

USULAN INTERVAL PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN PENCETAK BOTOL (*MOULD GEAR*) BERDASARKAN KRITERIA MINIMASI *DOWNTIME*

Much. Djunaidi dan Mila Faila Sufa
Laboratorium Sistem Produksi, Jurusan Teknik Industri
Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAKSI

Perawatan pencegahan (preventive maintenance) merupakan suatu perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya. PT KCI dalam melakukan perawatan komponen mesin, yang dalam hal ini adalah komponen Mould Gear masih bersifat corrective maintenance, artinya komponen akan diganti apabila benar-benar telah mengalami kerusakan. Usulan dalam perawatan pencegahan ini difokuskan pada komponen kritis pada mould gear. Data yang digunakan adalah data kerusakan komponen pada Bulan Juli 2006. Metode yang digunakan untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan adalah metode Age Replacement yaitu menentukan interval penggantian pencegahan berdasarkan umur optimal komponen. Komponen yang diamati dalam tulisan ini adalah komponen mould dan blow head.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan maka diketahui interval waktu penggantian pencegahan dengan menggunakan metode Age Replacement untuk komponen mould = 49 jam dan blow head = 42 jam. Setelah dilakukan perawatan berupa penggantian pencegahan tersebut maka nilai availability dari mould gear sebesar 86.287 %.

Kata kunci : *mould gear, preventive maintenance, age replacement, reliability, availability.*

Latar Belakang

Untuk menghasilkan produk dengan harga yang kompetitif, perusahaan harus mampu mengoptimalkan segala sumber daya yang dimilikinya. Dengan demikian, perusahaan akan mampu menghasilkan produk atau *output* yang sesuai dengan target serta mampu mengantisipasi kerugian yang mungkin timbul, sehingga akan meningkatkan produktivitas dan harga jual produk.

Mesin produksi merupakan salah satu dari sumber daya yang ada yang harus dioptimalkan penggunaannya. Untuk menjamin agar mesin bisa beroperasi dengan baik dan optimal diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik pula. Sistem perawatan yang kurang baik akan menyebabkan mesin mudah rusak dan proses produksi akan terganggu bahkan terhenti.

PT. KCI merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi botol

gelas (*glass packaging*). Bagi perusahaan, mesin memegang peranan yang sangat vital untuk mendukung jalannya proses produksi sebab hampir semua proses produksi yang berlangsung menggunakan mesin, terutama dalam hal ini adalah *mould gear* (alat pencetak botol). Oleh sebab itu perawatan yang terencana dengan baik merupakan hal yang sangat penting agar proses produksi berjalan lancar.

Sistem perawatan mesin, khususnya *mould gear*, yang dilakukan PT. KCI selama ini masih bersifat korektif yaitu perawatan setelah terjadi kerusakan. Kerusakan komponen ini biasanya akan ditandai dengan ditemukannya banyak produk yang mengalami kecacatan (*reject*).

Perumusan Masalah

Peranan perawatan terhadap komponen *mould gear* sangat penting artinya untuk mencegah terjadinya kecacatan produk masal dan mencegah terjadinya *downtime* produksi. Dan perawatan yang paling baik digunakan adalah perawatan pencegahan sebelum terjadinya kerusakan (*preventive maintenance*). Untuk itu, disini akan dirumuskan mengenai “usulan perawatan pencegahan komponen kritis dari alat pencetak botol (*mould gear*) berdasarkan kriteria minimasi *downtime*”.

LANDASAN TEORI

Beberapa pengertian perawatan (*maintenance*) menurut ahli :

1. Menurut Corder (1988), perawatan merupakan suatu kombinasi dari tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima.
2. Menurut Assauri (1993), perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan

pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang sesuai dengan yang direncanakan.

3. Menurut Dhillon (1997), perawatan adalah semua tindakan yang penting dengan tujuan untuk menghasilkan produk yang baik atau untuk mengembalikan kedalam keadaan yang memuaskan.

Sedang tujuan dilakukan perawatan menurut Corder (1988) adalah antara lain:

1. Memperpanjang kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya)
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut

Blanchard (1980) mengklasifikasi perawatan menjadi 6 bagian, yaitu:

1. *Corrective Maintenance*, merupakan perawatan yang terjadwal ketika suatu sistem mengalami kegagalan untuk memperbaiki sistem pada kondisi tertentu.
2. *Preventive Maintenance*, meliputi semua aktivitas yang terjadwal untuk menjaga sistem / produk dalam kondisi operasi tertentu. Jadwal perawatan meliputi periode inspeksi.
3. *Predictive Maintenance*, sering berhubungan dengan memonitor kondisi program perawatan preventif dimana metode memonitor secara

langsung digunakan untuk menentukan kondisi peralatan secara teliti.

4. *Maintenance Prevention*, merupakan usaha mengarahkan *maintenance free design* yang digunakan dalam konsep “*Total Predictive Maintenance (TPM)*”. Melalui desain dan pengembangan peralatan, keandalan dan pemeliharaan dengan meminimalkan *downtime* dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya siklus hidup.
5. *Adaptive Maintenance*, menggunakan *software* komputer untuk memproses data yang diperlukan untuk perawatan.
6. *Perfective Maintenance*, meningkatkan kinerja, pembungkusan/ pengepakan/ pemeliharaan dengan menggunakan *software* komputer.

Preventive maintenance dibedakan atas dua kegiatan (Assauri, 1993), yaitu:

1. *Routine Maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin, sebagai contoh adalah kegiatan pembersihan fasilitas dan peralatan, pemberian minyak pelumas atau pengecekan oli, serta pengecekan bahan bakar dan sebagainya.
2. *Periodic Maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala. Perawatan berkala dilakukan berdasarkan lamanya jam kerja mesin produk tersebut sebagai jadwal kegiatan misalnya setiap seratus jam sekali.

Konsep Reliability (Keandalan)

Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas sistem akan memiliki kinerja sesuai fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu (Ebeling, 1997). Definisi lain keandalan adalah probabilitas suatu sistem akan berfungsi secara normal

ketika digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi yang spesifik (Dhillon, 1997).

Berdasarkan definisi diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Probabilitas, dimana nilai *reliability* adalah berada diantara 0 dan 1.
2. Kemampuan yang diharapkan, harus digambarkan secara terang atau jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.
3. Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.
4. Waktu, merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem.
5. Kondisi Lingkungan, mempengaruhi umur dari sistem atau peralatan seperti suhu, kelembaban dan kecepatan gerak. Hal ini menjelaskan bagaimana perlakuan yang diterima sistem dapat memberikan tingkat keandalan yang berbeda dalam kondisi operasionalnya.

Konsep Maintainability (Keterawatan)

Keterawatan didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem / komponen akan kembali pada keadaan yang memuaskan dan dalam kondisi operasi mampu mencapai waktu *downtime* minimum (Dhillon, 1997). Definisi lain keterawatan adalah probabilitas bahwa komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki ke dalam suatu kondisi tertentu dalam periode waktu tertentu sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan (Ebeling, 1997).

Prosedur perawatan melibatkan perbaikan, ketersediaan sumber daya perawatan (tenaga kerja, suku cadang, peralatan, dsb), program perawatan pencegahan, keahlian tenaga kerja dan jumlah orang yang termasuk di dalam bagian perawatan tersebut.

Konsep Availability (Ketersediaan)

Ketersediaan dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997). Sehingga ketersediaan merupakan fungsi dari suatu siklus waktu operasi (reliability) dan waktu downtime (maintainability).

Mean Time To Repair (MTTR)

Ada beberapa cara pengukuran keterawatan, namun yang paling sering digunakan dan yang akan dibahas pada bagian ini adalah 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.

MTTR diperoleh dengan menggunakan rumus (Ebeling, 1997):

$$MTTR = \int_0^{\infty} t.h(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \dots\dots (1)$$

Dimana:

$h(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan.

$H(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan.

t adalah waktu.

Penggantian Komponen Kritis Dengan Meminimumkan Downtime

Pada dasarnya, downtime didefinisikan sebagai waktu suatu sistem / komponen tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik) sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan (Gaspersz, 1992). Prinsip utama dalam manajemen sistem perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (breakdown period) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan downtime minimum menjadi sangat penting.

Permasalahannya adalah penentuan waktu terbaik untuk mengetahui kapan penggantian harus dilakukan untuk meminimasi total downtime. Konflik yang dihadapi adalah: (1) peningkatan frekuensi penggantian dapat meningkatkan downtime karena penggantian tersebut, tetapi dapat mengurangi waktu downtime akibat terjadi kerusakan, (2) pengurangan frekuensi penggantian akan menurunkan downtime karena penggantian, tetapi konsekuensinya adalah kemungkinan peningkatan downtime karena kerusakan. Dari dua kondisi di atas, diharapkan untuk dapat menghasilkan keseimbangan diantara keduanya. (Jardine, 1973).

Pada model ini terdapat dua jenis model standar bagi permasalahan penggantian yaitu model Block Replacement dan model Age Replacement. Block Replacement

Model ini menentukan interval penggantian optimal diantara penggantian pencegahan untuk meminimasi total downtime (Jardine, 1973). Pada model block replacement, tindakan penggantian dilakukan pada suatu interval yang tetap.

Model ini digunakan jika diinginkan adanya konsistensi interval penggantian pencegahan yang telah ditentukan, walau

sebelumnya telah terjadi penggantian yang disebabkan adanya kerusakan.

Age Replacement

Pada model ini penggantian pencegahan dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Tujuan model ini menentukan umur optimal dimana penggantian pencegahan harus dilakukan sehingga dapat meminimasi *total downtime*. (Jardine, 1973). Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut dilakukannya tindakan penggantian.

Karena tinjauan yang dilakukan dalam tulisan ini hanya terhadap satu komponen saja, maka perhitungan untuk penggantian pencegahan menggunakan model *age replacement*. Adapun formulasi perhitungan model *age replacement* adalah sebagai berikut (Jardine, 1973):

$$D(tp) = \frac{TpR(tp) + Tf\{1 - R(tp)\}}{(tp + Tp)R(tp) + \{M(tp) + Tf\}\{1 - R(tp)\}} \quad (2)$$

Dimana:

$D(tp)$ = total *downtime* per unit waktu untuk penggantian preventif

tp = panjang dari siklus (interval waktu) preventif

Tp = *downtime* karena tindakan preventif (waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif)

Tf = *downtime* karena kerusakan komponen (waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan)

$R(tp)$ = peluang dari siklus preventif (pencegahan)

$M(tp)$ = nilai harapan panjang siklus kerusakan (kegagalan)

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, telah diambil data yang terkait dengan permasalahan yang sedang dibahas, yaitu data yang diambil pada Bulan Juli 2006.

Data Downtime Mould Gear

Langkah pertama adalah pengambilan data *downtime* komponen *mould* dan *blowhead* pada Mould Gear. Pengamatan dilakukan terhadap mesin yang mengalami total *downtime* kerusakan terbesar adalah M/c.21. Mesin M/c.21 merupakan mesin pencetak botol. Data kerusakan terdapat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Mould berfungsi alat pencetak botol yang akan membentuk badan (*body*) botol sebenarnya. Sedangkan *blow head* berfungsi untuk meniupkan angin pada cetakan terakhir sehingga terbentuk *body* botol.

Tabel 1. Data Prosentase Downtime Komponen Mould Gear pada M/c.21

No	Komponen	Total Downtime (jam)	Persentase DT
1	Mould	17.08	26.12
2	Blank	18.83	28.79
3	Baffle	1.75	2.68
4	Funnel	0	0
5	Blow head	9.67	14.79
6	Plunger	1.58	2.42
7	Cooler	0	0
8	Neck ring	14.91	22.8
9	T.O.T	0	0
10	Thimble	1.58	2.42
TOTAL		65.4	100

Tabel 2. Data Kerusakan Komponen Mould pada M/c.21

No	Tanggal	Waktu Kerusakan	Downtime (jam)	Time To Failure (jam)
1	02/07/06	08.30 - 10.25	1.92	-
2	04/07/06	21.00 - 22.45	1.75	58.58
3	08/07/06	21.00 - 23.10	2.17	70
4	10/07/06	19.35 - 21.35	2	44.41
5	16/07/06	14.15 - 16.05	1.83	88.67
6	21/07/06	10.45 - 12.15	1.83	73.67
7	23/07/06	07.30 - 09.35	2.08	43.05
8	25/07/06	09.00 - 10.45	1.75	46.42
9	29/07/06	10.10 - 11.55	1.75	47.42

Tabel 3. Data Kerusakan Komponen Blow Head pada M/c.21

No	Tanggal	Waktu Kerusakan	Downtime (jam)	Time To Failure (jam)
1	01/07/06	21.00 - 22.10	1.17	-
2	03/07/06	03.25 - 04.20	0.92	52.25
3	07/07/06	23.30 - 24.35	1.08	43.17
4	09/07/06	07.35 - 08.35	1	31
5	11/07/06	10.00 - 10.50	0.83	49.42
6	15/07/06	11.50 - 12.55	1.08	49
7	18/07/06	16.25 - 17.35	1.17	75.50
8	24/07/06	09.10 - 10.20	1.17	87.59
9	28/07/06	16.30 - 17.45	1.25	53.75

Analisis Pemilihan Distribusi

Pemilihan distribusi ini dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* yaitu berdasarkan nilai *index of fit* yang paling besar. Pemilihan distribusi ini terdiri dari Distribusi Weibull, Distribusi Eksponensial, Distribusi Normal, atau Distribusi Lognormal, dimana distribusi yang dipilih adalah distribusi yang memiliki nilai *index of fit* terbesar.

Hasil perhitungan berdasarkan *index of fit* masing-masing komponen terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Berdasarkan pada hasil Tabel 4 dan Tabel 5, langkah selanjutnya adalah perhitungan parameter berdasarkan pada distribusi yang terpilih sementara. Metode yang digunakan adalah *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4. Pemilihan distribusi berdasarkan *index of fit* untuk data *time to failure*

Komponen	Distribusi	<i>Index of fit</i>
Mould	Eksponensial	0.980076
Blow Head	Eksponensial	0.966588

Tabel 5. Pemilihan distribusi berdasarkan *index of fit* untuk data *downtime*

Komponen	Distribusi	<i>Index of fit</i>
Mould	Eksponensial	0.980297
Blow Head	Weibull	0.984069

Tabel 6. Hasil Perhitungan MLE untuk Data Time To Failure

Komp.	Distribusi Terpilih	Parameter
<i>Mould</i>	<i>Lognormal</i>	$\mu = 4,044501$ $t_{med} = 57,082695$ $s = 0,255220$
<i>Blow Head</i>	<i>Lognormal</i>	$\mu = 3,966061$ $t_{med} = 54,383511$ $s = 0,299708$

Berdasarkan hasil dari Tabel 6, selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi yang terpilih (sementara) untuk memastikan bahwa distribusi yang terpilih itu benar-benar sesuai atau tidak. Bila ternyata setelah melalui uji kecocokan tersebut terjadi ketidaksesuaian distribusi, maka akan dipilih nilai *index of fit* terbesar kedua, dihitung parameternya dan diuji lagi distribusinya, demikian seterusnya hingga diperoleh kecocokan.

Uji-uji kecocokan distribusi yang digunakan bukan merupakan uji yang sifatnya umum, yaitu *Uji Chi-Square*, melainkan uji yang sifatnya khusus bagi tiap-tiap distribusi, yakni: Distribusi Weibull dipakai *Mann's Test*, Distribusi Eksponensial dengan *Bartlett Test*, Distribusi Normal dan Lognormal dengan *Kolmogorov-Smirnov Test*.

Hasil dari pengujian tersebut, ternyata pada komponen *Mould* dan *Blow Head* tidak sesuai dengan *index of fit* terbesarnya yaitu Distribusi Eksponensial sehingga distribusi yang dipakai adalah Distribusi Lognormal.

Analisis Perhitungan MTTF

Setelah didapat distribusi yang sesuai, maka selanjutnya adalah dilakukan perhitungan MTTF berdasarkan pada parameter distribusi yang terpilih. MTTF adalah waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Perbedaan distribusi menyebabkan perbedaan cara perhitungan MTTF, karena parameter yang digunakan tidak sama. Hasil perhitungan MTTF untuk tiap komponen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	MTTF (jam)
<i>Mould</i>	<i>Lognormal</i>	64,85211
<i>Blow Head</i>	<i>Lognormal</i>	56,881687

Dari Tabel 7, didapat nilai MTTF untuk masing-masing komponen kritis. Nilai MTTF sebesar 64,85211 jam pada komponen *mould* menunjukkan bahwa setelah satu kerusakan terjadi, maka kurang lebih 64,85211 jam kemudian akan terjadi kerusakan lagi. Hal yang sama berlaku untuk komponen *blow head*.

Analisis Perhitungan MTTR

Perhitungan MTTR ini adalah berdasarkan data *downtime*, yang sebelumnya juga dilakukan uji kecocokan distribusi dan hasilnya sesuai, sehingga perhitungannya berdasarkan distribusi yang sesuai tersebut. MTTR merupakan rata-rata waktu perbaikan kerusakan komponen.

Hasil perhitungan MTTR untuk tiap komponen dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	MTTR (jam)
<i>Mould</i>	Lognormal	1,897708
<i>Blow Head</i>	Weibull	1,084437

Analisis Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Model penggantian pencegahan yang digunakan adalah model *Age Replacement* yaitu menghitung umur optimal komponen sebelum dilakukan penggantian pencegahan. Dapat dikatakan bahwa apabila terjadi kerusakan sebelum waktu yang telah ditentukan, maka penggantian komponen selanjutnya adalah dilakukan setelah komponen tersebut mencapai umur optimalnya, dihitung dari saat penggantian terakhir komponen sehingga dengan demikian pemakaian dari suatu komponen selalu optimal dan tidak terjadi pemborosan karena penggantian yang tidak perlu.

Untuk melakukan penggantian pencegahan ini dilakukan perhitungan yang sifatnya *trial and error* hingga diperoleh nilai *downtime* minimum. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Komponen	Interval penggantian pencegahan (jam)
<i>Mould</i>	49
<i>Blow Head</i>	41

Analisis Perhitungan Availability Komponen Kritis

Availability merupakan probabilitas suatu komponen dapat beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu. Angka probabilitas *availability* menunjukkan kemampuan komponen untuk berfungsi setelah dilakukan tindakan

perawatan terhadapnya. Dengan demikian semakin besar nilai *availability* menunjukkan semakin tinggi kemampuan komponen tersebut, atau dapat dikatakan semakin nilai *availability* mendekati satu, maka semakin baik keadaan komponen tersebut untuk dapat beroperasi sesuai fungsinya.

Hasil perhitungan nilai *availability* komponen kritis pada mesin M/c.21 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Availability Komponen Kritis

Komponen	Nilai Availability setelah penggantian pencegahan
<i>Mould</i>	0,981269009
<i>Blow Head</i>	0,988196593

Analisis Perhitungan Tingkat Keandalan (Reliability) Komponen Kritis

Inti dari tindakan perawatan pencegahan ini adalah untuk menentukan tingkat keandalan komponen kritis. Perhitungan tingkat keandalan ini dilakukan untuk kondisi sebelum dan sesudah adanya tindakan perawatan pencegahan dalam beberapa waktu, dengan demikian bisa didapatkan suatu gambaran yang jelas bagaimana suatu sistem perawatan pencegahan dapat meningkatkan keandalan.

Berikut ini adalah hasil perhitungan tingkat keandalan komponen kritis kondisi sekarang dan kondisi usulan setelah waktu operasi 100 jam. Tingkat keandalan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Tingkat keandalan komponen

Komponen	Sekarang	Usulan
<i>Mould</i>	0,014017	1
<i>Blow Head</i>	0,021059	0,999887

Analisis Perhitungan *Availability Mould Gear* pada M/c.21 Setelah Dilakukan Perawatan Pencegahan Pada Komponen Kritis.

Berdasarkan hasil perhitungan *availability* pada masing-masing komponen kritis setelah dilakukan perawatan pencegahan, maka kita dapat mengetahui *availability Mould Gear* pada mesin M/c.21 yaitu sebesar 86,287 %. Ini artinya bahwa setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan terhadap dua komponen yaitu *Mould* dan *Blow Head*, maka kerusakan *Mould Gear* pada mesin M/c.21 dapat terselesaikan atau teratasi sebesar 86.287 % dari total kerusakan *Mould Gear* pada mesin M/c.21.

Kesimpulan

Dari pembahasan diatas, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keandalan komponen mengalami peningkatan yang signifikan setelah dilakukan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), yaitu komponen *mould* diganti setelah $tp = 49$ jam, komponen *blow head* diganti setelah $tp = 41$ jam, sehingga *availability* untuk komponen yang diamati mengalami peningkatan.
2. Hasil perhitungan tingkat keandalan komponen yang diamati pada kondisi sekarang dan kondisi usulan setelah waktu operasi 100 jam.

Komponen	Sekarang	Usulan
<i>Mould</i>	0,014017	1
<i>Blow Head</i>	0,021059	0,999887

Setelah dilakukan perawatan pencegahan terhadap komponen kritis, maka *availability Mould Gear* meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 1993. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (FE-UI), Jakarta.
- Blanchard, B.S. 1980. *Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management*. Wiley Series, USA.
- Corder, A.S. 1988. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Dhillon, B.S. 1997. *Reliability Engineering in System Design and Operation*. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., Singapore.
- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The Mc-Graw Hills Companies Inc., Singapore.
- Gaspersz, V. 1992. *Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Penerbit "Tarsito", Bandung.
- Jardine, A.K.S. 1973. *Maintenance, Replacement, and Reliability*. Pitman Publishing Corporation, Canada.