Zagitter yang ditunjukkan pada tabel diatas pada umumnya sama. Nilai MTTF tersebut dicari rata-ratanya, sehingga dapat diketahui nilai MTTF komponen kampas rem pada umumnya. Besarnya nilai MTTF tergantung pada jumlah waktu antar kerusakan dan frekuensi kerusakan. Untuk komponen belt drive pada mesin HGF Zagitter, nilai MTTFnya adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan MTTF mesin-mesin HGF WS untuk komponen belt drive

No	Mesin	Σt (hari)	n	MTTF (hari)
1	HGF 1	102	4	26
2	HGF 9	123	5	25
MTTF rata-rata				25

Nilai MTTF untuk komponen *belt drive* pada mesin HGF Zagitter tersebut diatas berbeda-beda. Nilai MTTF tersebut dicari rata-ratanya sehingga dapat diketahui nilai MTTF komponen belt drive pada umumnya. Berdasarkan nilai MTTF pada tabel-tabel tersebut diatas, maka dapat dibuat tabel nilai MTTF rata-rata untuk mesin HGF WS dan HGF Zagitter. Nilai MTTF rata-rata komponen-komponen kritis HGF WS adalah sebagai berikut: Belt drive Belt drive 29,12 hari/kerusakan dan Kampas rem adalah 31,05 hari/kerusakan. Nilai MTTF rata-rata komponen-komponen kritis HGF Zagitter adalah: kampas rem sebesar 20,82 hari/kerusakan dan Belt drive adalah sebesar 25 hari/kerusakan.

Perhitungan keandalan dilakukan menurut pola distribusi probabilitas yang telah ditentukan yaitu distribusi normal, maka persamaan yang digunakan adalah :

1. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{1}$$

dimana : σ = standart deviasi; μ = waktu rata-rata antar kerusakan

2. Fungsi distribusi komulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \tag{2}$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = 1 - \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \tag{3}$$

4. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}\left[1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right]} \tag{4}$$

Untuk memudahkan dalam pemahaman dan penerapan persamaan diatas, hasil perhitungan ditunjukkan dalam bentuk tabel. Dengan hasil perhitungan yang ditunjukkan oleh tabel, akan memudahkan dalam pemilihan waktu perawatan sesuai dengan batas keandalan minimal menurut SII (Standar Industri Indonesia) yaitu sebesar 70%, baik untuk komponen belt drive maupun komponen kampas rem pada HGF WS dan HGF Zagitter. Hasil perhitungan fungsi statistik untuk komponen belt drive adalah seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan fungsi-fungsi statistik komponen belt drive HGF WS

t	f(t)	$\frac{(t-\mu)}{\sigma}$	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
25	0,0139	-2,37	0,0089	0,9911	0,0140
26	0,0460	-1,79	0,0367	0,9633	0,0477
27	0,1092	-1,22	0,1112	0,8888	0,1228
28	0,1864	-0,64	0,2611	0,7389	0,2523
29	0,2288	-0,07	0,4721	0,5279	0,4334
30	0,2018	0,51	0,6950	0,3050	0,6617
31	0,1279	1,08	0,8599	0,1401	0,9131
32	0,0583	1,66	0,9515	0,0485	1,2018

Untuk komponen kampas rem HGF WS, hasil perhitungan fungsi statistiknya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan fungsi-fungsi statistik komponen kampas rem HGF WS

t	f(t)	$\frac{(t-u)}{\sigma}$	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
29	0,00962	-2,85	0,0022	0,9978	0,0096
30	0,19136	-1,46	0,0722	0,9278	0,2063
30,2	0,27608	-1,18	0,119	0,881	0,3133
30,5	0,41397	-0,76	0,2236	0,7764	0,5332
31	0,55289	-0,07	0,4721	0,5279	1,0473
32	0,23208	1,32	0,9066	0,0934	2,4848

Hasil perhitungan fungsi statistik untuk komponen kampas rem HGF Zagitter adalah seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan fungsi-fungsi statistik komponen kampas rem HGF Zagitter

t	f(t)	$\frac{(t-u)}{\sigma}$	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
19	0,028005	-2,43	0,0075	0,9925	0,02822
20	0,292675	-1,09	0,1379	0,8621	0,33949
20,4	0,454843	-0,56	0,2877	0,7123	0,63855
21	0,516953	0,24	0,5948	0,4052	1,27579
21,5	0,352739	0,91	0,8186	0,1814	1,94454
22	0,154325	1,57	0,9418	0,0582	2,65164

Pada komponen belt drive HGF Zagitter, hasil perhitungan fungsi statistiknya akan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan fungsi-fungsi statistik komponen belt drive HGF Zagitter

t	f(t)	$\frac{(t-u)}{\sigma}$	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
23	0,010634	-2,82	0,0024	0,9976	0,010659
24	0,208448	-1,41	0,0793	0,9207	0,226402
24,4	0,393266	-0,85	0,1977	0,8023	0,490174
24,5	0,438602	-0,70	0,2420	0,758	0,578631
24,6	0,479556	-0,56	0,2877	0,7123	0,673250
25	0,562033	0,00	0,500	0,500	1,124066
26	0,208448	1,41	0,9207	0,0793	2,628611
27	0,010634	2,82	0,9976	0,0024	4,430999

Menyusun Jadwal Perawatan

Pada langkah ini dilakukan penyusunan jadwal perawatan berdasarkan hasil perhitungan pada langkah sebelumnya. Jadwal perawatan pencegahan dibuat dengan memperhatikan besarnya MTTF dan nilai keandalannya, hal tersebut dimaksudkan agar komponen dapat diganti sebelum mencapai batas umur pemakaian komponen dan batas keandalannya. Adapun nilai MTTF komponen-komponen kritis HGF WS dan HGF Zagitter adalah seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai MTTF rata-rata komponen-komponen kritis HGF WS dan HGF Zagitter

Mesin	Nama Komponen	MTTF (hari/kerusakan)
HGF WS	Belt drive	29,12
	Kampas rem	31,05
HGF Zagitter	Kampas rem	20,82
	Belt drive	25

Nilai keandalan dengan batas minimal 70% dapat dilihat pada Tabel 11 dimana pada tabel tersebut terlihat bahwa dengan melakukan perawatan dengan periode waktu (t) hari, akan diperoleh keandalan diatas atau dibawah batas minimal.

Tabel 11. Hasil penentuan periode perawatan preventif

Nilai keandalan	Mesin	Nama komponen	waktu (hari)
1. < 70%	HGF WS	Belt drive	29
		Kampas rem	31
	HGF Zagitter	Kampas rem	21
		Belt drive	25
2. 70%-79%	HGF WS	Belt drive	28
		Kampas rem	30,5
	HGF Zagitter	Kampas rem	20,4
		Belt drive	24,6
3. 80%-89%	HGF WS	Belt drive	27
		Kampas rem	30,2
	HGF Zagitter	Kampas rem	20
		Belt drive	24,4
4. >90%	HGF WS	Belt drive	26
		Kampas rem	30
	HGF Zagitter	Kampas rem	19
		Belt drive	24

Dari Tabel 11. diketahui bahwa waktu perawatan berbeda-beda sesuai dengan batas keandalan minimal. Waktu tersebut akan digunakan untuk menentukan jadwal perawatan preventif. Namun untuk menghindari ketidak efektifan dalam jadwal perawatan, maka bila ditemui jarak perawatan komponen yang pertama dengan yang kedua selangnya tidak jauh, waktu perawatan tersebut dapat digabungkan dengan berdasar pada nilai keandalan 80% atau 90%. Untuk itu jadwal salah satu dari jadwal perawatan preventif termasuk penggantian dapat dimajukan atau dimundurkan sesuai dengan waktu yang ditetapkan berdasarkan pada nilai keandalannya, misalnya; mesin HGF WS 1 akan dilakukan perawatan preventif termasuk penggantian komponen kampas rem dengan selang waktu 30,5 hari setelah start operasi. Selang beberapa hari kemudian akan dilakukan lagi perawatan preventif termasuk penggantian komponen belt drive, yaitu tepatnya dengan waktu 28 hari setelah start operasi. dari jadwal tersebut terlihat bahwa perawatan preventif yang pertama dan yang kedua jaraknya $\pm 2,5$ hari, sehingga hal tersebut terlihat tidak efektif, karena downtime mesin akan menjadi bertambah. Untuk mengatasi hal tersebut, maka waktu perawatan preventif termasuk penggantian komponen belt drive dan kampas rem dijadikan satu, yaitu dengan cara memajukan waktu perawatan preventif termasuk penggantian komponen kampas rem menjadi 28 hari, dimana jumlah hari tersebut berdasarkan Tabel 11. mempunyai nilai keandalan yang lebih dari 90%.

3.2. Analisis Keandalan

Dalam Analisis keandalan ini ada dua hal yang akan di Analisis yaitu Analisis MTTF (*Mean Time To Failure*) dan Analisis keandalan. Untuk lebih jelasnya maka akan diuraikan satu per satu sebagai berikut.

3.2.1. Analisis MTTF (*Mean Time To Failure*)

Pada penentuan jadwal perawatan harus diketahui terlebih dahulu nilai MTTF komponen-komponen kritis dari mesin-mesin HGF, baik HGF WS maupun HGF Zagitter. Penentuan nilai MTTF komponen-komponen tersebut bertujuan untuk mengetahui waktu rata-rata terjadinya kerusakan dari komponen-komponen tersebut setelah beroperasi. Dengan mengetahui nilai MTTF dari komponen-komponen tersebut, maka akan memudahkan dalam penentuan kapan sebaiknya dilakukan perawatan preventif untuk mencegah terjadinya kerusakan.

Tabel 12. Nilai MTTF dan frekuensi rata-rata Mesin-mesin HGF

Nama Komponen	MTTF (hari/kerusakan)	Frekuensi
Belt drive HGF WS	29,12	3,57
Kampas rem HGF WS	31,05	3,14
Kampas rem HGF Zagitter	20,82	5,5
Belt drive HGF Zagitter	25	4,5

Berdasarkan nilai MTTF pada Tabel 12. terlihat bahwa MTTF belt drive dan kampas rem HGF WS masing-masing adalah 29,12 hari dan 31,05 hari. Ini menunjukkan bahwa rata-rata kerusakan belt drive HGF WS berada pada umur 29,12 hari, sehingga tindakan preventif harus dilakukan sebelum umur tersebut. Sedangkan pada kampas rem HGF WS, rata-rata kerusakannya berada pada umur 31,05 hari, sehingga tindakan preventif harus dilakukan sebelum komponen mencapai umur tersebut.

Demikian juga dengan komponen kampas rem dan belt drive pada HGF Zagitter yang mempunyai nilai MTTF masing-masing adalah 20,82 hari dan 25 hari. Yang berarti bahwa rata-rata kerusakan kampas rem HGF Zagitter berada pada umur 20,82 hari dan untuk komponen belt drive HGF Zagitter berada pada umur 25 hari, sehingga tindakan preventif harus dilakukan sebelum komponen mencapai umur tersebut. Berdasarkan tabel tersebut diatas juga dapat disimpulkan bahwa bila semakin besar nilai MTTF maka akan semakin sedikit frekuensi kerusakan, dan sebaliknya bila semakin kecil nilai MTTF maka akan semakin besar frekuensi kerusakan. Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa besarnya nilai MTTF Komponen belt drive dan kampas rem pada mesin HGF WS selangnya cuma kurang lebih 2 hari, hal tersebut merupakan salah satu penyebab terjadinya frekuensi kerusakan yang banyak karena tidak memperhatikan MTTF dari komponen tersebut.

3.2.2. Analisis Keandalan

Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai keandalan adalah tingkat kerusakan. Untuk menekan tingkat kerusakan, maka dilakukan perawatan preventif yang memadai. Berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya diperoleh bahwa dengan periode waktu perawatan yang pendek, akan diperoleh tingkat keandalan yang tinggi. Menurut SII (standar Industri Indonesia) batas keandalan minimum adalah sebesar 70%. Adapun hasil perhitungan waktu perawatan dengan batas keandalan 70% adalah seperti pada Tabel 13.

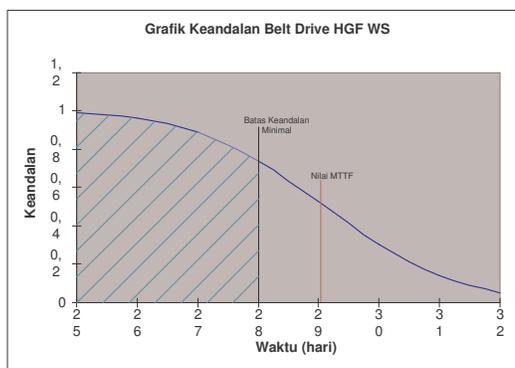
Tabel 13. Hasil perhitungan waktu perawatan untuk HGF WS dan HGF Zagitter

Mesin	Komponen	Nilai keandalan	Waktu (hari)
HGF WS	Belt drive	70%-79%	28
		80%-89%	27
		>90%	26
	Kampas rem	>70%	30,5
		80%-89%	30,2
		>90%	30
HGF Zagitter	Kampas rem	>70%	20,4
		80%-89%	20
		>90%	19
	Belt drive	>70%	24,6
		80%-89%	24,4
		>90%	24

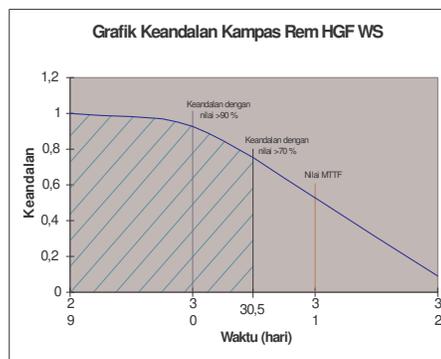
Berdasarkan Tabel 13 terlihat bahwa nilai keandalan berbanding terbalik dengan nilai waktu perawatan. Semakin besar nilai keandalan, maka periode waktu perawatan akan semakin pendek, demikian sebaliknya bila nilai keandalan semakin kecil, maka periode perawatan akan semakin panjang. Untuk memperjelas keterangan tersebut maka akan dibuat grafik keandalan komponen-komponen kritis HGF WS dan HGF Zagitter, sehingga dapat ditentukan periode perawatan preventif yang optimal. Grafik keandalan untuk komponen belt drive adalah seperti pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa keandalan dengan batas minimal 70% berada disebelah kiri nilai MTTF, ini berarti bahwa dengan melakukan periode perawatan dengan selang 28 hari keandalan masih berada dititik batas minimal dan belum mencapai pada batas umur pemakaian komponen. Daerah yang diarsir pada grafik menunjukkan daerah dengan keandalan diatas 70% dan periode waktu perawatan yang lebih pendek dari batas minimal yaitu 28 hari.

Untuk komponen kampas rem HGF WS, grafik keandalannya adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat bahwa nilai MTTF komponen kampas rem adalah 31 hari, dan batas keandalan 70% mempunyai periode waktu 30,5 hari. Dan apabila periode waktu perawatan yang digunakan adalah 30 hari, nilai keandalannya berada diatas batas minimal. Daerah yang diarsir pada grafik menunjukkan daerah dengan keandalan diatas 70% dan periode waktu perawatan yang lebih pendek dari batas minimal yaitu 30,5 hari. Ini berarti bahwa apabila perawatan dilakukan dengan selang kurang dari 30,5 hari, maka keandalannya berada diatas batas minimal.



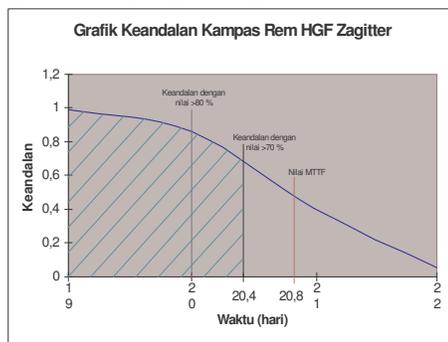
Gambar 1. Grafik Keandalan Komponen Belt drive HGF WS



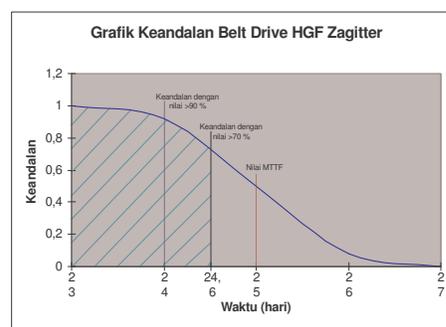
Gambar 2. Grafik Keandalan Komponen Kampas rem HGF WS

Grafik keandalan untuk komponen kampas rem HGF Zagitter adalah seperti pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 maka dapat ditentukan bahwa nilai MTTF komponen kampas rem adalah 28,82 hari, dan batas keandalan 70% mempunyai periode waktu 20,4 hari. Daerah yang diarsir pada grafik menunjukkan daerah dengan keandalan di atas 70% dan periode waktu perawatan yang lebih pendek dari batas minimal yaitu 20,4 hari. Apabila periode waktu perawatan yang digunakan adalah 20 hari, maka nilai keandalannya berada di atas batas minimal. Hal tersebut berarti bahwa apabila perawatan dilakukan dengan selang kurang dari 20,4 hari, maka keandalannya berada di atas batas minimal.

Untuk komponen belt drive HGF Zagitter, grafik keandalannya adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa keandalan dengan batas minimal 70% berada disebelah kiri nilai MTTF yaitu 25 hari, ini berarti bahwa dengan melakukan periode perawatan dengan selang 24 haripun nilai keandalan masih berada di atas batas minimal. Daerah yang diarsir pada grafik menunjukkan daerah dengan keandalan di atas 70% dan periode waktu perawatan yang lebih pendek dari batas minimal yaitu 24,6 hari.



Gambar 3. Grafik Keandalan Komponen Kampas rem HGF Zagitter



Gambar 4. Grafik Keandalan Komponen Belt drive HGF Zagitter

3.2.3. Analisis Jadwal Perawatan

Dalam analisis jadwal perawatan ada dua hal yang akan dikemukakan yaitu penentuan jadwal perawatan dan perbandingan antara perawatan terdahulu dengan jadwal perawatan usulan.

a). Penentuan Jadwal Perawatan

Penentuan periode perawatan preventif didasarkan pada batas keandalan minimal yaitu 70%. Komponen-komponen kritis tersebut dicari periode waktu perawatannya yang mempunyai nilai keandalan di atas batas minimal. Periode waktu perawatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Periode waktu perawatan untuk HGF WS dan HGF Zagitter

Mesin	Komponen	Nilai keandalan	Waktu (hari)
HGF WS	Belt drive	70%-79%	28
		80%-89%	27
		>90%	26
	Kampas rem	> 70%	30,5
		80%-89%	30,2
HGF Zagitter	Kampas rem	>90%	30
		> 70%	20,4
		80%-89%	20
	Belt drive	>90%	19
		> 70%	24,6
		80%-89%	-
		>90%	24

Pada Tabel 14 terlihat bahwa periode waktu perawatan pada HGF WS antara komponen belt drive dan kampas rem mempunyai selang yang tidak jauh, yaitu untuk komponen belt drive waktu maksimalnya adalah 28 hari dan untuk komponen kampas rem periodenya adalah 30,5 hari. Agar efisien maka periode waktu perawatan kampas rem dimajukan menjadi 28 hari dengan nilai keandalan diatas 90%, sehingga bila dilakukan perawatan preventif termasuk penggantian maka dilakukan sekaligus terhadap kedua komponen tersebut. Pada HGF Zagitter periode waktu perawatan antara komponen kampas rem dan belt drive masing-masing adalah 20,4 hari dan 24,6 hari. Karena selang perawatan sebesar 4 hari maka perawatan kedua komponen tersebut tidak dijadikan satu.

b). Perbandingan antara perawatan terdahulu dengan jadwal perawatan usulan

Sistem perawatan terdahulu yang diterapkan dalam perusahaan pada masa giling adalah sistem perawatan korektif, yaitu perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Sistem perawatan yang diusulkan adalah sistem perawatan preventif termasuk penggantian, yaitu perawatan yang dilakukan dengan terjadwal.

i). Komponen belt drive dan kampas rem HGF WS

Sistem Perawatan Terdahulu, penggantian komponen belt drive (tindakan korektif) dilakukan dalam interval waktu $\pm 29,12$ hari dan komponen kampas rem (tindakan korektif) dalam interval waktu $\pm 31,05$ hari. Keuntungan sistem terdahulu adalah Waktu pemakaian komponen menjadi lebih maksimal. Kerugian dari sistem terdahulu adalah: selang perawatan antara kedua komponen adalah 2 hari; perawatan kurang efisien; penggantian komponen pada ketujuh mesin dapat terjadi secara bersamaan (mesin mati secara bersamaan); alur produksi menjadi terhambat; nilai keandalan dibawah 70%; tidak diketahui kapan akan dilakukan perawatan penggantian; dapat menjadi sumber penyebab kerusakan komponen lain; dan tidak ada tindakan perawatan lain.

Sistem Perawatan usulan (perawatan preventif termasuk penggantian) dengan nilai keandalan sesuai dengan batas minimal, penggantian komponen belt drive dilakukan dalam interval waktu ± 28 hari dan penggantian kampas rem dilakukan dalam interval waktu $\pm 30,5$ hari. Adapun keuntungan sistem usulan adalah: dapat dihindari penggantian komponen pada ketujuh mesin yang terjadi secara bersamaan (mesin mati secara bersamaan); alur produksi tidak terhambat; nilai keandalan diatas 70%; dapat diketahui kapan akan dilakukan perawatan preventif termasuk penggantian; dapat dihindari akan menjadi sumber penyebab kerusakan komponen lain; dan dapat sekaligus dilakukan tindakan preventif lainnya. Kerugian sistem usulan adalah: waktu pemakaian komponen menjadi kurang maksimal; selang perawatan antara kedua komponen adalah 2 hari; perawatan kurang efisien; waktu setting start operasi lebih banyak; dan tindakan preventif kurang efisien.

ii). Komponen kampas rem dan belt drive HGF Zagitter

Sistem Perawatan Terdahulu, penggantian komponen kampas rem dilakukan dalam interval waktu $\pm 20,82$ hari dan belt drive dalam interval waktu ± 25 hari. Adapun keuntungan pada sistem ini adalah waktu pemakaian komponen menjadi lebih maksimal. Kerugian dari sistem ini adalah penggantian komponen pada ketujuh mesin dapat terjadi secara bersamaan (mesin mati secara bersamaan); alur produksi menjadi terhambat; nilai keandalan dibawah 70%; tidak diketahui kapan akan dilakukan perawatan penggantian; dapat menjadi sumber penyebab kerusakan komponen lain; tidak ada tindakan perawatan lain.

Sistem Perawatan usulan (perawatan preventif termasuk penggantian) dengan nilai keandalan sesuai dengan batas minimal, penggantian komponen kampas rem dilakukan dalam interval waktu $\pm 20,4$ hari dan penggantian belt drive dilakukan dalam interval waktu $\pm 24,6$

hari. Keuntungan dari sistem ini adalah: dapat dihindari penggantian komponen pada ketujuh mesin yang terjadi secara bersamaan (mesin mati secara bersamaan); alur produksi tidak terhambat; nilai keandalan diatas 70%; dapat diketahui kapan akan dilakukan perawatan preventif termasuk penggantian; dapat dihindari akan menjadi sumber penyebab kerusakan komponen lain; dan dapat sekaligus dilakukan tindakan preventif lainnya. Kerugian dari sistem ini adalah waktu pemakaian komponen menjadi kurang maksimal; waktu setting start operasi lebih banyak; dan tindakan preventif kurang efisien.

4. Kesimpulan

Komponen yang merupakan komponen kritis pada HGF WS adalah komponen belt drive dan kampas rem, dengan frekuensi kerusakan masing-masing sebanyak 25 dan 22 kali dalam 1 musim giling selama 125 hari, dan yang merupakan komponen kritis pada HGF Zagitter adalah kampas rem dan belt drive, dengan frekuensi kerusakan masing-masing sebesar 11 dan 9 kali dalam 1 musim giling selama 125 hari. Berdasarkan hasil analisis perbandingan antara perawatan terdahulu dan perawatan usulan, maka dapat ditentukan jadwal perawatan preventif usulan yang digunakan untuk mesin HGF WS yaitu perawatan preventif termasuk penggantian komponen belt drive dan kampas rem HGF WS dilaksanakan dengan periode waktu masing-masing adalah 28 hari, dan akan memiliki nilai keandalan sebesar 73,8% dan 90%. Untuk mesin HGF Zagitter jadwal perawatan preventif termasuk penggantian komponen kampas rem HGF Zagitter dilaksanakan dengan periode waktu 20 hari, dan akan memiliki nilai keandalan sebesar 86,2%. Komponen belt drive HGF Zagitter perawatan preventif termasuk penggantian komponen dilaksanakan interval 24 hari, dan akan memiliki nilai keandalan diatas 90%.

Adapun saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut: (i) menerapkan kebijakan preventif pada HGF WS dan HGF Zagitter sebelum mengalami kerusakan dengan mengganti komponen-komponen belt drive dan kampas rem dengan memperhatikan MTTF dan batas keandalan minimal; dan (ii) karena kerusakan mesin bersifat probabilistik, maka diperlukan perawatan preventif yang terjadwal sehingga mesin dapat selalu siap operasi.

Daftar Pustaka

- Assauri, S. (1980), *Management Produksi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Balbir, S. D and Hans, R. (1985), *Reliability and Maintainability Management, First Edition*, CBS Publishers and Distributor, New Dehli, India.
- Corder, A. (1992), *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ebeling, C. E. (1979), *Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw-Hill Company Inc.
- Gaspersz, V. (1992), *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, Edisi Pertama, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Harding, H. A. (1984), *Manajemen Produksi*, Penerbit Balai Aksara, Jakarta.
- Harsono (1984). *Manajemen Pabrik*, Edisi Kedua, Penerbit Balai Aksara, Indonesia.
- Indrajit, R. E dan Djokopranoto, R. (2003), *Manajemen Persediaan*, PT Gramedia Widisarana, Jakarta, Indonesia.
- Manipaz, E. (1985), *Essential of Production Manajement*, Prentice Hall Inc., New Jersey.