

**ANALISIS KEANDALAN KOMPONEN KRITIS DAN PENENTUAN
PERSEDIAAN OPTMAL *SPARE PART* MESIN *AUTOMATIC SEALER*
(Studi Kasus: CV Bromo Semeru Agro Industri, Batu, Jawa Timur)**

**RELIABILITY ANALYSIS OF CRITICAL COMPONENTS AND INVENTORY
CONTROL OF AUTOMATIC SEALER MACHINE *SPARE PART*
(Case Study: CV Bromo Semeru Agro Industri, Batu, East Java)**

Rizqi Aisyah Kuncaraningrum¹⁾, Arif Rahman²⁾, Dwi Hadi Sulstyarini³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: rizqiaisyahkn@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, dwihadi@ub.ac.id³⁾

ABSTRAK

CV Bromo Semeru Agro Industri adalah sebuah industri kecil mandiri yang memiliki produk unggulan yaitu minuman sari apel. Dalam memenuhi target permintaan, perusahaan sering mengalami kendala akibat kerusakan mesin Automatic Sealer, yang memiliki peranan penting dalam proses produksi di perusahaan. Oleh karena itu diperlukan analisis keandalan komponen kritis dan penentuan persediaan spare part mesin untuk mengurangi waktu downtime. Hasil penelitian berdasarkan klasifikasi ABC terhadap 13 komponen yang mengalami kerusakan pada bulan Januari hingga Desember 2015 terdapat tiga komponen kritis, yaitu Silinder Cutter, Silinder Heater, dan Silinder Feeding. Dalam penelitian ini dicari distribusi kerusakan, kemudian dilakukan perhitungan nilai MTTF dan nilai keandalan sesudah dan sebelum adanya penjadwalan perawatan. Dalam penelitian ini keandalan mesin meningkat sebesar 4,1382%. Kemudian nilai EOQ dari Cylinder Cutter adalah 11 unit dan ROP 3 unit, EOQ dari Cylinder Heater 11 units dan ROP 5 unit, dan EOQ dari Cylinder Feeding 14 unit dan ROP sebesar 3 unit.

Kata kunci: Klasifikasi ABC, FBD, MTTF, Uji Distribusi, Keandalan, Persediaan Optimal

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri menyebabkan terjadinya persaingan yang cukup ketat antar perusahaan. Perusahaan saling berlomba dalam meningkatkan kualitas produknya. Salah satu perhatian utama untuk sebuah perusahaan adalah kualitas. Kualitas adalah kemampuan dari suatu produk atau jasa yang secara konsisten memenuhi harapan dari konsumen [1].

CV Bromo Semeru Agro Industri adalah sebuah industri kecil mandiri yang didirikan oleh kelompok Tani Wanita Brosem Kota Batu. CV Bromo Semeru Agro Industri memproduksi sari apel, jenang apel, jenang nanas, dan aneka keripik buah. Hasil produksi dari CV Bromo Semeru Agro Industri telah dipasarkan di daerah Jawa Timur dan Bali. Yang menjadi produk unggulan dari CV Bromo Semeru Agro Industri adalah produk minuman sari apel, untuk penjualan sari apel dari waktu kewaktu selalu meningkat.

Proses produksi dapat berjalan dengan baik atau lancar ketika bahan baku tersedia dengan cukup, tersedianya tenaga kerja yang

terampil, serta mesin yang siap dioperasikan sesuai dengan fungsinya. Kelancaran proses produksi merupakan tuntutan utama yang harus terpenuhi agar target perusahaan dapat tercapai. Untuk menjaga tingkat kesiapan agar mesin dapat selalu digunakan sehingga kontinuitas produksi dapat terus terjamin, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik [2].

CV Bromo Semeru Agro Industri sering mengalami kendala atau hambatan pada saat proses produksi, hal tersebut dikarenakan adanya kerusakan pada mesin. Sehingga mengakibatkan tidak tercapainya target produksi harian yang sudah ditetapkan. Karena sering terjadinya mesin rusak dan pada saat terjadi kerusakan tidak tersedianya *spare part* sebagai persediaan sehingga harus menunggu *spare part* guna memperbaiki mesin yang rusak. Sehingga permasalahan tersebut tentu menghambat proses produksi pada perusahaan. Pada Tabel 1 dapat diketahui total *downtime* pada mesin *automatic sealer* di CV Bromo Semeru Agro Industri masih cukup tinggi. *Downtime* adalah waktu yang di

butuhkan mesin selama mesin dilakukan perawatan atau perbaikan akibat *breakdown*.

Tabel 1. Frekuensi *Downtime* Mesin *Automatic Sealer*

No	Bulan	Frekuensi	Total Waktu Downtime (menit)
1	Januari	7	580
2	Februari	8	615
3	Maret	9	555
4	April	5	415
5	Mei	10	815
6	Juni	5	410
7	Juli	5	330
8	Agustus	6	385
9	September	6	480
10	Oktober	7	590
11	November	6	475
12	Desember	6	435

Sumber: CV Bromo Semeru Agro Industri

Frekuensi *downtime* yang tinggi, yang dapat dilihat pada Tabel 1 mungkin tidak hanya disebabkan tingkat utilitas mesin yang tinggi, namun dapat disebabkan karena keandalan mesin yang mulai berkurang. Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi [3]. Dalam hal ini penerapan teori keandalan dapat digunakan untuk memperkirakan peluang suatu sistem dapat melaksanakan fungsinya secara maksimal. Keandalan suatu komponen dapat diketahui dengan menggunakan analisis keandalan.

Dalam penelitian ini objek yang diamati adalah mesin *automatic sealer line-2* seperti pada Gambar 1., karena mesin ini yang paling sering mengalami kerusakan dibandingkan mesin *automatic sealer line-4*. Mesin *automatic sealer line-4* adalah mesin yang baru, sehingga belum pernah terjadi kerusakan mesin atau komponen pada mesin tersebut. Mesin *automatic sealer* memiliki peranan yang tinggi dalam proses produksi, yaitu memiliki fungsi mengisi sari apel dari bak penampungan menggunakan bantuan selang kedalam kemasan gelas dan menutup permukaan menggunakan *lid*. Kerusakan mesin ini mengakibatkan terhambatnya alur produksi dan menurunkan hasil produksi sehingga tidak bisa mencapai target harian yang ditetapkan oleh perusahaan. Dengan jumlah produksi yang tidak sedikit tentunya penjadwalan perawatan mesin harusnya diperhatikan, agar tidak menghambat proses produksi.



Gambar 1. Mesin *Automatic Sealer Line-2*

Selama ini CV Bromo Semeru Agro Industri belum memiliki perencanaan sistem perawatan yang optimal, dikarenakan masih sering terjadi kerusakan pada mesin *automatic sealer line-2* dan tidak memiliki jadwal dalam perawatan mesin. Mesin dan peralatan mendapatkan penanganan setelah mengalami kerusakan (*corrective maintenance*) tanpa memperhatikan faktor keandalan dari *spare part* mesin tersebut. Selain hal itu, ketika terjadi kerusakan pada *spare part* mesin, perusahaan tidak memiliki persediaan yang cukup untuk menggantikan *spare part* yang rusak. Menurut Handoko [4] persediaan adalah segala sesuatu atau sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan. Maka dari itu perlu dilakukan pengendalian persediaan *spare part* yang ditentukan berdasarkan tingkat keandalan, interval perawatan, kebutuhan dan ongkos-ongkos persediaan dari *spare part*. Metode yang akan digunakan adalah *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik: Model (q, r).

Berdasarkan permasalahan diatas, maka kita dapat mengetahui klasifikasi *spare part* kritis dengan metode *Functional Block Diagram* (FBD) dan metode ABC. FBD akan membantu dalam mendeskripsikan hubungan antar komponen mesin. Kemudian melakukan perhitungan nilai MTTF sebagai dasar penentuan penjadwalan. Dan melakukan analisis keandalan dan menentukan jumlah persediaan. Dengan adanya penentuan persediaan yang optimal pada *spare part* kritis diharapkan proses produksi lebih lancar, dan sistem penjadwalan perawatan berjalan dengan optimal.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menganalisis fakta yang terjadi dan berdasar pada kenyataan yang sedang berlangsung dan selanjutnya mencoba memberikan pemecahan masalah yang ada supaya memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif karena menganalisis keandalan dan penentuan

persediaan optimal komponen mesin *automatic sealer*. Langkah-langkah penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 Tahap Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan dilakukan studi lapangan, studi pustaka, identifikasi dan merumuskan masalah, penetapan tujuan dan manfaat penelitian. Pertama melakukan studi lapangan dilakukan dengan cara interview, observasi, dan brainstorming dengan manager dan pekerja pada rantai produksi di CV Bromo Semeru Agro Industri. Kemudian melakukan studi pustaka yaitu mempelajari teori dan ilmu pengetahuan atau sumber-sumber data lainnya yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti. Tahap selanjutnya, dilakukan dengan tahap identifikasi masalah yang terjadi pada perusahaan tempat penelitian. Kemudian melakukan perumusan masalah yang nantinya akan dikaji dengan berdasarkan tujuan penelitian. Terakhir, menentukan tujuan penelitian yang dimaksudkan agar peneliti dapat terfokus pada yang nantinya akan diteliti.

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Penjelasan secara sistematis mengenai tahapan pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian dan diamati di tempat pelaksanaan penelitian. Data diperoleh dengan cara observasi dan wawancara. Berikut merupakan data yang termasuk dalam data primer.

- a. Wawancara digunakan untuk mengetahui kendala yang dihadapi di lintasan produksi CV Bromo Semeru Agro Industri, terutama masalah perawatan mesin yang ada di CV Bromo Semeru..
- b. Observasi digunakan untuk mengetahui alur proses produksi dan kondisi mesin di CV Bromo Semeru Agro Industri.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah tersedia atau telah disajikan dari pihak perusahaan yang menjadi tempat pelaksanaan penelitian ini. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain profil perusahaan, struktur organisasi perusahaan, data spesifikasi dan fungsi mesin, data waktu antar kerusakan, data frekuensi kerusakan dan

downtime mesin *automatic sealer*, dan data biaya *spare parts*.

2.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dan dianalisis, adapun langkah pengolahan data sebagai berikut:

a. Penentuan Komponen Kritis

Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data yaitu klasifikasi persediaan *spare part*. FBD digunakan untuk mendeskripsikan komponen-komponen yang terdapat pada sebuah sistem. Untuk memudahkan klasifikasi material biasanya menggunakan skala prioritas. Metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan *spare part* adalah diagram pareto atau istilah lain metode ABC. Metode ini didasari oleh pertimbangan frekuensi kerusakan komponen pada mesin.

b. Perhitungan Interval Perawatan dengan MTTF

Perhitungan rata-rata waktu selama kerusakan guna mengetahui tentang seberapa handalnya peralatan/ mesin dalam menghasilkan produk, yang dilihat dari waktu rata-rata peralatan/ mesin itu akan berfungsi mulai dari satu kerusakan ke kerusakan berikutnya. Nilai MTTF ini yang akan digunakan sebagai basis informasi penjadwalan perawatan pada mesin *automatic sealer*. Dalam perhitungan nilai MTTF membutuhkan beberapa tahap diantaranya perhitungan *index of fit*, perhitungan *goodness of fit*, perhitungan parameter distribusi terpilih, dan kemudian perhitungan nilai MTTF.

c. Perhitungan Nilai Keandalan

Fungsi keandalan adalah fungsi yang menunjukkan probabilitas suatu komponen atau sistem akan beroperasi dengan baik pada kondisi tertentu selama selang waktu tertentu. Perhitungan nilai keandalan tidak hanya berdasarkan komponen saja, namun keandalan keseluruhan juga di perhitungkan guna mengetahui berapa nilai keandalan mesin *automatic sealer* saat ini, dan dapat di bandingkan dengan nilai keandalan saat dilakukan *preventive maintenance*.

d. Perhitungan Jumlah Persediaan Optimal

Melakukan perhitungan jumlah persediaan optimal dengan menggunakan metode EOQ dan ROP, menggunakan metode ini dengan tujuan untuk meminimasi biaya perawatan.

2.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis dan pembahasan dilakukan setelah tahap pengolahan data selesai dilakukan. Analisis dan pembahasan dilakukan setelah penentuan komponek kritis berdasarkan metode FBD dan metode ABC, kemudian menganalisa nilai MTTF dan keandalan *spare part*, dan melakukan analisa jumlah persediaan *spare part* mesin *automatic sealer* berdasarkan interval perawatan. Sehingga proses produksi akan berjalan dengan lancar, ketika terjadi kerusakan pada mesin tersebut

2.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan proses akhir dari penelitian ini. Kesimpulan berisi tentang ringkasan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan. Saran berisi tentang masukan yang ditujukan kepada berbagai pihak dalam menindaklanjuti penelitian ini.

3. Tinjauan Pustaka

Subbab berikut merupakan penjelasan tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini.

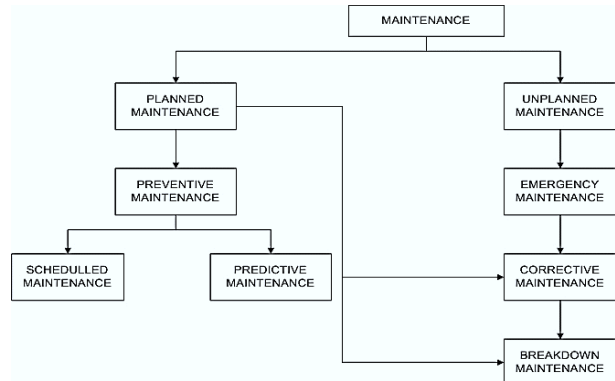
3.1 Perawatan

Menurut Sudrajat [5], perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang dipergunakan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Fasilitas yang dimaksud bukan hanya fasilitas seperti mesin-mesin produksi saja yang memerlukan perawatan tetapi juga fasilitas lain seperti generator, turbin dan utilitas pabrik lainnya, dan bahkan peralatan kantor seperti komputer, mesin ketik ataupun peralatan angkut seperti *crane*, *forklift*, dan lain-lain. Oleh karena itu, terdapat beberapa alasan pentingnya melakukan pekerjaan perawatan, antara lain:

1. Agar fasilitas dapat siap dipakai pada saat yang diperlukan.
2. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya lambat laun akan menurun karena tanpa perawatan semua fasilitas tersebut akan melemah secara bertahap tapi pasti, sehingga tidak lagi mempunyai kemampuan kerja baik secara teknis maupun ekonomis.

3. Diharapkan akan dapat memperpanjang umur pakai dari fasilitas tersebut.

Menurut Sudrajat [5] strategi perawatan dibagi menjadi beberapa jenis seperti pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Bentuk Kebijakan Perawatan

3.2 Pola Distribusi Kerusakan

Terdapat empat pola distribusi [6] yang digunakan dalam pengukuran keandalan suatu sistem, yaitu:

1. Pola Distribusi Normal

Distribusi normal (Gaussian) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Distribusi ini digunakan jika pengaruh suatu kerandoman diakibatkan oleh sejumlah besar variasi random yang tidak bergantung (saling bebas/ independent) yang kecil atau sedikit. Distribusi ini cocok digunakan untuk model wear out mesin. Fungsi-fungsi dalam distribusi normal yaitu:

- 1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad (\text{Pers.1})$$

- 2) Fungsi Disribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (\text{Pers.2})$$

- 3) Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (\text{Pers.3})$$

- 4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (\text{Pers.4})$$

- 5) MTTF

$$MTTF = \mu \quad (\text{Pers.5})$$

Konsep *reliability* distribusi normal

tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

2. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi-fungsi dalam distribusi lognormal yaitu:

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty$$

(Pers.6)

2) Fungsi Disribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right)$$

(Pers.7)

3) Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

(Pers.8)

4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

(Pers.9)

5) MTTF

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

(Pers.10)

Konsep *reliability* distribusi lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

3. Pola Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial:

1) Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}; t > 0$$

(Pers.11)

2) Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

(Pers.12)

3) Fungsi keandalan

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

(Pers.13)

4) Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \lambda$$

(Pers.14)

5) MTTF (Mean Time To Failure)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

(Pers.15)

4. Pola Distribusi Weibull

Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu hingga kegagalan” (*time to failure*) dari suatu sistem fisika. Ilustrasi yang khas, misalnya pada sistem dimana jumlah kegagalan meningkat dengan berjalannya waktu (misalnya keausan bantalan), berkurang dengan berjalannya waktu (misalnya daya hantar beberapa semi konduktor) atau kegagalan yang terjadi oleh suatu kejutan (shock) pada sistem. Fungsi-fungsi dari distribusi Weibull adalah:

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

(Pers.16)

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

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

(Pers.17)

3) Fungsi Keandalan

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

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

(Pers.18)

4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

(Pers.19)

5) MTTF

$$MTTF = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

(Pers.20)

Dimana Γ merupakan fungsi gamma, $\Gamma(n) = (n-1)!$, dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma, parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull,

sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup.

Sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mengidentifikasi distribusi awal menggunakan metode *Least Square*, seperti pada persamaan 21:

$$F(t) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \quad (\text{Pers.21})$$

Dimana: i = data waktu ke- t
 n = jumlah kerusakan

3.3 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dilakukan guna mengetahui apakah distribusi yang diamati telah sesuai dengan distribusi yang diharapkan. Uji distribusi yang digunakan antara lain:

a. Uji Kolmogorov-Smirnov

Menurut Ebeling [3], hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi Normal atau Lognormal

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi Normal atau Lognormal

Uji statistiknya adalah:

$$D_n = \max\{D_1; D_2\}$$

(Pers.22)

Dimana:

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - t}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - t}{s} \right) \right\}$$

(Pers.23)

Kemudian membandingkan D_{test} dengan D_{tabel} yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov, data dapat dikatakan berdistribusi Weibull bila $D_{\text{max}} < D_{n;\alpha}$.

b. Uji Mann

Menurut Ebeling [3], hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi *Weibull*

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi *Weibull*

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_i + 1 - t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[\frac{\ln t_i + 1 - t_i}{M_i} \right]}$$

(Pers.24)

Keterangan:

$$k_1 = \frac{r}{2}, \quad k_1 = \frac{r-1}{2}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$$

H_0 akan diterima bila nilai $M < M_{\text{Cric}}$. Nilai

M_{Cric} diperoleh dari tabel distribusi F dengan $V_1 = 2k_1$ dan $V_2 = 2k_2$

c. Uji Barlett

Menurut Ebeling [3], hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi Eksponensial

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi Eksponensial

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_1 \right) - \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_1 \right) \right]}{1 + \frac{r+1}{6r}}$$

(Pers.25)

Dimana:

t_i = data waktu kerusakan ke- i

r = jumlah kerusakan

B = uji statistik untuk uji *Barlett's Test*

H_0 akan diterima jika $\chi^2 \left(\frac{1-\alpha}{2r-1} \right) < B < \chi^2 \left(\frac{\alpha}{2r-1} \right)$

3.4 Parameter Distribusi

Estimasi parameter dilakukan dengan Metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Estimasi untuk masing-masing parameter adalah:

a. Distribusi normal

Parameter adalah μ dan σ

$$\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

(Pers.26)

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{n}$$

(Pers.27)

b. Distribusi lognormal

Parameter adalah μ , s , dan t_{med}

$$\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{t \ln i}{n}$$

(Pers.28)

$$s^2 = \frac{(\ln t_i - \mu)^2}{n} \text{ (parameter bentuk)}$$

(Pers.29)

$$t_{\text{med}} = e^{\mu} \text{ (parameter lokasi)}$$

(Pers.30)

c. Distribusi Eksponensial

Parameter adalah λ

$$\lambda = \frac{r}{T}$$

(Pers.31)

d. Distribusi Weibull

Pola distribusi Weibull memiliki 2 parameter pembentuk, yaitu:

α = Parameter skala/ karakteristik umur

β = Parameter bentuk kurva

$$\alpha = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (\text{Pers.32})$$

$$f(\beta) = \frac{1}{\beta} + \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} = 0 \quad (\text{Pers.33})$$

3.5 Bathup Curve

Menurut Dhillon [7], tingkat resiko terhadap waktu kerusakan mengikuti bentuk dari *bathup* dengan pembagian seperti berikut ini:

1. *Burn-in period* ($\beta < 1$), suatu sistem atau komponen ditandai dengan tingginya laju kegagalan pada fase awal dan berangsur-angsur turun seiring dengan bertambahnya waktu kegagalan disebabkan karena pengendalian kualitas yang baik, penggunaan prosedur yang salah, *setup* atau instalasi yang salah, proses manufaktur yang tidak baik, tes akhir yang tidak komplit, salah dalam pemindahan dan pengemasan, dll. Kerusakan seperti ini disebut kerusakan diri (*burn-in period*).
2. *Useful life period*, laju kegagalan konstan dan kegagalan terjadi secara random dan tidak terprediksi. Beberapa disebabkan karena lingkunganyang kurang baik, cacat

yang tidak terprediksi, kesalahan manusia, kerusakan yang tidak dapat dihindari.

3. *Wear-out period* ($\beta > 1$), pada fase ini laju kegagalan naik seiring bertambahnya waktu. Penyebabnya adalah using karena umur, perawatan pencegahan yang tidak sesuai, siklus hidup komponen yang terbatas, using karena gesekan, dll. Fase ini dapat direduksi secara signifikan dengan melakukan penggantian yang efektif dan membuat aturan dan prosedur perawatan pencegahan yang efektif.

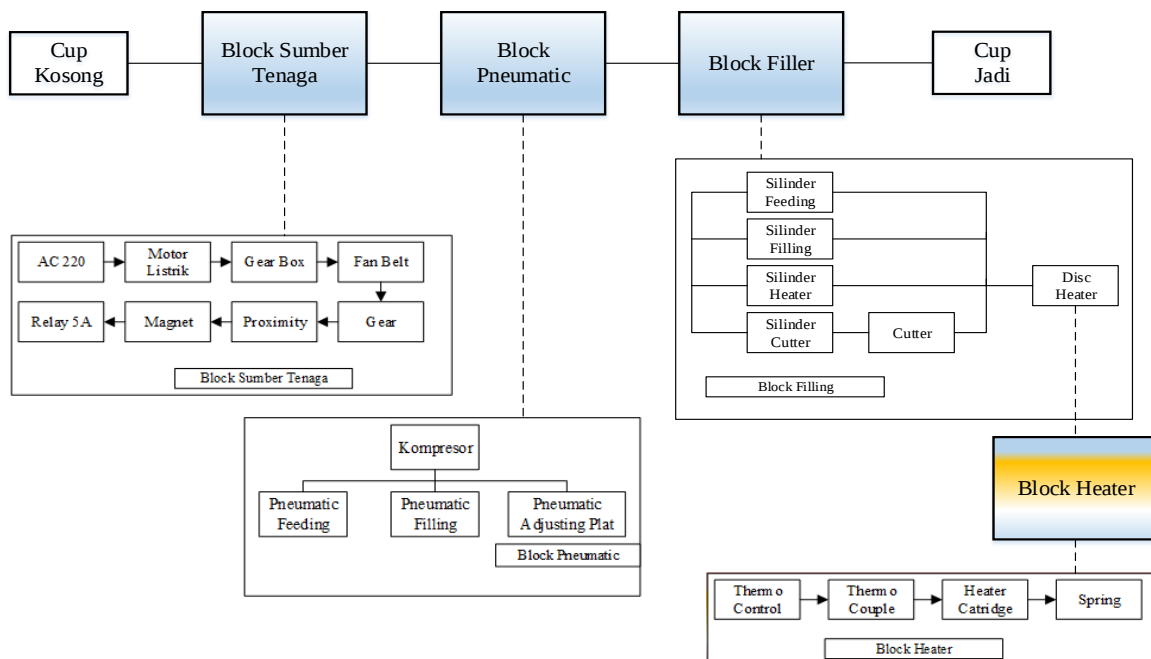
3.6 Persediaan

Persediaan merupakan aspek penting yang diperhatikan oleh perusahaan, termasuk pengendalian *spare part* atau suku cadang suatu mesin. Persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan, *part*, yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi, serta barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari komponen atau langganan setiap waktu [8].

3.7 Functional Block Diagram

Langkah pendeskripsian sebuah sisem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam sistem dan bagaimana komponen tersebut bekerja sesuai fungsinya. Data

fungsi peralatan dan cara beroperasinya dipakai untuk



Gambar 3. Functional Block Diagram

membuat definisi dan dasar untuk menentukan kegiatan perawatan sebagai upaya pencegahan [9]. Keuntungan *Functional Block Diagram* adalah sebagai berikut:

1. Sebagai dasar informasi dari sistem mengenai desain dan operasi yang dipakai sebagai acuan untuk melakukan tindakan perawatan sebagai upaya pencegahan di kemudian hari.
2. Memperoleh pengetahuan system secara menyeluruh.
3. Mengetahui proses identifikasi parameter-parameter operasi yang menyebabkan kegagalan sistem.

Sedangkan *Reliability Block Diagram* (RBD) adalah sebuah metode untuk melakukan analisis keandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem [3].

3.9 Klasifikasi ABC

Dengan metode ABC, persediaan dapat digolongkan atau dikelompokkan kedalam tiga kelompok sesuai dengan volume nilai penggunaan (jumlah produk dalam setahun dan biaya pembelian atau biaya produksi unit), yaitu A, B, dan C. Pengelompokan ABC Menurut Winston [10] sebagai berikut:

1. Kelompok A terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan sekitar 55%-65% dari seluruh nilai penggunaan item, tetapi jumlah item yang diwakili hanya sekitar 5%-20% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
2. Kelompok B terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang lebih rendah, yang mencapai 20%-40% dari seluruh nilai penggunaan bahan dan mewakili 20%-30% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
3. Kelompok C terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang rendah, sekitar 5%-25% dari keseluruhan nilai penggunaan bahan, tetapi jumlah item mencapai 50%-75% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini dijelaskan hasil dan pembahasan pada penelitian ini.

4.1 *Functional Block Diagram* Mesin

Gambar 3, merupakan sistem kerja mesin *automatic sealer* yang ditampilkan melalui *functional block diagram*.

Pada Gambar 3 terdapat 3 *block* utama dan 1 *block* yang berada di dalam suatu *block* dimana memiliki fungsi tertentu agar mesin dapat berjalan sesuai dengan kegunaannya, diantaranya:

1. *Block Sumber Tenaga*
Block ini memiliki fungsi sebagai sumber utama untuk menjalankan mesin *automatic sealer*. Dimana pada *block* ini menggunakan energi listrik yang kemudian diubah menjadi energi mekanik yang akan menggerakkan silinder di beberapa bagian dengan bantuan *relay*.
2. *Block Pneumatic*
Pada *block pneumatic* juga menjadi bagian yang penting didalam mesin *automatic sealer*, karena mesin *automatic sealer line-2* model CD-A menggunakan tenaga *pneumatic* untuk menjalankan mesinnya. Mesin *automatic sealer line-2* model CD-A memiliki 3 silinder *pneumatic*, yaitu *pneumatic feeding*, *pneumatic filling*, *pneumatic adjusting plat*.
3. *Block Filler* (Pengisian Sari Apel)
Pada *block* ini terdapat terdapat banyak komponen. Karena pada *block* ini menjadi bagian dimana *cup* kosong akan di proses sehingga menjadi produk sari apel dalam kemasan.
4. *Block Heater*
Block heater merupakan bagian yang menyalurkan panas untuk merekatkan *lid cup* pada proses *sealing*. Dimana pada *block* ini terdapat *thermo control* sebagai indikator penunjuk suhu, *thermo couple* sebagai sensor panas, *heater catridge* merupakan pemanas batangan yang mendapat energi yang telah dikonversi oleh *relay*, dan pada *block* ini dibantu dengan *Spring*.

4.2 Penentuan Komponen Kritis

Dalam menentukan komponen kritis dari mesin mesin *automatic sealer* menggunakan metode ABC. Metode ABC akan membagi komponen menjadi tiga bagian atau kelas, sesuai dengan aturan pengklasifikasian material *inventory*. Klasifikasi ABC komponen kritis mesin *automatic sealer* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi ABC Komponen Kritis *Mesin Automatic Sealer*

Komponen	Frek Kerusakan	Ku m	% Kum	Kelas
Silinder Cutter	16	16	21.62	A
Silinder Heater	11	27	36.49	
Silinder Feeding	9	36	48.65	
Cutter	8	44	59.46	B
Heater Catridge	6	50	67.57	
Thermo Couple	6	56	75.68	
Disc Heater	5	61	82.43	C
Spring	4	65	87.84	
Silinder Filling	3	68	91.89	
Thermo Control	2	70	94.59	
Cyl Pneu Feeding	2	72	97.30	
Relay	1	73	98.65	
Fan Belt	1	74	100	

Berdasarkan Tabel 2, maka dapat diketahui komponen kritis dari mesin *automatic sealer* yaitu, Silinder Cutter, Silinder Heater, dan Silinder Feeding.

4.3 Perhitungan Nilai MTTF

MTTF (*mean time to failure*) merupakan rata-rata waktu antar kerusakan komponen. Dimana perhitungan MTTF ini sebagai basis informasi dalam penentuan interval perawatan atau pergantian komponen. Nilai MTTF dari komponen yang ada pada mesin *automatic sealer* dapat dilihat pada Tabel 4. Penentuan nilai MTTF sebagai dasar penentuan interval perawatan bertujuan agar komponen tidak mengalami kerusakan tiba-tiba, karena kerusakan tiba-tiba dapat menghambat jalannya proses produksi. Hal ini tentunya merupakan kerugian tersendiri bagi perusahaan.

Semakin lama komponen dipakai, maka peluang terjadinya kerusakan secara tiba-tiba semakin besar. Maka dari itu, untuk menghindari kejadian tersebut sebaiknya dilakukan perawatan atau pergantian komponen secara berkala. Selain menjadi basis informasi penentuan perawatan MTTF juga dapat meningkatkan nilai keandalan pada mesin tersebut. Apabila nilai interval perawatan kurang dari nilai MTTF, maka nilai keandalan dari komponen akan tinggi, hal ini disebabkan melakukan perawatan atau pergantian komponen sebelum MTTF akan memperkecil

kemungkinan komponen tersebut rusak secara tiba-tiba. Apabila interval perawatan sama dengan nilai MTTF, maka nilai keandalan komponen akan mendekati 50%. Sedangkan jika interval perawatan lebih lama dari nilai MTTF, maka nilai keandalan dari komponen tersebut akan lebih kecil, hal ini disebabkan peluang

terjadi kerusakan secara tiba-tiba akan jauh lebih besar.

Sebelum melakukan perhitungan MTTF, dilakukan perhitungan mengenai pola distribusi kerusakan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mengetahui distribusi kerusakan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu kerusakan setiap komponen (*time to failure*)
2. Menghitung *index of fit* pada setiap komponen dan setiap distribusi kerusakan, perhitungan ini guna menduga distribusi apa yang cocok terhadap pola kerusakan komponen. Kemudian dipilih nilai *coefficient correlation* yang paling besar. Pengujian ini dapat dilakukan secara manual menggunakan metode *median rank* atau menggunakan bantuan *software* Minitab 16.
3. Menhitung *goodness of fit*. Pengujian ini guna mengetahui dugaan awal pola distribusi kerusakan apakah telah sesuai dengan pola distribusi. *Goodness of fit* dapat dihitung secara manual sesuai dengan uji distribusi masing-masing atau menggunakan bantuan *software*.
4. Menghitung parameter distribusi, parameter distribusi ini akan digunakan dalam perhitungan nilai MTTF dan Keandalan nantinya.

Pada Tabel 3 merupakan hasil dari perhitungan mengenai distribusi yang terpilih untuk setiap komponen yang pernah mengalami kerusakan pada mesin *automatic sealer*.

Tabel 3. Rekapitulasi Distribusi Terpilih

No	Komponen	Distribusi Terpilih	r	Parameter
1	Silinder Cutter	Normal	0,919	$\mu = 131.544$; $\sigma = 36.945$
2	Silinder Heater	Lognorm	0,991	$\sigma^2 = 0,318$; $\mu = 5,27$; $t_{med} = 194,3$
3	Silinder Feeding	Lognorm	0,946	$\sigma^2 = 0,4$; $\mu = 5,3$; $t_{med} = 200,22$
4	Cutter	Weibull	0,990	$\theta = 349,76$; $\beta = 1,97$
5	Heater Catridge	Lognorm	0,982	$\sigma^2 = 0,21$; $\mu = 5,9$; $t_{med} = 364,81$

Tabel 3. Rekapitulasi Distribusi Terpilih (lanjutan)

No	Komponen	Distribusi Terpilih	r	Parameter
6	Thermo Couple	Lognorm	0,950	$\sigma^2 = 0,33$; $\mu = 5,33$; $t_{med} = 206,32$
7	Disc Heater	Weibull	0,979	$\theta = 783,133$; $\beta = 1,75$
8	Spring	Lognorm	0,996	$\sigma^2 = 0,0096$; $\mu = 6,2$; $t_{med} = 492,43$

Sedangkan tabel 4 merupakan hasil dari perhitungan nilai MTTF setiap komponen yang pernah mengalami kerusakan.

Tabel 4. Rekapitulasi MTTF

No	Komponen	Distribusi Terpilih	MTTF (Jam)
1	Silinder Cutter	Normal	131,54
2	Silinder Heater	Lognormal	227,7
3	Silinder Feeding	Lognormal	244,5
4	Cutter	Weibull	307,78
5	Heater Control	Lognormal	405,19
6	Thermo Couple	Lognormal	243,33
7	Disc Heater	Weibull	696,98
8	Spring	Lognormal	494,8

Nilai MTTF ini yang digunakan sebagai basis penjadwalan perawatan pada Mesin *Automatic Sealer* di CV Bromo Semeru Agro Industri.

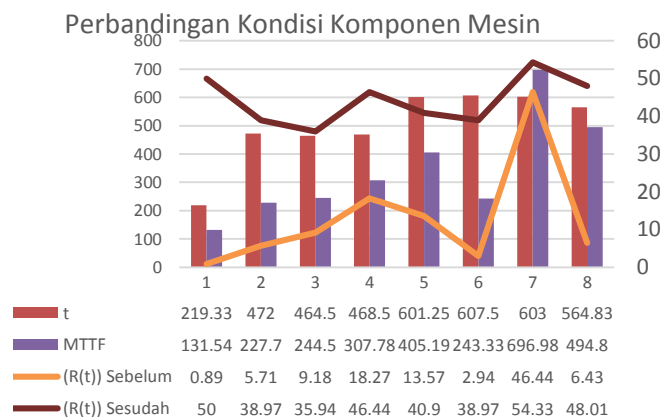
4.4 Perhitungan Nilai Keandalan

Dalam menentukan keandalan mesin saat ini terlebih dahulu kita harus mengetahui hubungan tiap komponen yang berada pada mesin *automatic sealer* yang telah dibagi menjadi *block* tertentu. Pada mesin *automatic sealer* ini terdapat empat *block* seperti pada Gambar 4. Sehingga kita dapat mengetahui keandalan mesin dari keandalan tiap *block* yang ada pada tiap mesin yang dapat di gambarkan pada *Reliability Block Diagram* (RBD).

Apabila perusahaan ingin meningkatkan keandalan terhadap komponen atau mesin secara keseluruhan, maka perusahaan dapat menerapkan jadwal pergantian komponen berdasarkan tingkat keandalan yang diinginkan oleh perusahaan. Atau menerapkan jadwal pergantian komponen berdasarkan nilai MTTF dari setiap komponen. Dengan menerapkan hal tersebut, perusahaan dapat mengurangi frekuensi

kerusakan secara tiba-tiba, yang tentunya hal ini juga berdampak pada kelancaran proses produksi yang ada pada CV Bromo Semeru Agro Industri.

Dapat kita ketahui bahwa nilai keandalan komponen kritis saat ini masih dibawah 10%. Hal tersebut tentunya diakrenakan komponen sering mengalami kerusakan. Dan dapat kita ketahui apabila diterapkan penjadwalan perawatan nilai keandalan terhadap ketiga komponen kritis tersebut meningkat, hal ini dapat dilihat melalui perbandingan hasil sebelum dan sesudah dilakukan penjadwalan seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Perbandingan Kondisi Komponen Mesin

Pada intinya, waktu penjadwalan berdasar nilai MTTF guna meningkatkan keandalan dari masing-masing komponen mesin. Nilai keandalan juga bergantung pada probabilitas kerusakan, semakin besar probabilitas kerusakan semakin kecil nilai keandalannya, dan sebaliknya. Perhitungan nilai keandalan tidak hanya berdasarkan komponen saja, namun keandalan keseluruhan juga di perhitungkan guna mengetahui berapa nilai keandalan mesin *automatic sealer* saat ini, dan dapat di bandingkan dengan nilai keandalan saat dilakukan *preventive maintenance*. Berdasarkan perhitungan keandalan, akan terjadi peningkatan keandalan mesin sebesar 4,1382% dari keandalan sebelum dilakukan penjadwalan perawatan.

Tabel 5. Rekapitulasi Keandalan Sebelum dan Sesudah Penjadwalan Perawatan

No	Komponen	Waktu Perawatan (Jam)		Keandalan (%)		Besarpeningkatan Keandalan (%)
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
1	Silinder Cutter	219,33	131,54	0,89	50	49,11
2	Silinder Heater	472	227,7	5,71	38,97	33,26
3	Silinder Feeding	464,5	244,5	9,18	35,94	26,76
4	Cutter	468,5	307,78	18,27	46,44	28,17
5	Heater Catridge	601,25	405,19	13,57	40,9	37,33
6	Thermo Couple	607,5	243,33	2,94	38,97	36,03
7	Disc Heater	603	696,98	46,44	54,33	7,89
8	Spring	564,83	494,8	6,43	48,01	41,58

4.5 Penentuan Jumlah Persediaan Optimal Komponen Kritis Mesin

Perhitungan persediaan optimal ini hanya dilakukan pada komponen kritis kelas A, yaitu komponen silinder *cutter*, silinder *heater*, dan silinder *feeding*. Dimana dalam perhitungan ini akan menentukan pemesanan optimal (Q^*) dan titik pemesanan kembali (ROP). Adapun perhitungan persediaan optimal komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penentuan persediaan optimal silinder *cutter*

Berikut ini langkah-langkah dalam melakukan perhitungan persediaan optimal komponen:

- a. Penentuan permintaan tiap tahun dengan cara sebagai berikut:

$$MTTF = 131,54 \text{ jam} = \frac{1 \text{ hari}}{6 \text{ jam}} \times$$

$$131,54 \text{ jam} = 21,92 \text{ hari} \approx 22 \text{ hari}$$

Permintaan tiap tahun (D)

$$= \frac{360}{MTTF} \times \text{kebutuhan komponen}$$

$$= \frac{360}{22} \times 2 = 32,7 \approx 33 \text{ buah}$$

- b. Penetapan biaya pemesanan (C) = Rp 25.000, biaya ini merupakan ongkos terhadap pemesanan komponen.
- c. Penentuan biaya simpan (H), merupakan biaya yang dikeluarkan untuk investasi dalam menyimpan persediaan. Dimana biaya ini merupakan biaya resiko yang dikeluarkan oleh perusahaan, dimana ditetapkan sebesar 5% dari harga komponen.

$$H = 5\% \times \text{Rp } 300.000 = \text{Rp } 15.000$$

- d. *Lead time* = 7 hari, merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman komponen.

- e. Perhitungan nilai Q^* dan ROP

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C \times D}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 25.000 \times 33}{15.000}} = 10,48 \approx 11$$

$$ROP = \frac{D}{360} \times L + SS = \frac{33}{360} \times 7 + 2 = 2,64 \approx 3$$

Banyaknya komponen Silinder *Cutter* yang harus di pesan tiap melakukan pemesanan sebanyak 11 unit, tentunya hal ini akan menghemat biaya pemesanan. Dan akan melakukan pemesanan kembali apabila komponen tersisa 3 unit.

Untuk komonen Silinder *Heater* dan Silinder *Feeding* memiliki langkah-langkah perhitungan yang sama seperti perhitungan Silinder *Cutter*. Sehingga didapatkan nilai Q^* dan ROP seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Q^* dan ROP

No	Komponen	Q^*	ROP
1	Silinder Cutter	11	3
2	Silinder Heater	11	5
3	Silinder Feeding	14	3

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan FBD (*Functional Block Diagram*) 13 komponen masuk kedalam 4 *block* yang akan dihitung keandalannya, diantaranya Silinder *Heater*, Silinder *Cutter*, Silinder *Feeding*, Silinder *Filling*, *Cylinder Pneumatic Feeding*, *Cutter*, *Spring*, *Thermo Control*, *Thermo Couple*, *Heater Catridge*, *Disc Heater*, *Relay*, dan *Fan Belt*. Sedangkan yang masuk ke dalam komponen kritis berdasarkan klasifikasi ABC hanya ada 3 komponen, yaitu diantaranya Silinder *Heater*, Silinder *Cutter*, dan Silinder *Feeding*.
2. Interval perawatan atau pergantian komponen berdasar nilai MTTF untuk masing-masing komponen yaitu Silinder *Heater* 131,54 jam atau 22 hari, Silinder *Cutter* 227,7 jam atau 38 hari, Silinder

- Feeding* 244,5 jam atau 41 hari, *Cutter* 307,78 jam atau 52 hari, *Spring* 494,8 jam atau 83 hari, *Thermo Couple* 243,33 atau 41 hari, *Heater Catridge* 405,19 atau 68 hari, dan *Disc Heater* 696,98 atau 116 hari.
3. Nilai keandalan saat ini yang dimiliki oleh komponen kritis adalah Silinder *Heater* 5,71%, Silinder *Cutter* 0,89%, Silinder *Feeding* 9,18%. Sedangkan nilai keandalan mesin saat ini sebesar 0,0118% dan meningkat menjadi 4,1382% apabila dilakukan penjadwalan pergantian komponen.
4. Jumlah persediaan komponen kritis untuk Silinder *Cutter* sebanyak 11 unit dan akan melakukan pemesanan kembali apabila persediaan tinggal 3 unit. Sedangkan persediaan untuk Silinder *Heater* sebanyak 11 unit dan akan melakukan pemesanan kembali apabila persediaan tinggal 5 unit. Dan persediaan untuk Silinder *Feeding* sebanyak 14 unit dan akan melakukan pemesanan kembali apabila persediaan tinggal 3 unit.
- Perawatan*. ITB: Bandung.
- [3] Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc-Graw-Hill Companies, Inc
- [4] Handoko, Hani. 2011. *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi Edisi I*. Yogyakarta: BPFE-YOGYAKARTA.
- [5] Sudradjat, Ating. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung : PT. Refika Aditama
- [6] Lewis, E. E. 1996. *Intoduction to Reliability Engineering 2nd Edition*. New York: John Willey and Sons, Inc
- [7] Dhillon, B. S. 2002. *Engineering Maintenance A Modern Approach*. London : CRC Press.
- [8] Assauri, Sofjan. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- [9] Moubray, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance II*, London : Butterworth – HeinemannLtd.
- [10] Winston, W.L. 1994. *Operation Research: Applications and Algorithms*, 3rd Edition. Wadsworth, Inc., USA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. *Pengendaian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [2] Mustafa, A. 1998. *Manajemen*