

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai pembahasan dari rumusan masalah dan tujuan penelitian seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Setelah data yang dibutuhkan diperoleh, maka selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan analisis keandalan dan persediaan *spare part* mesin *automatic sealer*.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Berikut ini merupakan gambaran umum dari CV Bromo Semeru Agro Industri mengenai sejarah berdirinya perusahaan, tujuan perusahaan, struktur organisasi, dan proses produksi pembuatan sari apel.

4.1.1 Sejarah Perusahaan

CV Bromo Semeru Agro Industri merupakan sebuah usaha kecil mandiri yang memproduksi minuman sari apel dalam kemasan. Usaha ini didirikan pada tanggal 14 Januari 2004, dimana pada saat itu usaha ini belum memiliki aset sama sekali hingga dua bulan pertama masih melakukan pelatihan pembuatan jenang dan sari apel dalam kemasan di dapur warga di Jalan Bromo dengan jumlah tenaga kerja sebanyak dua orang.

CV Bromo Semeru Agro Industri memulai kegiatan usahanya pada tahun 2005. CV Bromo Semeru Agro Industri resmi menjadi Mitra Binaan Telkom yang memperoleh bantuan pinjaman kredit dari PT Telkom. Dengan bantuan kredit berbunga rendah yang diberikan Telkom. CV Bromo Semeru Agro Industri mampu berkembang cukup pesat. Berawal dari penjualan rata-rata 10 hingga 20 dos perhari kini mampu mencapai ± 400 dos dan memiliki jumlah tenaga kerja sebanyak 25 orang. Selain itu terlihat dari peningkatan omzet dan aset-aset yang dimiliki CV Bromo Semeru Agro Industri dari tahun ke tahun. Rumah produksi dan gudang CV Bromo Semeru Agro Industri berada di Jalan Bromo RW 10, kelurahan Sisir, Kecamatan Batu, kota Batu, Jawa Timur. Perusahaan ini menjual hasil produksinya melalui retail-retail, took oleh-oleh, dan melalui media *online*.

Usaha ini bergerak dengan sistem *Make to Stock* dengan memproduksi produknya untuk disimpan terlebih dahulu, dan kebutuhan untuk konsumen akan diambil dari persediaan di gudang. Diantara berbagai macam jenis produk sari apel dalam kemasan, sari

apel kemasan 120 ml adalah produk yang paling sering di produksi karena produk tersebut paling laku di pasaran.

4.1.2 Tujuan Perukaan

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh CV Bromo Semeru Agro Industri adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan volume penjualan

Usaha perusahaan untuk meningkatkan volume penjualan dipandang perlu oleh pihak perusahaan dengan maksud untuk meningkatkan keuntungan dan menunjukkan kemampuan serta keberhasilan perusahaan dalam menalakan usahanya.

2. Mengoptimalkan laba

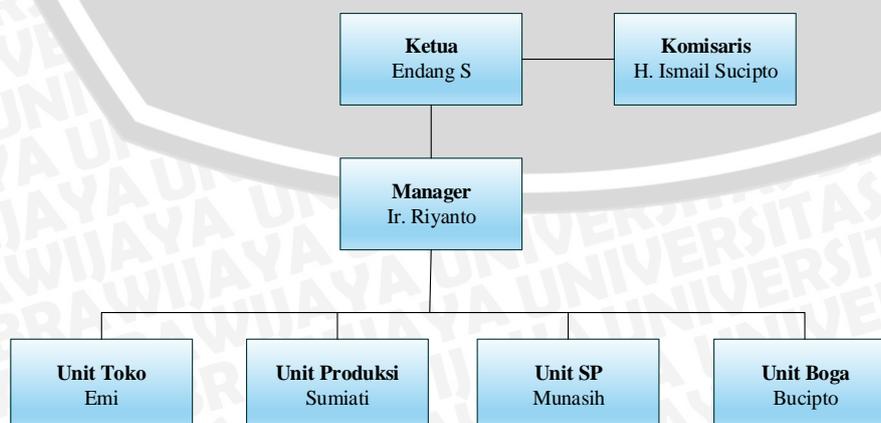
Dalam jangka panjang perusahaan harus berusaha mencapai laba yang optimal, dengan sejalan selalu menjaga keseimbangan antara penerimaan dengan pengeluaran, serta mengurangi pengeluaran yang dianggap tidak perlu. Atau dengan kata lain, perusahaan berusaha beroperasi secara efektif dan efisien di setiap bagian guna laba yang optimal.

3. Mengadakan ekspansi

Ekspansi usaha atau perluasan usaha dirasa perlu dilakukan apabila perusahaan telah mencapai tujuan jangka pendeknya dan telah mencapai keuntungan yang ditergetkan.

4.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan gambaran sistematis tentang hubungan antar fungsi yang berada dalam suatu organisasi, dan menunjukkan tugas dan wewenang yang dimiliki setiap fungsi. Pada Gambar 4.1 merupakan struktur organisasi pada CV Bromo Semeru Agro Industri.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi CV Bromo Semeru Agro Industri
Sumber: CV Bromo Semeru Agro Industri

Struktur organisasi yang baik akan dapat mengatur fungsi yang berada dalam suatu organisasi, dan mewujudkan tugas dan wewenang yang dimiliki oleh setiap fungsi. Pembagian kerja pada setiap bagian di CV Bromo Semeru Agro Industri memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1. Ketua
 - a. Bertanggung jawab atas seluruh aktivitas perusahaan dan koperasi
 - b. Bertanggung jawab atas kemajuan perusahaan dan koperasi
 - c. Menentukan garis arah perusahaan jangka pendek
 - d. Merencanakan pengembangan perusahaan jangka pendek dan jangka panjang
 - e. Merencanakan aktivitas perusahaan dan koperasi
2. Komisaris
 - a. Bersama dengan Ketua bertanggung jawab terhadap segala aktivitas perusahaan dan koperasi
 - b. Bersama dengan Ketua menentukan garis kerja perusahaan dan koperasi jangka pendek dan jangka panjang
 - c. Mengkoordinasi aktivitas kegiatan perusahaan
 - d. Melakukan peninjauan atas informasi keuangan yang akan dikeluarkan oleh perusahaan dan koperasi seperti laporan keuangan dan informasi keuangan lainnya
 - e. Melakukan ketaatan terhadap Undang-Undang di bidang pasar modal dan kegiatan perusahaan
3. Manager
 - a. Mempertanggung jawabkan seluruh urusan administrasi dan keuangan kepada pimpinan
 - b. Memberikan informasi tentang keadaan keuangan, anggaran belanja, dan pendapatan perusahaan
 - c. Membuat jadwal pelaksanaan produksi dan mengadakan persiapan pelaksanaan yang berkaitan dengan bidang produksi
4. Kepala Unit Toko
 - a. Mempertanggung jawabkan seluruh urusan administrasi dan keuangan toko kepada pimpinan
 - b. Mengawasi dan bertanggung jawab atas seluruh aktivitas toko
5. Kepala Unit Produksi
 - a. Menyelenggarakan, mengawasi, dan mengatur kelancaran aktivitas produksi

- b. Membuat jadwal pelaksanaan produksi dan mengadakan persiapan pelaksanaan yang berkaitan dengan bidang produksi bersama manager
6. Kepala Unit Simpan Pinjam
 - a. Mengatur penyusunan rencana kerja dan anggaran masing-masing unit dalam rangka penyusunan rencana kerja tersebut kepada pengurus
 - b. Mengesahkan penerimaan dan pengeluaran kas sesuai dengan keputusan yang dibuat
 - c. Meminta data, informasi, dan laporan yang berkenaan dengan seluruh kegiatan koperasi
7. Kepala Unit Boga
 - a. Menyelenggarakan, mengawasi, dan mengatur kelancaran aktivitas produksi

4.1.4 Proses Produksi

Berikut ini merupakan alur proses produksi yang ada di CV Bromo Semeru Agro Industri.

1. Tahap persiapan

a. Proses penyortiran apel

Proses penyortiran apel yang akan dijadikan bahan utama untuk pembuatan sari apel dalam kemasan merupakan proses yang harus dilakukan secara manual oleh pekerja Brosem. Penyortiran harus dilakukan dengan sangat teliti dengan memeriksa satu persatu apel yang akan digunakan. Apel yang digunakan dalam proses produksi sari apel Brosem adalah apel varietas manalagi dan *rome beauty* yang tidak busuk dan benar-benar matang. Apel yang busuk dan setengah busuk akan disisihkan karena dapat mempengaruhi kualitas sari apel yang akan dihasilkan.

b. Pencucian apel

Apel-apel yang telah lolos proses penyortiran akan dicuci dengan air yang mengalir untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada kulit buah. Pada bagian yang tidak dapat dimakan akan dibuang.

c. Pembelaan apel

Sebelum dilakukan perebusan, apel yang akan digunakan untuk pembuatan sari apel akan dipotong terlebih dahulu menjadi bagian-bagian kecil menggunakan pisau.

2. Tahap inti pembuatan

a. Perebusan apel

Pada tahap ini, apel dari proses sebelumnya akan direbus dalam panci besar sebanyak kurang lebih 10kg apel. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan sari apel murni dan dilakukan selama sekitar 60 menit.

b. Penyaringan sari apel

Setelah proses perebusan akan dilakukan proses penyaringan sari apel menggunakan kain saring.

c. Pencampuran dengan bahan-bahan lainnya

Sari apel murni yang dihasilkan kemudian akan dicampurkan dengan bahan-bahan lainnya seperti menambahkan gula pasir 100 gram untuk setiap 1 liter nya. Selanjutnya akan ditambahkan bahan pengawet buatan untuk meminum yaitu natrium benzoat dengan batasan sebanyak 600 mg untuk setiap liter nya.

d. Pemasakan sari apel

Selanjutnya sari apel yang telah dicampurkan dengan gula pasir dan bahan lainnya dimasak dalam tabung suhu 90°C selama 45 menit.

3. Tahap pengemasan

a. Pengisian ke dalam *cup*

Sari apel yang masih panas harus segera diisikan ke dalam *cup* dan ditutup dengan penutup kemasan agar bakteri tidak terdapat bakteri yang hidup dalam minuman. Sari apel yang ada di tabung akan dialirkan melalui pipa ke dalam tangki mesin mesin. Saat menunggu tangki penuh, operator mesin 1 bertugas untuk meletakkan *cup* atau gelas pada mesin *sealing* dan membuka kran pada mesin agar sari apel pada tangki dapat diisikan ke dalam *cup*.

b. Proses *coding*

Proses selanjutnya adalah proses pencetakan tanggal produksi dan tanggal kadaluarsa pada plastik penutup *cup* dengan menggunakan mesin yang sama.

c. Proses *sealing* 1

Cup yang telah diisi dengan sari apel kemudian berjalan melalui *conveyor* mesin *sealer* untuk dilakukan perekatan penutup *cup* dengan *cup*.

d. Proses *adjusting*

Setelah *cup* sudah tertutup dengan plastik kemudian berjalan lagi melalui *conveyor* mesin *sealer* untuk dilakukan proses penyesuaian plastik penutup *cup*

yang kurang tepat melekat pada *cup* agar sesuai dengan gambar desain yang sudah dibuat.

e. Proses *sealing 2*

Cup yang berisi sari apel berjalan melalui *conveyor* pada mesin *sealer* menuju proses perekatan kedua plastik penutup *cup* dengan *cup* agar plastik lebih merekat dan tidak mudah bocor.

f. Proses *cutting*

Proses ini adalah proses pemotongan dan merapikan plastik dengan penutup *cup*. Selanjutnya *cup* jatuh ke dalam bak yang berisi air untuk menurunkan suhu dan dipindahkan ke meja untuk dilakukan proses selanjutnya.

g. Pengkardusan

Setelas sari apel dalam kemasan selesai dan keluar dari *conveyor*, maka akan dilakukan pembersihan dan pengkardusan. Sari apel yang di produksi akan dilakukan proses pendinginan dalam gudang sebelum dilakukan inspeksi dan *packaging*.

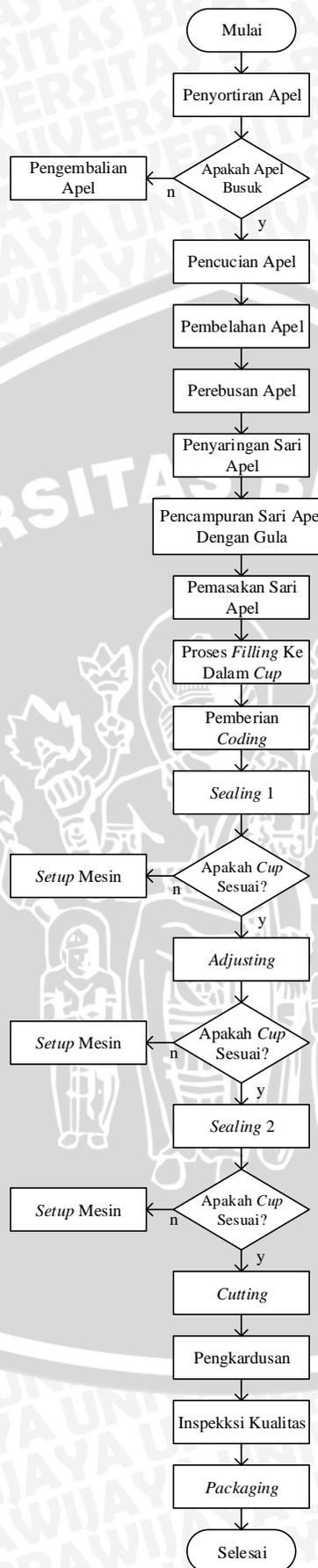
h. Inspeksi kualitas

Selanjutnya dilakukan proses pengecekan akan kondisi akhir dari sari apel dalam kemasan. Proses ini dilakukan secara manual oleh pegawai dengan memeriksa sari apel satu persatu.

i. *Packaging*

Setelah sari apel dalam kemasan siap kemudian dilakukan proses *packing*, yaitu penutupan kardus menggunakan isolasi secara manual dengan varian isi sebanyak 18, 32 dan 40 *cup*.

Pada Gambar 4.2 dapat diketahui diagram alir dalam proses pembuatan sari apel dalam kemasan yang ada di CV Bromo Semeru Agro Industri.



Gambar 4.2 Proses Produksi Pembuatan Sari Apel
 Sumber: CV Bromo Semeru Agro Industri

4.1.5 Produk Perusahaan

Sari apel dalam kemasan adalah produk unggulan dari CV Bromo Semeru Agro Industri. Usaha ini memproduksi beberapa ukuran sari apel dalam kemasan, antara lain kemasan 120 ml terdapat pada Gambar 4.4, kemasan 240 ml terdapat pada gambar 4.3, dan kemasan 330 ml yang jarang di produksi.



Gambar 4.3 Sari Apel 240 ml



Gambar 4.4 Sari Apel 120 ml

Bahan baku utama dari sari apel dalam kemasan yaitu apel varietas manalagi dan *rome beauty*. Apel-apel yang didatangkan dari petani sekitar akan dilakukan pengecekan terlebih dahulu, apakah apel telah memenuhi kualitas yang ditetapkan perusahaan. Proses ini dilakukan agar mendapatkan apel yang berkualitas baik.

Selain bahan baku utama, maka diperlukan bahan baku penunjang dalam proses pembuatan sari apel dalam kemasan di CV Bromo Semeru Agro Industri. Bahan baku penunjang diantaranya gula pasir, air, natrium benzoat yang nantinya dicampur dengan sari apel, dan penunjang kemasan seperti *cup*, *lid*, dan kardus.

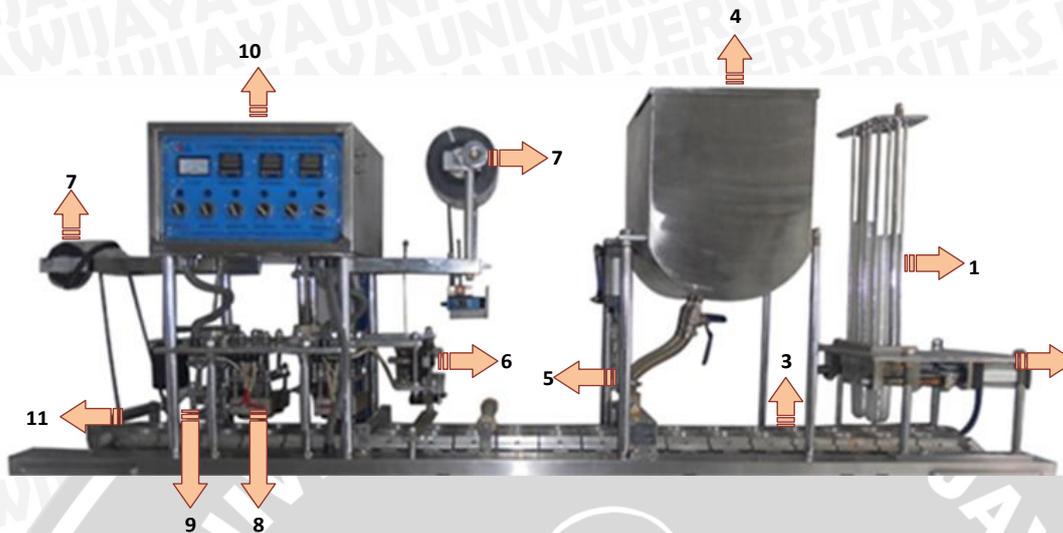
4.2 Pengumpulan Data

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan mengenai data-data yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian ini. Diantaranya mengenai data mesin *automatic sealer* mengenai bagian-bagian yang ada pada mesin dan fungsinya dan data *downtime* komponen mesin.

4.2.1 Mesin *Automatic Sealer*

Mesin *automatic sealer* merupakan mesin yang memiliki fungsi sebagai pengisi sari apel ke dalam kemasan (*cup*) yang kemudian akan ditutup menggunakan *lid*. Dalam penelitian ini digunakan mesin *automatic sealer line-2 semi pneumatic system* model CD-A yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Mesin yang memiliki sistem *semi pneumatic* maka

mesin tersebut selain dialiri oleh energi listrik mesin tersebut memiliki tekanan angin yang berasal dari kompresor. Mesin *automatic sealer line-2* memiliki kapasitas 2000-2300 *cup*/jam.



Gambar 4.5 Mesin *Automatic Sealer 2-line Model CD-A*

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai fungsi dari bagian dan komponen pada mesin *automatic sealer*:

1. *Feeding*

Pada Gambar 4.6 adalah *Feeding*, bagian ini berfungsi sebagai peletak *cup* (gelas) pada *conveyor* mesin. *Feeding* menggunakan tenaga *pneumatic* yang berasal dari kompresor yang menggerakkan silinder *pneumatic* sehingga bergerak maju mundur memisahkan *cup*.



Gambar 4.6 *Feeding*

2. Silinder *Pneumatic*

Fungsi dari silinder *pneumatic* adalah meniupkan angin yang berasal dari kompresor, yang di konversikan sehingga menjadi gerakan naik turun atau maju mundur suatu komponen mesin. Gambar dari silider *pneumatic* dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pada

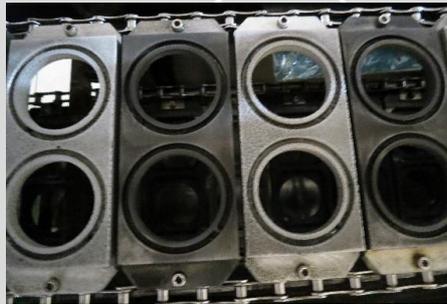
mesin ini terdapat tiga silinder *pneumatic*, yaitu silinder *pneumatic feeding*, silinder *pneumatic filler*, silinder *pneumatic adjusting plat*.



Gambar 4.7 Silinder *Pneumatic*

3. *Molding/ Pocket Cup*

Bagian ini berfungsi sebagai letak jatuhnya *cup* dari *feeding* yang dapat dilihat pada Gambar 4.8, *pocket cup* digerakkan oleh rantai pada sisi kanan dan sisi kiri. *Pocket cup* akan berjalan secara kontinyu seperti *conveyor*.



Gambar 4.8 *Pocket Cup*

4. Tangki

Pada mesin ini terdapat tangki yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara sari apel sebelum diisi ke dalam *cup*. Sari apel yang telah diproses atau di masak di ruang pemasakan, akan dialirkan melalui pipa atau selang yang menuju tangki pada mesin *automatic sealer*. Pada Gambar 4.9 merupakan tangki yang digunakan sebagai tempat penampungan sari apel pada mesin *automatic sealer*.



Gambar 4.9 Tangki Penampungan Sari Apel

5. *Filler*

Filler ini berfungsi untuk mengisi sari apel pada *cup* dengan volume yang sudah diatur. Pada bagian ini menggunakan sistem buka tutup menggunakan *actuator* yang dikendalikan oleh tenaga *pneumatic*. *Filler* pada mesin dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Gambar 4.10 *Filler*6. *Coding*

Coding berfungsi sebagai penyetak tanggal kadaluarsa pada *lid cup*, dapat dilihat pada Gambar 4.11.

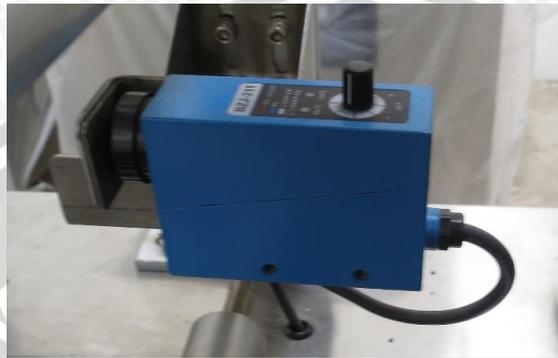
Gambar 4.11 *Coding*7. *Roll Lid Cup*

Pada bagian ini terdapat *roller* yang berfungsi memutar *lid* dengan bantuan *belt* seperti Gambar 4.12. *Lid* akan berjalan bersamaan dengan *pocket cup*. Pada mesin *automatic sealer* terdapat 2 *roller* yaitu *roller* untuk *lid* baru dan *roller* untuk *lid* yang telah digunakan.

Gambar 4.12 *Roll Lid Cup* Kondisi *Lid* Baru

8. *Adjusting*

Pada bagian ini berfungsi untuk menyesuaikan *lid cup* yang kurang tepat melekat pada gelas agar lebih tepat sesuai dengan *design* gambar yang sudah tercetak pada *lid cup*. Bagian ini memiliki sensor guna membaca *eyemark* pada *lid cup* seperti pada Gambar 4.13, agar *lid cup* menempel pada gelas dengan tepat. Namun pada bagian ini dimatikan sehingga tidak berfungsi.



Gambar 4.13 Sensor untuk Membaca *Eyemark*

9. *Seal and Cutter*

Pada proses *sealing* digunakan tenaga *pneumatic* yang akan menggerakkan atau membuat *disc heater* berputar. Pada mesin *automatic sealer line-2* model CD-A terdapat dua buah *disc heater*, maka akan terjadi proses *sealing* 1 dan *sealing* 2. Dimana proses *sealing* berfungsi melekatkan *lid cup* pada gelas. Dan terdapat *cutter* yang berfungsi memotong *lid cup*, bagian ini juga digerakkan oleh tenaga *pneumatic* yang akan menggerakkan silinder *cutter*. Proses *cutting* dapat dilihat seperti Gambar 4.14. Bagian ini memiliki *heater* yang berfungsi untuk memanaskan *disc* yang diatur oleh *thermo couple* sebagai sensor yang mendeteksi berapa suhu yang ada pada blok pemanas.



Gambar 4.14 Proses *Cutting* pada *Lid*

10. Panel

Pada Gambar 4.15 adalah bagian yang terdapat beberapa tombol yang digunakan untuk jalannya mesin. Selain itu terdapat beberapa bagian seperti *temperature control* untuk pengatur suhu dan *volt control*. *Volt control* disini memiliki fungsi seperti *voltmeter*, pada mesin ini berfungsi sebagai pengatur voltase pada mesin saat berjalan.



Gambar 4.15 Panel pada Mesin *Automatic Sealer Line-2*

11. *Dropping*

Fungsi dari bagian ini yaitu menjatuhkan gelas yang sudah terisi produk dari *pocket cup* menuju ke pengemasan selanjutnya. Bagian ini juga menggunakan tenaga *pneumatic* sehingga gelas dapat terdorong jatuh.



Gambar 4.16 Proses *Dropping* Sari Apel

4.2.2 Data Downtime Komponen Mesin *Automatic Sealer*

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui tentang data *downtime* pada mesin *automatic sealer* di CV Bromo Semeru Agro Industri pada bulan Januari hingga Desember 2015.

Tabel 4.1 Data *Downtime* Mesin *Automatic Sealer*

Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	Komponen
Januari	8 Januari 2015	11:00	11:20	Cutter
	10 Januari 2015	12:00	14:00	Silinder Heater
	14 Januari 2015	9:30	11:10	Silinder Cutter
	19 Januari 2015	10:30	12:10	Silinder Feeding
	24 Januari 2015	12:00	14:00	Silinder Filler

	27 Januari 2015	9:00	10:30	Disc Heater
	30 Januari 2015	11:00	11:30	Heater Cartridge
Februari	3 Februari 2015	8:15	9:55	Silinder Cutter
	4 Februari 2015	12:00	12:45	Thermo Couple
	9 Februari 2015	11:00	13:15	Cyl Pneumatic Feeding

Tabel 4.1 Data Downtime Mesin Automatic Sealer (lanjutan)

Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	Komponen
	12 Februari 2015	9:30	10:30	Silinder Adjusting
	16 Februari 2015	10:00	10:20	Spring
	23 Februari 2015	12:30	14:30	Silinder Heater
	23 Februari 2015	12:30	14:00	Silinder Cutter
	26 Februari 2015	9:00	10:15	Silinder Feeding
Maret	3 Maret 2015	10:00	10:40	Thermo Control
	7 Maret 2015	11:00	11:45	Thermo Couple
	10 Maret 2015	8:15	9:45	Disc Heater
	16 Maret 2015	9:30	10:45	Silinder Feeding
	17 Maret 2015	12:00	13:40	Silinder Cutter
	23 Maret 2015	8:00	9:00	Fan Belt
	23 Maret 2015	8:00	8:30	Lampu UV
	27 Maret 2015	10:30	10:45	Cutter
	30 Maret 2015	9:30	11:10	Silinder Feeding
April	10 April 2015	10:00	10:45	Heater Cartridge
	10 April 2015	11:00	12:40	Silinder Cutter
	17 April 2015	8:10	9:40	Silinder Feeding
	22 April 2015	10:00	12:00	Silinder Heater
	29 April 2015	13:00	14:00	Cutter
Mei	2 Mei 2015	8:30	10:30	Silinder Filler
	5 Mei 2015	10:00	11:30	Silinder Cutter
	6 Mei 2015	9:45	11:00	Silinder Feeding
	11 Mei 2015	12:10	14:10	Silinder Heater
	13 Mei 2015	8:00	9:30	Relay
	18 Mei 2015	10:00	10:45	Heater Cartridge
	19 Mei 2015	9:00	9:20	Cutter

	19 Mei 2015	11:15	13:30	Photo Sensor
	21 Mei 2015	11:00	11:20	<i>Spring</i>
	24 Mei 2015	14:00	15:40	Silinder Cutter
Juni	5 Juni 2015	9:10	10:25	Silinder Feeding
	10 Juni 2015	10:30	12:00	Disc Heater
	16 Juni 2015	12:00	12:45	Thermo Couple
	19 Juni 2015	9:00	9:40	Thermo Control
	29 Juni 2015	13:00	14:40	Silinder Cutter
Juli	4 Juli 2015	11:30	12:00	Indicator Lamp
	7 Juli 2015	14:00	15:00	Silinder Adjusting
	27 Juli 2015	10:15	10:35	Cutter
	28 Juli 2015	12:00	13:40	Silinder Cutter
	28 Juli 2015	12:00	14:00	Silinder Heater
Agustus	3 Agustus 2015	9:00	9:20	<i>Spring</i>
	11 Agustus 2015	8:30	9:20	Thermo Couple
	15 Agustus 2015	13:00	14:30	Silinder Cutter
	21 Agustus 2015	11:30	12:45	Silinder Feeding
	24 Agustus 2015	10:00	12:00	Silinder Heater
	26 Agustus 2015	9:20	9:50	Heater Catridge
September	1 September 2015	13:00	13:20	Cutter
	7 September 2015	11:00	12:40	Silinder Cutter
	8 September 2015	10:30	12:30	Silinder Heater
	14 September 2015	9:45	10:45	Silinder Adjusting
	18 September 2015	8:00	9:30	Disc Heater
	29 September 2015	11:00	12:30	Silinder Cutter
Oktober	5 Oktober 2015	8:45	9:30	Thermo Couple
	8 Oktober 2015	12:00	12:45	Heater Catridge
	12 Oktober 2015	11:00	13:00	Silinder Heater
	17 Oktober 2015	10:00	11:40	Silinder Cutter

Tabel 4.1 Data Downtime Mesin Automatic Sealer (lanjutan)

Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	Komponen
	21 Oktober 2015	10:00	12:00	Silinder Filler
	24 Oktober 2015	9:30	9:50	<i>Spring</i>

	24 Oktober 2015	9:30	11:30	Silinder Heater
	27 Oktober 2015	10:00	10:20	Cutter
November	2 November 2015	8:00	9:15	Silinder Feeding
	7 November 2015	10:00	11:40	Silinder Cutter
	11 November 2015	12:00	13:30	Silinder Heater
	16 November 2015	9:45	11:00	Silinder Adjusting
	17 November 2015	11:00	12:30	Disc Heater
	24 November 2015	10:00	10:45	Thermo Couple
	Desember	1 Desember 2015	11:00	12:30
10 Desember 2015		12:30	13:15	Heater Catridge
14 Desember 2015		9:00	11:00	Silinder Heater
19 Desember 2015		10:00	10:25	Cutter
21 Desember 2015		9:20	11:40	Cyl Pneumatic Feeding
28 Desember 2015		8:00	8:15	Indicator Lamp

4.2.3 Data Kebutuhan Komponen Mesin *Automatic Sealer*

Berikut ini merupakan data mengenai komponen atau *spare part* yang mengalami kerusakan atau pergantian pada bulan Januari hingga Desember tahun 2015 pada mesin *automatic sealer* di CV Bromo Semeru Agro Industri.

Tabel 4.2 Data Kebutuhan Komponen Mesin *Automatic Sealer*

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Lead Time (hari)
1	Silinder Heater	11	7
2	Silinder Cutter	16	7
3	Silinder Feeding	9	7
4	Silinder Filling	3	7
5	Cylinder Pneumatic Feeding	2	15
6	Cutter	8	1
7	Spring	4	1
8	Thermo Control	2	7
9	Thermo Couple	6	7
10	Heater Catridge	6	7
11	Disc Heater	5	7
12	Relay	1	1

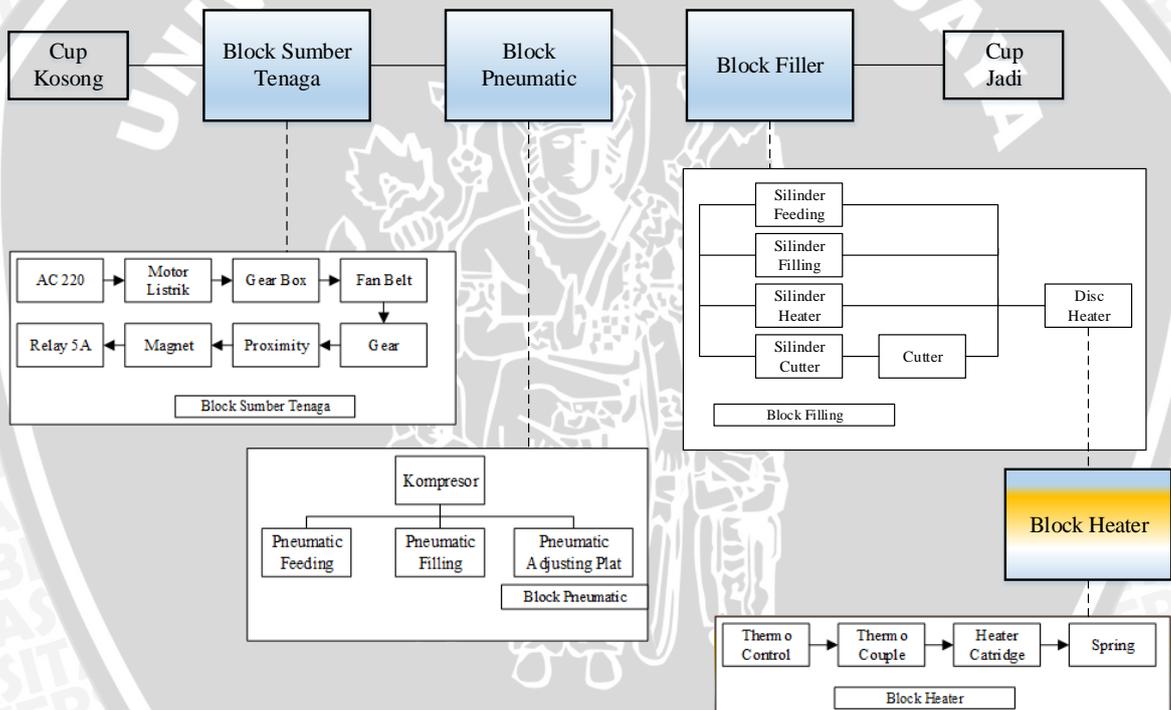
13	Fan Belt	1	7
----	----------	---	---

4.3 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, kemudian dilakukan pengolahan data. Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data untuk mencari komponen kritis dengan metode *Functional Block Diagram* yang kemudian dilakukan klasifikasi ABC. Kemudian akan melakukan perhitungan MTTF sebagai basis informasi penentuan interval perawatan dan analisis keandalan dari komponen yang ada pada mesin *automatic sealer*.

4.3.1 Functional Block Diagram

Gambar 4.17 dapat diketahui sistem kerja mesin *automatic sealer* yang ditampilkan melalui *functional block diagram*.



Gambar 4.17 *Functional Block Diagram*

Pada Gambar 4.17 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. Dimana tekanan angin yang dihasilkan oleh kompresor akan menggerakkan silinder *pneumatic*. 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*.

4.3.2 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*. Terdapat 13 komponen atau *spare part* yang akan dihitung guna mengetahui komponen kritis. Frekuensi kerusakan yang paling sering terjadi dianggap komponen tersebut masuk ke dalam komponen kritis. Klasifikasi ABC komponen kritis mesin *automatic sealer* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Klasifikasi ABC Komponen Kritis *Mesin Automatic Sealer*

Komponen	Frek	Kumulatif	% Frek	%	Kelas
	Kerusakan	FrekKerusakan	Kerusakan	Kumulatif	
Silinder Cutter	16	16	21.62	21.62	A
Silinder Heater	11	27	14.86	36.49	

Silinder Feeding	9	36	12.16	48.65	B
Cutter	8	44	10.81	59.46	
Heater Catridge	6	50	8.11	67.57	
Thermo Couple	6	56	8.11	75.68	
Disc Heater	5	61	6.76	82.43	C
Spring	4	65	5.41	87.84	
Silinder Filling	3	68	4.05	91.89	
Thermo Control	2	70	2.70	94.59	
Cyl Pneumatic Feeding	2	72	2.70	97.30	
Relay	1	73	1.35	98.65	
Fan Belt	1	74	1.35	100	

Berdasarkan Tabel 4.3 maka dapat diketahui komponen kritis dari mesin *automatic sealer* di CV Bromo Semeru Agro Industri. Komponen yang masuk dalam kelompok A yang akan dihitung jumlah persediaan optimal. Komponen kritis berdasarkan klasifikasi ABC yaitu, Silinder *Cutter*, Silinder *Heater*, dan Silinder *Feeding*.

4.3.3 Penentuan Pola Distribusi Kerusakan

Dalam menentukan pola distribusi kerusakan terdapat empat distribusi yang digunakan, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi *weibull* yang akan dihitung nilai *index of fit* berdasarkan *time to failure* dari tiap komponen. Kemudian dilakukan perhitungan *goodness of fit* untuk mengetahui apakah distribusi yang terpilih telah mengikuti pola distribusi, dan melakukan perhitungan parameter distribusi terpilih.

4.3.3.1 Distribusi Kerusakan Komponen Silinder *Cutter*

Berikut ini langkah-langkah penentuan distribusi kerusakan komponen silinder *cutter*:

1. *Index of Fit* Secara Manual

Berikut ini perhitungan *time to failure* dari komponen silinder *cutter* yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Pada tahap perhitungan dibawah ini hanya contoh perhitungan pada komponen kritis kelas A, untuk perhitungan komponen lainnya dapat di lihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.4 *Time to Failure* Komponen Silinder *Cutter*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	Januari	14-01-15	9:30	11:10	0

2	Februari	03-02-15	8:15	9:55	123.33
3		23-02-15	12:30	14:00	123
4	Maret	17-03-15	12:00	13:40	135.17
5	April	10-04-15	11:00	12:40	147.34
6		29-04-15	11:00	12:40	116.67
7	Mei	05-05-15	10:00	11:30	38.5
8		24-05-15	14:00	15:40	117.17
9	Juni	29-06-15	13:00	14:40	219.34
10	Juli	28-07-15	12:00	14:00	177.34
11	Agustus	15-08-15	13:00	14:30	111.17
12	September	07-09-15	11:00	12:40	141.17
13		29-09-15	11:00	12:30	135.17
14	Oktober	17-10-15	10:00	11:40	111.17
15	November	07-11-15	10:00	11:40	129.34
16	Desember	01-12-15	11:00	12:30	147.17

Contoh perhitungan TTF pada tanggal 14 Januari 2015 sampai 3 Februari 2015:

Time to repair pada tanggal 03-02-2015:

03-02-2015 pukul 8:15 – 9:55 = 100 menit

Time between failure:

14-01-2015 hingga 03-02-2015 = 20 x 6 jam x 60 menit = 7200 menit

Time to repair tanggal 14-01-2015

14-01-2015 pukul 9:30 - 11:10 = 100 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 7400 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 123,33 jam

a. Distribusi Normal

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi normal komponen silinder cutter pada Tabel 4.5. Perhitungan dibawah ini merupakan contoh perhitungan distribusi normal pada komponen kritis kelas A, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.5 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen Silinder Cutter

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	z_i	$x_i \cdot z_i$	x_i^2	z_i^2
1	38.50	38.50	0.045454545	-1.690627	-65.089123	1482.25	2.858218
2	111.17	111.17	0.11038961	-1.224474	-136.12068	12358.03	1.499336

3	111.17	111.17	0.175324675	-0.926659	-103.0136	12358.03	0.858697
4	116.67	116.67	0.24025974	-0.705476	-82.305537	13611.11	0.497696
5	117.17	117.17	0.305194805	-0.509519	-59.698591	13728.03	0.259609
6	123.17	123.17	0.37012987	-0.331512	-40.831172	15170.03	0.109900
7	123.33	123.33	0.435064935	-0.163495	-20.164432	15211.11	0.026731
8	129.33	129.33	0.5	0.000000	0	16727.11	0.000000
9	135.17	135.17	0.564935065	0.163495	22.099128	18270.03	0.026731
10	135.17	135.17	0.62987013	0.331512	44.80931	18270.03	0.109900
11	141.17	141.17	0.694805195	0.509519	71.927036	19928.03	0.259609
12	147.17	147.17	0.75974026	0.705476	103.82256	21658.03	0.497696
13	147.33	147.33	0.824675325	0.933341	137.51222	21707.11	0.871125
14	177.33	177.33	0.88961039	1.224474	217.14003	31447.11	1.499336
15	219.33	219.33	0.954545455	1.690627	370.81076	48107.11	2.858218
Total	1973.17	1973.17	7.50	0.01	-460.90	280033.14	12.23

Dari Tabel 4.5 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0.4545$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai $F(t_i)$ yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(15)(460.90) - (1973.17)(0.01)}{\sqrt{((15)(280033.14) - (1973.17)^2)(15(12.23) - (0.01)^2)}} = 0,9192$$

b. Distribusi Lognormal

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi lognormal komponen silinder *cutter* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Perhitungan dibawah ini merupakan contoh perhitungan distribusi lognormal pada komponen kritis kelas A, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.6 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Logormal Komponen Silinder *Cutter*

i	t_i	x_i	F(t_i)	z_i	$x_i \cdot z_i$	x_i^2	z_i^2
1	38.50	3.6506582	0.045454545	-1.69063	-6.1718999	13.32731	2.85822
2	111.17	4.7110306	0.11038961	-1.22447	-5.7685339	22.19381	1.49934
3	111.17	4.7110306	0.175324675	-0.92666	-4.3655194	22.19381	0.85870
4	116.67	4.7593209	0.24025974	-0.70548	-3.3575868	22.65114	0.49770
5	117.17	4.7635974	0.305194805	-0.50952	-2.4271413	22.69186	0.25961
6	123.17	4.8135385	0.37012987	-0.33151	-1.5957436	23.17015	0.10990
7	123.33	4.8148907	0.435064935	-0.16350	-0.7872125	23.18317	0.02673

8	129.33	4.8623931	0.5	0.00000	0	23.64287	0.00000
9	135.17	4.9065086	0.564935065	0.16350	0.8021916	24.07383	0.02673
10	135.17	4.9065086	0.62987013	0.33151	1.6265642	24.07383	0.10990
11	141.17	4.9499412	0.694805195	0.50952	2.5220869	24.50192	0.25961
12	147.17	4.9915657	0.75974026	0.70548	3.52143	24.91573	0.49770
13	147.33	4.9926976	0.824675325	0.93334	4.6598888	24.92703	0.87113
14	177.33	5.1780312	0.88961039	1.22447	6.3403639	26.81201	1.49934
15	219.33	5.3905926	0.954545455	1.69063	9.1134792	29.05849	2.85822
Total	1973.17	72.40	7.50	0.01	4.11	351.42	12.23

Dari Tabel 4.6 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0.4545$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai $F(t_i)$ yang dapat dilihat pada Lampiran .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(15)(4.11) - (72.40)(0.01)}{\sqrt{((15)(351.42) - (72.40)^2)((15)(12.23) - (0.01)^2)}} = 0.8366$$

c. Distribusi Weibull

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* komponen silinder *cutter*.

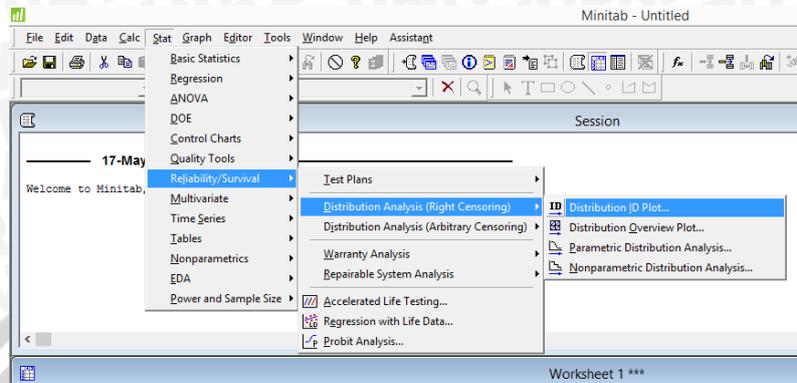
Perhitungan pada Tabel 4.7 merupakan contoh perhitungan distribusi *weibull* pada komponen kritis kelas A, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4.7 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Weibull Komponen Silinder Cutter

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	38.50	3.6507	0.045454545	-3.0679	-11.1998	13.3273	9.4118
2	111.17	4.7110	0.11038961	-2.1458	-10.1090	22.1938	4.6046
3	111.17	4.7110	0.175324675	-1.6463	-7.7557	22.1938	2.7102
4	116.67	4.7593	0.24025974	-1.2918	-6.1480	22.6511	1.6687
5	117.17	4.7636	0.305194805	-1.0103	-4.8125	22.6919	1.0206
6	123.17	4.8135	0.37012987	-0.7717	-3.7145	23.1702	0.5955
7	123.33	4.8149	0.435064935	-0.5603	-2.6977	23.1832	0.3139
8	129.33	4.8624	0.5	-0.3665	-1.7821	23.6429	0.1343
9	135.17	4.9065	0.564935065	-0.1836	-0.9009	24.0738	0.0337
10	135.17	4.9065	0.62987013	-0.0061	-0.0300	24.0738	0.0000

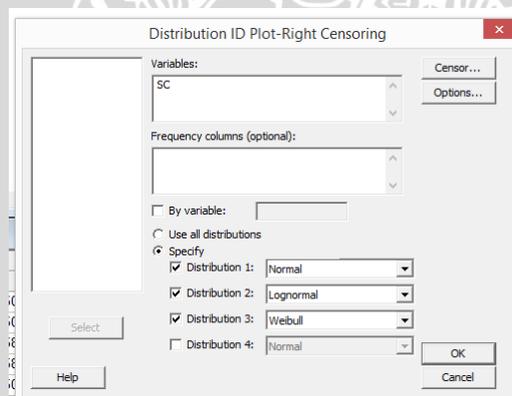
Gambar 4.18 *Input data ke dalam worksheet*

- b. Setelah memasukan data kemudian melakukan pengolahan data dengan Minitab 16 dengan cara klik Stat – *Reliability/ Survival – Distribution Analysis (Right Correcting) – Distribution ID Plot*. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 4.19



Gambar 4.19 Langkah-langkah Pengolahan Data

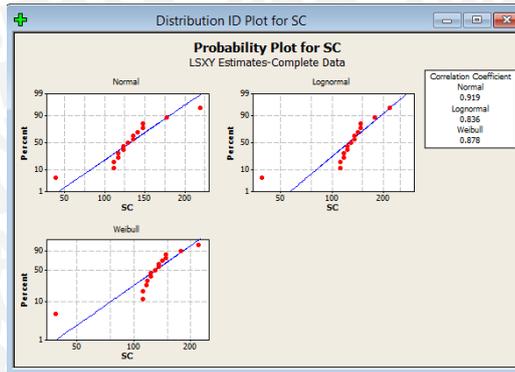
- c. Kemudian akan muncul *dialog box* seperti Gambar 4.20, kemudian *select* data yang telah diinputkan ke dalam kolom *Variables*. Setelah itu klik *Specify* dan pilih distribusi yang akan diuji. Pada perhitungan ini akan dilakukan pengujian empat distribusi. Kemudian klik OK.



Gambar 4.20 *Dialog Box Distribution ID Plot*

- d. *Output* perhitungan menggunakan Minitab 16 seperti pada gambar 4.21

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Normal	1.634	0.919
Lognormal	2.060	0.836
Weibull	1.760	0.878



Gambar 4.21 Output Pengolahan Data dengan Minitab 16

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 16 dapat dilihat nilai *correlation coefficient* yang terbesar maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi normal yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen Silinder Cutter dengan nilai *correlation coefficient* sebesar 0.919.

3. Goodness of Fit

Distribusi yang terpilih pada komponen Silinder Cutter adalah distribusi normal, maka uji statistik yang digunakan dalam *goodness of fit* adalah *Kolmogorov-Sminorv*. Dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai $\alpha = 0,05$, maka hipotesis yang digunakan:

H_0 = Data kerusakan komponen Silinder Cutter berdistribusi normal

H_1 = Data kerusakan komponen Silinder Cutter tidak berdistribusi normal

Uji statistiknya adalah:

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

Dimana:

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

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

Dimana:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Hasil perhitungan *goodness of fit* komponen Silinder Cutter dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Goodness of Fit

i	t_i	\bar{t}	$\left(\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s} \right)$	Tabel	D1	D2
---	-------	-----------	--	-------	----	----

1	38.50	2.5667	-2.52	0.0059	0.0059	0.0608
2	111.17	7.4111	-0.55	0.2912	0.2245	-0.2245
3	111.17	7.4111	-0.55	0.2912	0.1578	-0.2245
4	116.67	7.7778	-0.40	0.3446	0.1446	-0.2779
5	117.17	7.8111	-0.39	0.3483	0.0816	-0.2816
6	123.17	8.2111	-0.23	0.4090	0.0757	-0.3424
7	123.33	8.2222	-0.22	0.4129	0.0129	-0.3463
8	129.33	8.6222	-0.06	0.5239	0.0573	-0.4573
9	135.17	9.0111	0.10	0.5398	0.0065	-0.4732
10	135.17	9.0111	0.10	0.5398	-0.0602	-0.4732
11	141.17	9.4111	0.26	0.6026	-0.0641	-0.5359
12	147.17	9.8111	0.42	0.6628	-0.0706	-0.5961
13	147.33	9.8222	0.43	0.6664	-0.1336	-0.5997
14	177.33	11.8222	1.24	0.8925	0.0258	-0.8258
15	219.33	14.6222	2.38	0.9913	0.0580	-0.9247
Total	1973.17	131.54				

Berikut ini contoh perhitungan *goodness of fit* distribusi normal pada komponen Silinder Cutter:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} = \frac{1973.17}{15} = 131.54$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \hat{t})^2}{n} = 1364.951$$

$$S = 36.945$$

Dimana $\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s}$ diperoleh dari tabel standar normal dan lognormal.

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \hat{t}}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\} = 0.2245$$

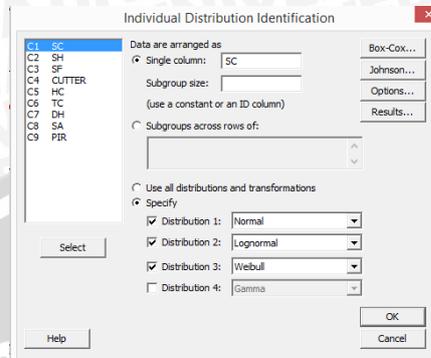
$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \hat{t}}{s} \right) \right\} = 0.0608$$

Jadi nilai *Kolmogorov-smirnov* adalah 0.2445 dimana $D_n = \max\{D_1; D_2\}$. Sedangkan $D_{\text{tabel}} (D_{0.05; 15}) = 0.3380$. Maka berdasarkan perhitungan diatas $D_{\text{hitung}} < D_{\text{tabel}} = 0.2245 < 0.3380$, maka kesimpulannya adalah H_0 diterima yang artinya bahwa data kerusakan komponen Silinder Cutter berdistribusi normal. Perhitungan *goodness of fit* secara manual selain komponen kritis kelas A dapat dilihat pada Lampiran 7.

Goodness of Fit juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 16 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Inputkan data waktu antar kerusakan (TTF) ke dalam *worksheet*.
- Setelah memasukan data kemudian melakukan pengolahan data dengan Minitab 16 dengan cara klik Stat – *Quality Tools* – *Individual Distribution Identification* – *Distribution ID Plot*.

- c. Kemudian akan muncul *dialog box* seperti Gambar 4.22, kemudian *select* data yang telah diinputkan ke dalam kolom *Variables*. Setelah itu klik *Specify* dan pilih distribusi yang akan diuji. Pada perhitungan ini akan dilakukan pengujian distribusi. Kemudian klik OK.



Gambar 4.22 *Dialog Box Individual Distribution Identificaton*

- d. *Output* perhitungan menggunakan Minitab 16

Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P
Normal	0.834	0.024
Lognormal	1.443	<0.005
Weibull	0.912	0.017

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 16 maka distribusi yang terpilih yaitu distribusi normal karena distribusi tersebut memiliki nilai AD yang terkecil yaitu sebesar 0.834. Perhitungan *goodness of fit* untuk komponen selain komponen kritis kelas A dapat dilihat pada Lampiran 8.

4. Perhitungan Parameter Distribusi Terpilih

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen Silinder *Cutter* yang berdistribusi normal, maka langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Dimana distribusi normal memiliki dua parameter yaitu μ (parameter lokasi) dan σ (parameter bentuk).

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{t_1}{n} = \frac{1973,17}{15} = 131.544$$

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{n} = 1364.9350$$

$$\sigma = \sqrt{1364.9350} = 36.945$$

Maka parameter $\mu = 131.544$ dan $\sigma = 36.945$ yang akan digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen Silinder *Cutter*.

4.3.3.2 Distribusi Kerusakan Komponen Silinder Heater

Berikut ini langkah-langkah penentuan distribusi kerusakan komponen silinder heater:

1. *Index of Fit* Secara Manual

Berikut ini perhitungan *time to failure* dari komponen silinder heater yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Time to Failure* Komponen Silinder Heater

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	Januari	10-01-15	12:00	14:00	0
2	Februari	23-02-15	12:30	14:30	268
3	April	22-04-15	10:00	12:00	352
4	Mei	11-05-15	12:10	14:10	118
5	Juli	28-07-15	12:00	14:00	472
6	Agustus	24-08-15	10:00	12:00	166
7	September	08-09-15	10:30	12:30	94
8	Oktober	12-10-15	11:00	13:00	207
9		24-10-15	9:30	11:30	75
10	November	11-11-15	12:00	13:30	111.5
11	Desember	14-12-15	9:00	11:00	201.5

Contoh perhitungan TTF pada tanggal 10 Januari 2015 sampai 23 Februari 2015:

Time to repair pada tanggal 23-02-2015:

$$23-02-2015 \text{ pukul } 12:30 - 14:30 = 120 \text{ menit}$$

Time between failure :

$$10-01-2015 \text{ hingga } 23-02-2015 = 44 \times 6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} = 15840 \text{ menit}$$

Time to repair tanggal 10-01-2015:

$$10-01-2015 \text{ pukul } 12:00 - 14:00 = 120 \text{ menit}$$

$$\text{Total } \textit{Time to failure} \text{ (TTF) dalam menit} = 16080 \text{ menit}$$

$$\text{Total } \textit{Time to failure} \text{ (TTF) dalam jam} = 268 \text{ jam}$$

a. Distribusi Normal

Tabel 4.10 adalah perhitungan *index of fit* distribusi normal komponen silinder heater.

Tabel 4.10 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen Silinder Heater

i	t _i	x _i	F(t _i)	z _i	x _i · z _i	x _i ²	z _i ²
1	75	75	0.0673	-1.4962	-112.2123	5625	2.2385

2	94	94	0.1635	-0.9800	-92.1200	8836	0.9604
3	111.5	111.5	0.2596	-0.6445	-71.8662	12432.25	0.4154
4	118	118	0.3558	-0.3698	-43.6353	13924	0.1367
5	166	166	0.4519	-0.1208	-20.0536	27556	0.0146
6	201.5	201.5	0.5481	0.1208	24.3421	40602.25	0.0146
7	207	207	0.6442	0.3698	76.5467	42849	0.1367
8	268	268	0.7404	0.6445	172.7366	71824	0.4154
9	352	352	0.8365	0.9800	344.9600	123904	0.9604
10	472	472	0.9327	1.4962	706.1897	222784	2.2385
total	2065	2065	5	0	984.8878	570336.5	7.5314

Dari Tabel 4.10 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{10+0.4} = 0.0673$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai $F(t_i)$ yang dapat dilihat pada Lampiran .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(10)(984.8878) - (2065)(0)}{\sqrt{((10)(570336.5) - (2065)^2)(10(7.5314) - (0)^2)}} = 0.946$$

b. Distribusi Lognormal

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi lognormal komponen silinder heater dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Logormal Komponen Silinder Heater

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	z_i	$x_i \cdot z_i$	x_i^2	z_i^2
1	75	4.3175	0.0673	-1.4962	-6.4597	18.6407	2.2385
2	94	4.5433	0.1635	-0.9800	-4.4524	20.6415	0.9604
3	111.5	4.7140	0.2596	-0.6445	-3.0384	22.2220	0.4154
4	118	4.7707	0.3558	-0.3698	-1.7642	22.7594	0.1367
5	166	5.1120	0.4519	-0.1208	-0.6176	26.1324	0.0146
6	201.5	5.3058	0.5481	0.1208	0.6410	28.1514	0.0146
7	207	5.3327	0.6442	0.3698	1.9720	28.4379	0.1367
8	268	5.5910	0.7404	0.6445	3.6036	31.2591	0.4154
9	352	5.8636	0.8365	0.9800	5.7464	34.3822	0.9604
10	472	6.1570	0.9327	1.4962	9.2119	37.9084	2.2385

total	2065	51.707585	0.0673	0	4.8426	270.5351	7.5314
-------	------	-----------	--------	---	--------	----------	--------

Dari Tabel 4.11 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{10+0.4} = 0.0673$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai $F(t_i)$ yang dapat dilihat pada Lampiran .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(10)(4.8426) - (51.707585)(0)}{\sqrt{((10)(270.5351) - (51.707585)^2)(10(7.5314) - (0)^2)}} = 0.9914$$

c. Distribusi Weibull

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* komponen silinder *heater* yang dapat dilihat Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi *Weibull* Komponen Silinder *Heater*

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	75	4.3175	0.06731	-2.6638	-11.5011	18.6407	7.0961
2	94	4.5433	0.16346	-1.7233	-7.8293	20.6415	2.9696
3	111.5	4.7140	0.25962	-1.2020	-5.6664	22.2220	1.4449
4	118	4.7707	0.35577	-0.8217	-3.9199	22.7594	0.6751
5	166	5.1120	0.45192	-0.5086	-2.5999	26.1324	0.2587
6	201.5	5.3058	0.54808	-0.2304	-1.2223	28.1514	0.0531
7	207	5.3327	0.64423	0.0329	0.1756	28.4379	0.0011
8	268	5.5910	0.74038	0.2990	1.6719	31.2591	0.0894
9	352	5.8636	0.83654	0.5940	3.4829	34.3822	0.3528
10	472	6.1570	0.93269	0.9927	6.1120	37.9084	0.9854
total	2065	51.707585	5	-5.2311	-21.2966	270.5351	13.9262

Dari Tabel 4.12 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{10+0.4} = 0.0673$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0.0673} \right) \right] = -2.6638$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(10)(-21.2966) - (51.70)(-5.23)}{\sqrt{((10)(270.5351) - (51.70)^2)(10(13.9262) - (-5.23)^2)}} = 0.966$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* diatas, diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

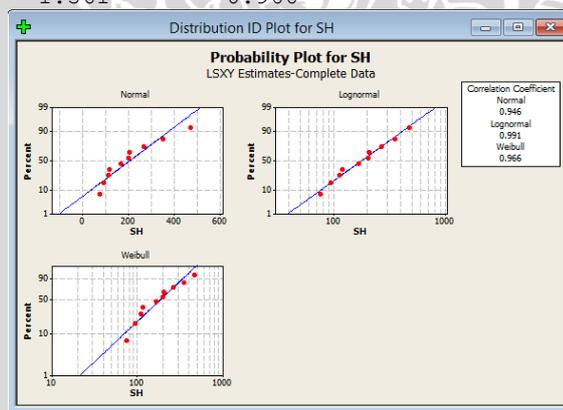
<i>Index of Fit Normal</i>	= 0.946
<i>Index of Fit Lognormal</i>	= 0.991
<i>Index of Fit Weibull</i>	= 0.966

Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi lognormal yaitu sebesar 0.991. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komponen Silinder *Heater* berdistribusi lognormal.

2. *Index of Fit* dengan Minitab 16

Langkah-langkah dari pengujian *index of fit* menggunakan *software* minitab 16 sama dengan langkah-langkah pada sub-sub bab 4.3.3.1 nomor 2. Adapun *output* dari perhitungan *software* Minitab 16 seperti pada Gambar 4.23.

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Normal	1.571	0.946
Lognormal	1.304	0.991
Weibull	1.561	0.966



Gambar 4.23 *Output* Pengolahan Data Silinder *Heater* dengan Minitab 16

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 16 dapat dilihat nilai *correlation coefficient* yang terbesar maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi lognormal yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen Silinder *Heater* dengan nilai *correlation coefficient* sebesar 0.991.

3. *Goodness of Fit*

Distribusi yang terpilih pada komponen Silinder *Heater* adalah distribusi lognormal, maka uji statistik yang digunakan dalam *goodness of fit* adalah *Kolmogorov-Sminorv*. Dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai $\alpha = 0,05$, maka hipotesis yang digunakan:

H_0 = Data kerusakan komponen Silinder *Heater* berdistribusi lognormal

H_1 = Data kerusakan komponen Silinder *Heater* tidak berdistribusi lognormal

Uji statistiknya adalah:

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

Dimana:

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

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

Dimana:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Hasil perhitungan *goodness of fit* komponen Silinder *Heater* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan *Goodness of Fit* Silinder *Heater*

i	t_i	\bar{t}	$\left(\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s} \right)$	Tabel	D1	D2
1	75	7.5	-1.10	0.1357	0.1357	-0.0357
2	94	9.4	-0.94	0.17361	0.0736	-0.0736
3	111.5	11.15	-0.79	0.21476	0.0148	-0.1148
4	118	11.8	-0.74	0.22965	-0.0704	-0.1296
5	166	16.6	-0.34	0.36693	-0.0331	-0.2669
6	201.5	20.15	-0.04	-0.04168	-0.5417	0.1417
7	207	20.7	0.00	0.50000	-0.1000	-0.4000
8	268	26.8	0.51	0.69497	-0.0050	-0.5950
9	352	35.2	1.21	0.88686	0.0869	-0.7869
10	472	47.2	2.21	0.49995	-0.4001	-0.3999
Total	2065	206.5				

Berikut ini contoh perhitungan *goodness of fit* distribusi normal pada komponen Silinder *Heater*:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} = \frac{2065}{10} = 206,5$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n} = 14391.4$$

$$S = 119.964$$

Dimana $\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s}$ diperoleh dari tabel standar normal dan lognormal.

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\} = 0.1357$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - t}{s} \right) \right\} = 0.1417$$

Jadi nilai *Kolmogorov-smirnov* adalah 0.1417 dimana $D_n = \max\{D_1; D_2\}$. Sedangkan $D_{\text{tabel}} (D_{0.05; 10}) = 0.409$. Maka berdasarkan perhitungan diatas $D_{\text{hitung}} < D_{\text{tabel}} = 0.1417 < 0.409$, maka kesimpulannya adalah H_0 diterima yang artinya bahwa data kerusakan komponen Silinder *Heater* berdistribusi lognormal.

Goodness of Fit juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 16, maka *output* dari perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P
Normal	0.443	0.226
Lognormal	0.164	0.916
Weibull	0.271	>0.250

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 16 maka distribusi yang terpilih yaitu distribusi normal karena distribusi tersebut memiliki nilai AD yang terkecil yaitu sebesar 0.164. Maka untuk komponen Silinder *Heater* berdistribusi lognormal.

4. Perhitungan Parameter Distribusi Terpilih

Setelah melakukan perhitungan *goodness of fit* pada komponen Silinder *Heater* yang berdistribusi lognormal, maka selanjutnya dilakukan perhitungan parameter distribusi terhadap komponen tersebut. Distribusi lognormal memiliki tiga parameter, yaitu parameter lokasi μ , parameter bentuk σ^2 dan t_{med} . μ merupakan $(A(t_i))$ TTF komponen sebesar 206,5 jam dan σ^2 merupakan variansi data $(Var(t_i))$ TTF komponen sebesar 15990.44 jam.

$$A(t_i) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$206,5 = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$\ln 206,5 = \mu + \frac{\sigma^2}{2}$$

$$\mu = 5,3303 - \frac{\sigma^2}{2}$$

$$Var(t_i) = e^{2\mu + \sigma^2} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$15990,44 = e^{2(5,3303 - \frac{\sigma^2}{2}) + \sigma^2} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$15990,44 = e^{10,66} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$15990,44 = 42569,56 \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$0,3756 = (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$e^{\sigma^2} = 1,3756$$

$$\sigma^2 = \ln 1,3756 = 0,318$$

$$\mu = 5,3303 - \frac{\sigma^2}{2} = 5,3303 - \frac{0,318^2}{2} = 5,27$$

$$t_{med} = e^{\mu} = 2.718^{5.27} = 194,3$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan parameter distribusi logormal dari komponen silinder *heater* $\sigma^2 = 0,318$, parameter lokasi atau $\mu = 5,27$ dan $t_{med} = 194,3$. Nilai parameter ini akan digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen.

4.3.3.3 Distribusi Kerusakan Komponen Silinder *Feeding*

Berikut ini langkah-langkah penentuan distribusi kerusakan komponen silinder *feeding*:

1. *Index of Fit* Secara Manual

Berikut ini perhitungan *time to failure* dari komponen silinder *feeding* yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 *Time to Failure* Komponen Silinder *Feeding*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
1	Januari	19-01-15	10:30	12:10	0
2	Februari	26-02-15	9:00	10:15	230.92
3	Maret	16-03-15	9:30	10:45	110.50
4		30-03-15	9:30	11:10	86.92
5	April	17-04-15	8:10	9:40	111.17

Tabel 4.14 *Time to Failure* Komponen Silinder *Feeding* (lanjutan)

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (jam)
6	Mei	06-05-15	9:45	11:00	116.75
7	Juni	05-06-15	9:10	10:25	182.50
8	Agustus	21-08-15	11:30	12:45	464.50
9	November	02-11-15	8:00	9:15	440.50

Contoh perhitungan TTF pada tanggal 19 Januari 2015 sampai 26 Februari 2015:

Time to repair tanggal 26-02-2015:

26-02-2015 pukul 9:00 – 10:15

= 75 menit

Time between failure:

$$19-01-2015 \text{ hingga } 26-02-2015 = 38 \times 6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} = 13680 \text{ menit}$$

Time to repair tanggal 19-01-2015

$$10-01-2015 \text{ pukul } 12:00 - 14:00 = 100 \text{ menit}$$

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 13855 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 230.92 jam

a. Distribusi Normal

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi normal komponen silinder *feeding* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen Silinder *feeding*

i	t _i	x _i	F(t _i)	z _i	x _i .z _i	x _i ²	z _i ²
1	86.92	86.91667	0.0833	-1.3830	-120.2065	7554.51	1.9127
2	110.50	110.5	0.2024	-0.8332	-92.0637	12210.25	0.6941
3	111.17	111.1667	0.3214	-0.4637	-51.5494	12358.03	0.2150
4	116.75	116.75	0.4405	-0.1498	-17.4847	13630.56	0.0224
5	182.50	182.5	0.5595	0.1498	27.3316	33306.25	0.0224
6	230.92	230.9167	0.6786	0.4637	107.0791	53322.51	0.2150
7	440.50	440.5	0.7976	0.8332	367.0052	194040.25	0.6941
8	464.50	464.5	0.9167	1.3830	642.4075	215760.25	1.9127
Total	1743.75	1743.75	4.00	0.00	862.52	542182.60	5.69

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{8+0.4} = 0.0833$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai F(t_i) yang dapat dilihat pada Lampiran.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(8)(862.52) - (1743.75)(0)}{\sqrt{[(8)(542182.60) - (1743.75)^2](8(5.69) - (0)^2)}} = 0.898$$

b. Distribusi Lognormal

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi lognormal komponen silinder *feeding* yang dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen Silinder *Feeding*

i	t _i	x _i	F(t _i)	z _i	x _i .z _i	x _i ²	z _i ²
1	86.92	4.4649	0.083333	-1.383009	-6.1751	19.9358	1.9127

2	110.50	4.7050	0.202381	-0.833156	-3.9200	22.1372	0.6941
3	111.17	4.7110	0.321429	-0.463713	-2.1846	22.1938	0.2150
4	116.75	4.7600	0.440476	-0.149762	-0.7129	22.6579	0.0224
5	182.50	5.2068	0.559524	0.1497622	0.7798	27.1102	0.0224
6	230.92	5.4421	0.678571	0.4637132	2.5236	29.6160	0.2150
7	440.50	6.0879	0.797619	0.8331559	5.0722	37.0627	0.6941
8	464.50	6.1410	0.916667	1.3830087	8.4930	37.7114	1.9127
Total	1743.75	41.52	4.00	0.00	3.88	218.42	5.69

Dari Tabel 4.16 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{8+0.4} = 0.0833$$

z_i diperoleh dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai $F(t_i)$ yang dapat dilihat pada Lampiran .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(8)(3.88) - (41.52)(0)}{\sqrt{((8)(218.42) - (41.52)^2)((8)(5.69) - (0)^2)}} = 0.946$$

c. Distribusi Weibull

Berikut ini hasil perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* komponen silinder *feeding* yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan *Index of Fit* Distribusi Weibull Komponen Silinder *Feeding*

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	86.91667	4.465	0.0833	-2.4417	-10.9021	19.9358	5.9620
2	110.5	4.705	0.2024	-1.4867	-6.9948	22.1372	2.2102
3	111.1667	4.711	0.3214	-0.9474	-4.4630	22.1938	0.8975
4	116.75	4.760	0.4405	-0.5436	-2.5874	22.6579	0.2955
5	182.5	5.207	0.5595	-0.1986	-1.0339	27.1102	0.0394
6	230.9167	5.442	0.6786	0.1266	0.6890	29.6160	0.0160
7	440.5	6.088	0.7976	0.4685	2.8522	37.0627	0.2195
8	464.5	6.141	0.9167	0.9102	5.5897	37.7114	0.8285

Total	1743.75	41.519	4	-4.1125	-16.8503	218.4250	10.4686
-------	---------	--------	---	---------	----------	----------	---------

Dari Tabel 4.17 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk $i=1$.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{1-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{8+0.4} = 0.0833$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0.0833} \right) \right] = -2.4417$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(8)(-16.8503) - (41.519)(-4.1125)}{\sqrt{[(8)(218.4250) - (41.519)^2][(8)(10.4686) - (-4.1125)^2]}} = 0.905$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* diatas, diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

$$\text{Index of Fit Normal} = 0.898$$

$$\text{Index of Fit Lognormal} = 0.946$$

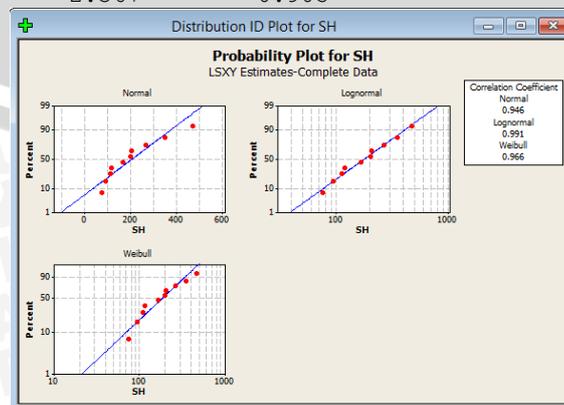
$$\text{Index of Fit Weibull} = 0.905$$

Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi lognormal yaitu sebesar 0.946. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komponen Silinder *Feeding* berdistribusi lognormal.

2. Index of Fit dengan Minitab 16

Langkah-langkah dari pengujian *index of fit* menggunakan *software* minitab 16 sama dengan langkah-langkah pada sub-sub bab 4.3.3.1 nomor 2. Adapun *output* dari perhitungan *software* Minitab 16 seperti pada Gambar 4.24.

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Normal	2.138	0.898
Lognormal	1.831	0.946
Weibull	2.367	0.905



Gambar 4.24 Output Pengolahan Data Silinder *Feeding* dengan Minitab 16

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 16 dapat dilihat nilai *correlation coefficient* yang terbesar maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi lognormal yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen Silinder *Feeding* dengan nilai *correlation coefficient* sebesar 0.946.

3. *Goodness of Fit*

Distribusi yang terpilih pada komponen Silinder *Feeding* adalah distribusi lognormal, maka uji statistik yang digunakan dalam *goodness of fit* adalah *Kolmogorov-Sminorv*. Dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai $\alpha = 0,05$, maka hipotesis yang digunakan:

H_0 = Data kerusakan komponen Silinder *Feeding* berdistribusi lognormal

H_1 = Data kerusakan komponen Silinder *Feeding* tidak berdistribusi lognormal

Uji statistiknya adalah:

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

Dimana:

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

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

Dimana:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Hasil perhitungan *goodness of fit* komponen Silinder *Heater* dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perhitungan *Goodness of Fit* Silinder *Feeding*

i	t_i	\bar{t}	$\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right)$	Tabel	D1	D2
1	86.92	10.865	-0.92	0.17879	0.17879	-0.05379
2	110.50	13.813	-0.75	0.22663	0.10163	-0.10163
3	111.17	13.896	-0.75	0.22663	-0.02337	-0.10163
4	116.75	14.594	-0.71	0.23885	-0.13615	-0.11385
5	182.50	22.813	-0.25	0.40129	-0.09871	-0.27629
6	230.92	28.865	0.09	0.53586	-0.08914	-0.41086
7	440.50	55.063	1.56	0.94062	0.19062	-0.81562
8	464.50	58.063	1.73	0.95818	0.08318	-0.83318

Total	1743.75	217.969				
-------	---------	---------	--	--	--	--

Berikut ini contoh perhitungan *goodness of fit* distribusi normal pada komponen Silinder *Heater*:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} = \frac{1743.75}{8} = 217,969$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n} = 20262.45$$

$$S = 217.96875$$

Dimana $\frac{\ln t_i - \bar{t}}{s}$ diperoleh dari tabel standar normal dan lognormal.

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\} = 0.19062$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} = -0.05379$$

Jadi nilai *Kolmogorov-smirnov* adalah 0.19062 dimana $D_n = \max\{D_1; D_2\}$.

Sedangkan $D_{tabel} (D_{0.05; 10}) = 0.454$. Maka berdasarkan perhitungan diatas $D_{hitung} < D_{tabel} = 0.19062 < 0.454$, maka kesimpulannya adalah H_0 diterima yang artinya bahwa data kerusakan komponen Silinder *Feeding* berdistribusi lognormal.

Goodness of Fit juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 16, maka *output* dari perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P
Normal	0.776	0.025
Lognormal	0.472	0.173
Weibull	0.617	0.090

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 16 maka distribusi yang terpilih yaitu distribusi normal karena distribusi tersebut memiliki nilai AD yang terkecil yaitu sebesar 0.472. Maka untuk komponen Silinder *Feeding* berdistribusi lognormal.

4. Perhitungan Parameter Distribusi Terpilih

Setelah melakukan perhitungan *goodness of fit* pada komponen Silinder *Feeding* yang berdistribusi lognormal, maka selanjutnya dilakukan perhitungan parameter distribusi terhadap komponen tersebut. Distribusi lognormal memiliki tiga parameter, yaitu parameter lokasi μ , parameter bentuk σ^2 dan t_{med} . μ merupakan $(A(t_i))$ TTF komponen sebesar 217,69 jam dan σ^2 merupakan variansi data $(Var(t_i))$ TTF komponen sebesar 23157,085 jam.

$$A(t_i) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$217,69 = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$\ln 217,69 = \mu + \frac{\sigma^2}{2}$$

$$\mu = 5,38 - \frac{\sigma^2}{2}$$

$$\text{Var}(t_i) = e^{2\mu + \sigma^2} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$23157,085 = e^{2(5,38 - \frac{\sigma^2}{2}) + \sigma^2} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$23157,085 = e^{10,76} \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$23157,085 = 47046,152 \times (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$0,4922 = (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$e^{\sigma^2} = 1,4922$$

$$\sigma^2 = \ln 1,4922 = 0,4$$

$$\mu = 5,38 - \frac{\sigma^2}{2} = 5,38 - \frac{0,4}{2} = 5,3$$

$$t_{med} = e^{\mu} = 2.718^{5,3} = 200,22$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan parameter distribusi lognormal dari komponen silinder *feeding* $\sigma^2 = 0,4$, parameter lokasi atau $\mu = 5,3$ dan $t_{med} = 200,22$. Nilai parameter ini akan digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen.

4.3.3.4 Rekapitulasi Distribusi Kerusakan Komponen

Pada Tabel 4.19 merupakan hasil perhitungan distribusi terpilih dari komponen-komponen yang ada pada mesin *automatic sealer*. Dimana perhitungan distribusi terpilih untuk komponen sama dengan perhitungan pada subbab sebelumnya (terlamSpring).

Tabel 4.19 Rekapitulasi Distribusi Terpilih

No	Komponen	Distribusi Terpilih	Correlation Coefficient	Parameter
1	Silinder Cutter	Normal	0,919	$\mu = 131.544$; $\sigma = 36.945$
2	Silinder Heater	Lognormal	0,991	$\sigma^2 = 0,318$; $\mu = 5,27$; $t_{med} = 194,3$
3	Silinder Feeding	Lognormal	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	Lognormal	0,982	$\sigma^2 = 0,21$; $\mu = 5,9$; $t_{med} = 364,81$

6	<i>Thermo Couple</i>	Lognormal	0,950	$\sigma^2 = 0,33; \mu = 5,33; t_{med} = 206,32$
7	<i>Disc Heater</i>	Weibull	0,979	$\theta = 783,133; \beta = 1,75$
8	<i>Spring</i>	Lognormal	0,996	$\sigma^2 = 0,0096; \mu = 6,2; t_{med} = 492,43$

4.3.4 Perhitungan Nilai MTTF

Perhitungan nilai MTTF digunakan sebagai basis informasi dalam penentuan interval perawatan atau penggantian komponen pada mesin *automatic sealer*. Perhitungan nilai MTTF berikut merupakan MTTF pada komponen kritis kelas A. Hasil perhitungan MTTF untuk komponen selain komponen kritis dapat dilihat pada Lampiran 9.

4.3.4.1 Perhitungan Nilai MTTF Komponen Silinder *Cutter*

Untuk menentukan interval pergantian komponen dengan menghitung nilai *mean time to failure* (MTTF) dari distribusi terpilih. Komponen Silinder *Cutter* berdistribusi normal maka perhitungan nilai MTTF adalah sebagai berikut:

$$MTTF = \mu$$

$$MTTF = 131,54$$

Maka didapatkan bahwa interval perawatan atau pergantian komponen silinder *cutter* sebesar 131,54 jam.

4.3.4.2 Perhitungan Nilai MTTF Komponen Silinder *Heater*

Untuk menentukan interval pergantian komponen dengan menghitung nilai *mean time to failure* (MTTF) dari distribusi terpilih. Komponen Silinder *Heater* berdistribusi lognormal maka perhitungan nilai MTTF adalah sebagai berikut:

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = 2.718^{5.27 + \frac{1}{2}0.318} = 227,7$$

Maka didapatkan bahwa interval perawatan atau pergantian komponen silinder *heater* sebesar 227,7 jam.

4.3.4.3 Perhitungan Nilai MTTF Komponen Silinder *Feeding*

Untuk menentukan interval pergantian komponen dengan menghitung nilai *mean time to failure* (MTTF) dari distribusi terpilih. Komponen Silinder *Feeding* berdistribusi lognormal maka perhitungan nilai MTTF adalah sebagai berikut:

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = 2.718^{5,3 + \frac{1}{2}0,4} = 244,55$$

Maka didapatkan bahwa interval perawatan atau pergantian komponen silinder *feeding* sebesar 244,55 jam.

4.3.4.4 Rekapitulasi MTTF Komponen Mesin *Automatic Sealer*

Pada Tabel 4.20 merupakan hasil perhitungan MTTF dari komponen-komponen yang ada pada mesin *automatic sealer*.

Tabel 4.20 Rekapitulasi MTTF

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

4.3.5 Perhitungan Nilai Keandalan Komponen

Berikut ini merupakan perhitungan keandalan komponen kritis kelas A, dimana perhitungan keandalan dihitung sesuai dengan distribusi kerusakan. Untuk komponen selain komponen kritis dapat dilihat pada Lampiran 9.

4.3.5.1 Perhitungan Nilai Keandalan Komponen Silinder *Cutter*

Komponen silinder *cutter* berdistribusi normal, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen tersebut menggunakan rumus keandalan distribusi normal. Dimana t yang digunakan adalah t yang terbesar yaitu sebesar 219,33 (lihat Tabel 4.5). Sehingga perhitungan keandalan komponen Silinder *Cutter* adalah sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{219,33 - 131,54}{36,94}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(2,37)$$

$$R(t) = 1 - 0,9911 = 0,0089 = 0,89\%$$

Jika pada perhitungan sebelumnya pada subbab 4.3.4.1 didapatkan interval perawatan sebesar 131,54 jam, maka keandalan yang diperoleh adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{131,54 - 131,54}{36,94}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0)$$

$$R(t) = 1 - 0,5 = 0,5 = 50\%$$

Maka keandalan komponen Silinder *Cutter* akan menjadi 50% apabila dilakukan pergantian komponen dengan interval 131,54 jam.

4.3.5.2 Perhitungan Nilai Keandalan Komponen Silinder *Heater*

Komponen silinder *heater* berdistribusi lognormal, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen tersebut menggunakan rumus keandalan distribusi lognormal. Dimana t yang digunakan adalah t yang terbesar yaitu sebesar 472 (lihat Tabel 4.10). Sehingga perhitungan keandalan komponen Silinder *Heater* sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,56} \ln \frac{472}{194,3}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(1,58)$$

$$R(t) = 1 - 0,9429 = 0,0571 = 5,71\%$$

Jika pada perhitungan sebelumnya pada subbab 4.3.4.2 didapatkan interval perawatan sebesar 227,7 jam, maka keandalan yang diperoleh adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,56} \ln \frac{227,7}{194,3}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0,28)$$

$$R(t) = 1 - 0,6103 = 0,3897 = 38,97\%$$

Berdasarkan perhitungan keandalan dengan interval perawatan 227,7 jam keandalan komponen Silinder *Heater* menjadi 38,97%

4.3.5.3 Perhitungan Nilai Keandalan Komponen Silinder *Feeding*

Komponen silinder *feeding* berdistribusi lognormal, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen tersebut menggunakan rumus keandalan distribusi lognormal. Dimana t yang digunakan adalah t yang terbesar yaitu sebesar 464.5 (lihat Tabel 4.15). Sehingga perhitungan keandalan komponen Silinder *Feeding* adalah sebagai berikut

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,63} \ln \frac{464,5}{200,22}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(1,33)$$

$$R(t) = 1 - 0,9082 = 0,918 = 9,18\%$$

Jika pada perhitungan sebelumnya pada subbab 4.3.4.3 didapatkan interval perawatan sebesar 244,55 jam, maka keandalan yang diperoleh adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,63} \ln \frac{244,55}{194,3}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0,36)$$

$$R(t) = 1 - 0,6406 = 0,3594 = 35,94\%$$

Berdasarkan perhitungan keandalan dengan interval perawatan 244,55 jam keandalan komponen Silinder *Feeding* menjadi 35,94%

4.3.5.4 Rekapitulasi Perhitungan Keandalan Mesin *Automatic Sealer*

Pada Tabel 4.21 merupakan hasil perhitungan keandalan dari komponen-komponen yang ada pada mesin *automatic sealer*.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Keandalan Sebelum dan Sesudah Penjadwalan Perawatan

No	Komponen	Waktu Perawatan (Jam)		Keandalan (%)		Besarnya Peningkatan Keandalan (%)
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
1	Silinder <i>Cutter</i>	219,33	131,54	0,89	50	49,11
2	Silinder <i>Heater</i>	472	227,7	5,71	38,97	33,26
3	Silinder <i>Feeding</i>	464,5	244,5	9,18	35,94	26,76

4	Cutter	468.5	307,78	18,27	46,44	28,17
5	Heater Cartridge	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

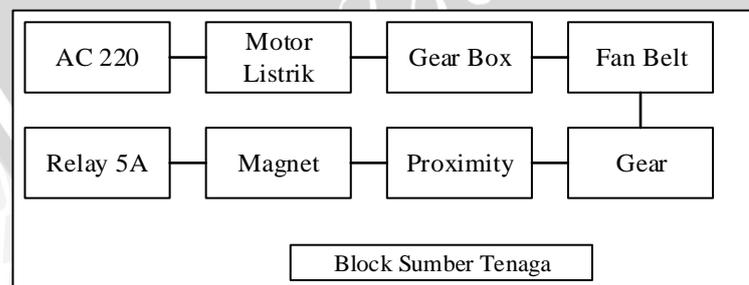
4.3.6 Perhitungan Keandalan Mesin Saat Ini dan Sesudah Diterapkan Penjadwalan

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 4.14. Sehingga kita dapat mengetahui keandalan mesin dari keandalan tiap *block* yang ada pada tiap mesin yang dapat di gambarkan pada *Reliability Block Diagram* (RBD), Dimana RBD terbagi menjadi beberapa level, pada perhitungan ini digunakan dua level yaitu secara sistem keseluruhan dan level komponen. RBD secara sistem keseluruhan sama dengan FBD pada Gambar 4.14

Untuk mengetahui keandalan mesin, terlebih dahulu melakukan perhitungan keandalan tiap *block* yang ada pada mesin. Adapun perhitungan keandalan tiap *block* pada mesin ini adalah sebagai berikut:

1. Keandalan *block* sumber tenaga

Keandalan dari *block* sumber tenaga adalah 100%, hal ini di karenakan komponen pada *block* ini tidak ada yang mengalami kerusakan seluruhnya. RBD *block* ini dapat di lihat pada Gambar 4.25

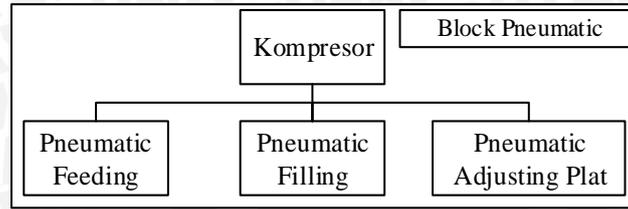


Gambar 4.25 RBD *Block* Sumber Tenaga

2. Keandalan *block* *pneumatic*

Keandalan *block* *pneumatic* juga memiliki nilai keandalan sebesar 100% yang artinya komponen pada *block* ini dua diantaranya tidak pernah mengalami kerusakan selama

Januari hingga Desember 2015, yaitu komponen *pneumatic filling* dan *pneumatic adjusting plat*. Sedangkan *pneumatic feeding* 2 kali mengalami kerusakan selama interval tersebut, namun nilai keandalannya 100%.



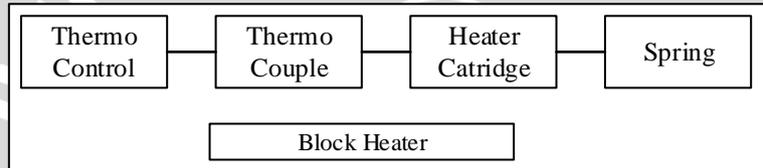
Gambar 4.26 RBD *Block Pneumatic*

3. Keandalan *block heater* dapat dihitungkan sebagai berikut:

$$R_{s1} = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t) \times R_4(t)$$

$$R_{s1} = 1 \times 0,0294 \times 0,1357 \times 0,0643 = 0,000256 = 0,0256\%$$

Keandalan yang dimiliki *block heater* sebesar 0,0256%. Gambar RBD *block* ini dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 RBD *Block Heater*

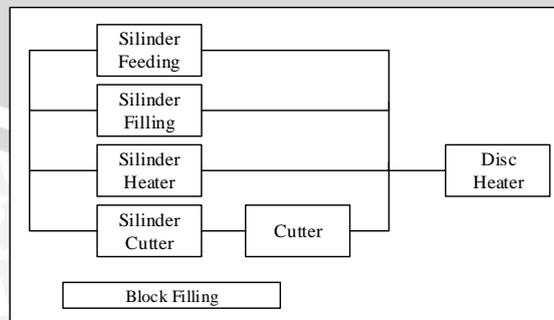
4. Keandalan *block filler*

$$R_{s2} = (1 - ((1 - R_1(t)) \times (1 - R_2(t)) \times (1 - R_3(t)) \times (1 - (R_4(t) \times R_5(t)) \times R_6(t)))$$

$$R_{s2} = (1 - ((1 - 0,0918) \times (1 - 1) \times (1 - 0,0571) \times (1 - (0,0089 \times 0,1827)))) \times (0,4644 \times 0,000256)$$

$$R_{s2} = 0,000118 = 0,0118\%$$

Keandalan yang dimiliki *block filler* sebesar 0,0118%. Gambar RBD *block* ini dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 RBD *Block Filler*

5. Keandalan mesin saat ini

Berdasarkan perhitungan keandalan tiap *block* maka dapat diketahui keandalan mesin saat ini dengan cara sebagai berikut:

$$R_{s3} = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t)$$

$$R_{s3} = 1 \times 1 \times 0,000118$$

$$R_{s3} = 0,000118 = 0,0118\%$$

6. Keandalan mesin berdasarkan interval perawatan

Berdasarkan perhitungan keandalan tiap *block* maka dapat diketahui keandalan mesin berdasarkan interval perawatan dengan cara sebagai berikut:

a. Untuk *block* sumber tenaga $R_1(t)$ dan *block pneumatic* $R_2(t)$ tetap memiliki keandalan 100%

b. Keandalan *block heater* berdasarkan interval perawatan dapat dihitug sebagai berikut:

$$R_{s4} = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t) \times R_4(t)$$

$$R_{s4} = 1 \times 0,3897 \times 0,409 \times 0,4801 = 0,0765 = 7,65\%$$

c. Keandalan *block filler* berdasarkan interval perawatan

$$R_{s5} = (1 - ((1 - R_1(t)) \times (1 - (R_2(t)) \times (1 - R_3(t)) \times (1 - R_4(t)) \times (1 - (R_5(t) \times R_6(t)) \times R_7(t)))$$

$$R_{s5} = (1 - ((1 - 0,3594) \times (1 - 1) \times (1 - 0,3897) \times (1 - 0,4247) \times (1 - (0,5000 \times 0,4644)))) \times (0,5433 \times 0,0765)$$

$$R_{s5} = 0,0415 = 4,15\%$$

d. Keandalan mesin *automatic sealer* berdasarkan interval perawatan

$$R_{s6} = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t)$$

$$R_{s6} = 1 \times 1 \times 0,0415$$

$$R_{s6} = 0,0415 = 4,15\%$$

Berdasarkan perhitungan keandalan diatas, maka terjadi peningkatan keandalan mesin sebesar 4,1382% dari keandalan sebelum dilakukan penjadwalan perawatan.

4.3.7 Penentuan Jumlah Persediaan Optimal Komponen Kritis

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 3 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:

$$MTTF = 131,54 \text{ jam} = \frac{1 \text{ hari}}{6 \text{ jam}} \times 131,54 \text{ jam} = 21,92 \text{ hari} \approx 22 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Permintaan tiap tahun (D)} &= \frac{360}{MTTF} \times \text{kebutuhan komponen} \\ &= \frac{360}{22} \times 2 = 32,7 \approx 33 \text{ buah} \end{aligned}$$

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.

2. Penentuan persediaan optimal silinder *heater*

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

a. Penentuan permintaan tiap tahun dengan cara sebagai berikut:

$$MTTF = 227,7 \text{ jam} = \frac{1 \text{ hari}}{6 \text{ jam}} \times 227,7 \text{ jam} = 37,95 \text{ hari} \approx 38 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Permintaan tiap tahun (D)} &= \frac{360}{MTTF} \times \text{kebutuhan komponen} \\ &= \frac{360}{38} \times 4 = 37,89 \approx 38 \text{ buah} \end{aligned}$$

- 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.

$$H = 5 \% \times \text{Rp } 330.000 = \text{Rp } 16.500$$
- d. *Lead time* = 7 hari, merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman komponen.
- e. Perhitungan nilai Q^* dan ROP

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C \times D}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 25.000 \times 38}{16.500}} = 10,73 \approx 11$$

$$ROP = \frac{D}{360} \times L + SS = \frac{38}{360} \times 7 + 4 = 4,73 \approx 5$$

Banyaknya komponen Silinder *Heater* 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 5 unit.

3. Penentuan persediaan optimal silinder *feeding*

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

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

$$MTTF = 224,5 \text{ jam} = \frac{1 \text{ hari}}{6 \text{ jam}} \times 224,5 \text{ jam} = 37,41 \text{ hari} \approx 38 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Permintaan tiap tahun (D)} &= \frac{360}{MTTF} \times \text{kebutuhan komponen} \\ &= \frac{360}{38} \times 2 = 18,94 \approx 19 \text{ buah} \end{aligned}$$

- 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.

$$H = 5 \% \times \text{Rp } 200.000 = \text{Rp } 10.000$$

- d. *Lead time* = 7 hari, merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman komponen.
- e. Perhitungan nilai Q^* dan ROP

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C \times D}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 25.000 \times 38}{10.000}} = 13,78 \approx 14$$

$$ROP = \frac{D}{360} \times L + SS = \frac{19}{360} \times 7 + 2 = 2,36 \approx 3$$

Banyaknya komponen *Silinder Cutter* yang harus di pesan tiap melakukan pemesanan sebanyak 14 unit, tentunya hal ini akan menghemat biaya pemesanan. Dan akan melakukan pemesanan kembali apabila komponen tersisa 3 unit.

Tabel 4.22 merupakan tabel rekapitulasi nilai Q^* dan ROP pada komponen kritis mesin *automatic sealer*.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Nilai Q^* dan ROP

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

4.4 Analisis dan Pembahasan

Berikut ini merupakan analisis dan pembahasan dari pengolahan data pada penelitian ini. Dimana pada subbab ini akan di jelaskan mengenai hubungan dari penentuan komponen kritis, penentuan interval perawatan dan nilai keandalan, dan penentuan persediaan komponen mesin.

4.4.1 Analisis Penentuan Komponen Kritis

Dalam menentukan komponen kritis pada mesin *automatic sealer* pada penelitian ini menggunakan klasifikasi ABC. Dimana semua data kerusakan komponen yang terjadi selama bulan Januari hingga Desember 2015 di urutkan berdasarkan frekuensi kerusakan dari setiap komponen. Data diurutkan dari yang memiliki frekuensi kerusakan paling banyak ke yang paling sedikit. Dalam penelitian ini, klasifikasi ABC tidak memperhatikan biaya atau harga komponen, di karenakan kebutuhan komponen yang diutamakan. Sehingga persediaan komponen yang cepat rusak dengan harga mahal lebih menguntungkan dari pada tidak memiliki persediaan. Hal ini berdampak pada kelancaran proses produksi.

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 merupakan hasil klasifikasi komponen kritis pada mesin *automatic sealer* pada CV Bromo Agro Industri. 13 komponen tersebut di klasifikasikan dengan kriteria 20% ke dalam kelas A, 30% kedalam kelas B, dan 50% ke dalam kelas C berdasarkan frekuensi kerusakan. Dimana frekuensi yang besar dianggap paling kritis, berdasarkan klasifikasi tersebut maka didapatkan tiga komponen yang masuk ke dalam komponen kritis kelas A, yaitu Silinder *Cutter*, Silinder *Heater*, dan Silinder *Feeding*.

4.4.2 Analisis Penentuan Interval Perawatan dengan 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 4.20. 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.

Dimana dalam penentuan nilai MTTF dilakukan beberapa tahap, diantaranya penentuan *index of fit* berdasarkan distribusi kerusakan. Menurut (Lewis, 1996) terdapat empat pola distribusi kerusakan, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi *weibull*. Namun pada penelitian ini hanya dilakukan perhitungan terhadap tiga distribusi kerusakan, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi *weibull*. Tidak melakukan pengujian terhadap distribusi eksponensial dikarenakan distribusi ini memiliki laju kerusakan yang tidak berubah dan konstan terhadap waktu. Apabila ada peralatan yang memiliki laju kerusakan yang tetap,

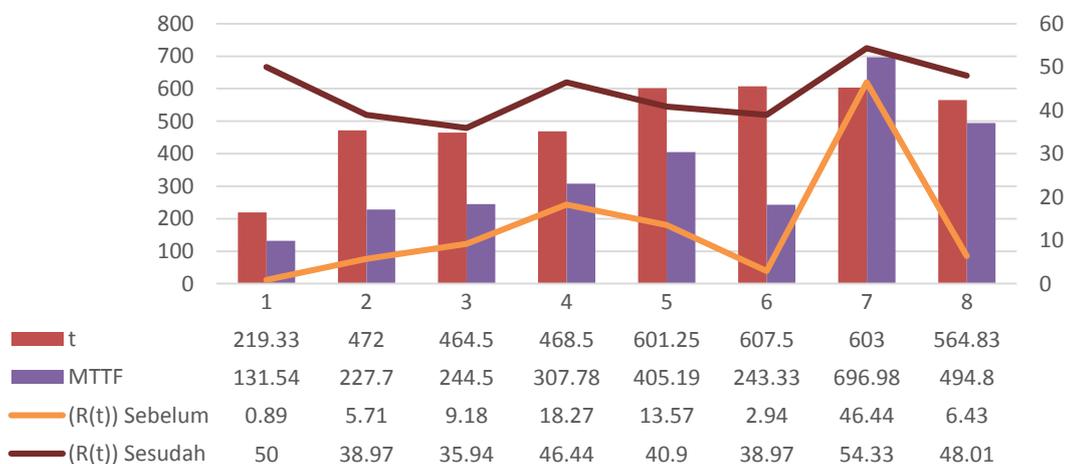
maka bisa dipastikan perlatan tersebut berdistribusi eksponensial (Ebeling, 1997:41). Dalam menentukan distribusi kerusakan, diperlukan nilai koefisien korelasi (r) yang terbesar.

Setelah mendapatkan distribusi terpilih untuk masing-masing komponen kemudian dilakukan perhitungan *goodness of fit*. Tujuan dari pengujian ini adalah apakah distribusi terpilih sudah sesuai dengan pola distribusi. Terdapat beberapa jenis pengujian dalam tahap ini diantara Uji *Kolmogorov Smirnov* untuk distribusi normal dan lognormal. Uji *Mann* untuk distribusi weibull, dan Uji *Bartlett* untuk distribusi eksponensial. Pada tahap ini juga menjadi dasar mengapa tidak dilakukan pengujian distribusi eksponensial pada komponen, karena komponen pada mesin *automatic sealer* yang awalnya di duga berdistribusi eksponensial ketika di uji kesesuaian apakah komponen tersebut sudah mengikuti pola distribusi ternyata tidak memenuhi, yang artinya H_0 ditolak (komponen tidak berdistribusi eksponensial). Setelah melakukan uji kesesuaian distribusi kemudian menentukan parameter yang sesuai dengan distribusi terpilih. Penentuan parameter ini berfungsi dalam perhitungan MTTF dan nilai keandalan.

4.4.3 Analisis Penentuan Nilai Keandalan

Pada Tabel 4.21 kita dapat mengetahui nilai kendalan komponen sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*. Dapat kita ketahui bahwa nilai keandalan komponen kritis saat ini masih dibawah 10%. Hal tersebut tentunya dikarenakan komponen-komponen tersebut 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 4.29.

Perbandingan Kondisi Komponen Mesin



Gambar 4.29 Perbandingan Kondisi Komponen Mesin

Pada Gambar 4.29 dapat di ketahui bahwa nilai keandalan akan meningkat setelah di lakukan penjadwalan yang dapat dilihat melalui grafik. Grafik keandalan sebelum penjadwalan perawatan berwarna hijau terletak dibawah grafik coklat, grafik coklat adalah grafik keandalan setelah dilakukan penjadwalan. Sedangkan grafik *orange* merupakan grafik waktu pergantian komponen sebelum di lakukan penjadwalan. Dan grafik berwarna kuning merupakan waktu dari penjadwalan perawatan, hampir keseluruhan dari komponen mesin memiliki waktu lebih pendek dari waktu sebelumnya untuk meninngatkan keandalan dari masing-masing komponennya. Namun tidak menutup kemungkinan waktu penjadwalan lebih panjang dari pada sebelum penjadwalan. 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.

Oleh sebab itu, 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.

4.4.4 Analisis Penentuan Persediaan Optimal Komponen Mesin

Tabel 4.22 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan nilai Q^* dan ROP komponen kritis. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan jumlah yang harus dipesan tiap kali pesan (Q^*) adalah 11 unit untuk Silinder *Cutter*, 11 unit untuk Silinder *Heater*, dan 14 unit untuk Silinder *Feeding*. Sedangkan akan melakukan pemesanan kembali apabila *stock* dari komponen tersebut tinggal 3 unit untuk Silinder *Cutter*, 5 unit untuk Silinder *Heater*, dan 3 unit untuk Silinder *Feeding*. Pemesanan kembali dilakukan dengan jumlah yang sama

setiap kali pesan. Hal ini akan meminimasi biaya yang dikeluarkan dan mengatasi tidak tersedianya komponen apabila terjadi kerusakan, sehingga dapat memperpendek waktu *downtime* dan mengurangi kerugian yang biasanya dikeluarkan oleh perusahaan apabila terjadi kerusakan pada mesin *automatic sealer*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

