

PENENTUAN JADUAL PERAWATAN MESIN DAN PENGADAAN SUKU CADANG YANG OPTIMAL

(Study Kasus PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1
Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri



Disusun Oleh:

Nama : Meyrika Fitriasaki

No Mahasiswa : 07522104

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2012

PENGAKUAN

Demi Allah SWT, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dari ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Februari 2012



Meyrika Fitriasaki

SURAT KETERANGAN

Dengan ini menerangkan bahwa:

NAMA : MEYRIKA FITRIASARI

NO MAHASISWA : 07522104

JURUSAN / FAKULTAS : TEKNIK INDUSTRI / FTI

TANGGAL PENELITIAN : 1 – 30 AGUSTUS 2011

JUDUL TA/SKRIPSI : PENENTUAN JADUAL PERAWATAN MESIN DAN PENGADAAN SUKU
CADANG YANG OPTIMAL (STUDY KASUS PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti)

Telah menyelesaikan penelitiannya di PT. Sejahtera AO Kencana Sakti. Demikian surat keterangan ini dibuat sebagai prasyarat kelengkapan ujian thesis mahasiswa ybs.

Yogyakarta, 24 Februari 2012

PT. Sejahtera AO Kencana Sakti


Nugroho Nurwijayanto. SS

Product Development Manager



- JOGJA TOWN OFFICE Jl. Magelang Km. 5,5 Yogyakarta. ☎ 0274 - 623700
- SEMARANG TOWN OFFICE Jl. Seisa Budi Srandol, Semarang. ☎ 024 - 7477700 | TIC PEMUDA ☎ 024- 3586880
- SOLO TOWN OFFICE Jl. Slamet Riyadi No. 361 Solo. ☎ 0271 - 7050441
- PURWOKERTO TOWN OFFICE ☎ 0281 - 7694949

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENENTUAN JADUAL PERAWATAN MESIN DAN
PENGADAAN SUKU CADANG YANG OPTIMAL**

(Study Kasus PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti)



Ir. Ali Parkhan, MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PENENTUAN JADUAL PERAWATAN MESIN DAN
PENGADAAN SUKU CADANG YANG OPTIMAL**

(Study Kasus PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti)

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Meyrika Fitriasari

No. Mahasiswa : 07 522 104

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, 28 Februari 2012

Tim Penguji

Ir. Ali Parkhan, MT

Ketua

Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, MT

Anggota I

Taufiq Immawan, ST, MM


Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


Drs. H. Mohammad Ibnu Mastur, MSIE.

5
2012

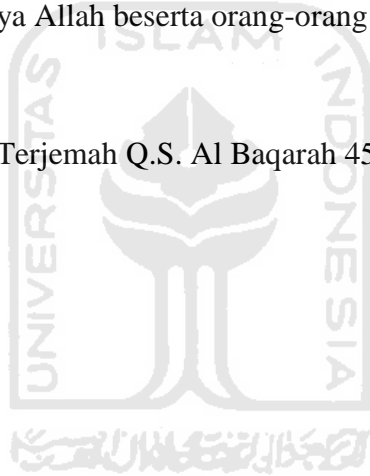
MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(Terjemah Q.S. Al Insyirah 6 - 7)

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Terjemah Q.S. Al Baqarah 45)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Alhamdulillah, puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan Jadwal Perawatan Mesin Dan Pengadaan Suku Cadang Yang Optimal (Study Kasus PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti)”.

Penyusunan Tugas Akhir ini terutama dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak diberi bantuan baik berupa bimbingan, fasilitas, maupun dorongan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap ketulusan hati maka pada kesempatan yang berbahagia ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Ec., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Drs. H. Mohammad Ibnu Mastur, MSIE, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan, MT. yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh keluargaku tercinta, Bapak, Ibu, serta adik Novi yang terus mendo'akan penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Bapak Nugroho dan staff PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti, yang telah memberikan kesempatan dan waktunya.

6. Teman-teman seperjuangan dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan yang telah membantu hingga selesainya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan pemikiran bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb.



Yogyakarta, Februari 2012

Penyusun

ABSTRAK

PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa transportasi. Kendaraan (mesin) dengan kemampuan beroperasi dengan baik akan berdampak pada meningkatnya keuntungan perusahaan. Untuk mewujudkan itu perlu adanya penjadualan perawatan yang tepat. Dengan cara demikian diharapkan dapat mengurangi kerusakan secara tiba-tiba. Tidak hanya itu, perlu juga untuk menentukan jumlah dan kapan waktu yang tepat melakukan pemesanan sparepart untuk menghindari kekosongan persediaan sparepart saat dibutuhkan pergantian komponen. Diharapkan dengan cara tersebut dapat menekan biaya perawatan dan persediaan. Usulan jadwal perawatan difokuskan pada komponen kritis pada armada bus nopol AB2919CE. Komponen kritis yang terpilih adalah kampas rem, filter solar dan filter oli. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode age replacement didapat bahwa interval waktu pergantian pencegahan masing-masing komponen kritis adalah kampas rem = 460 jam, filter solar = 590 jam dan filter oli = 560 jam. Berdasarkan metode continous review (kasus backorder) perusahaan melakukan reorder untuk komponen kampas rem sebanyak 6 unit jika persediaan tersisa 1 unit dengan total cost sebesar Rp 2,868,216.78, komponen filter solar sebanyak 5 unit jika persediaan tersisa 1 unit dengan total cost sebesar Rp 3,295,292.45 dan komponen filter oli sebanyak 7 unit jika persediaan tersisa sebanyak 1 unit dengan total cost sebesar Rp 946,338.7. Biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan setiap kali mengalami downtime minimum adalah kampas rem sebesar Rp 3.441222651/jam, filter solar sebesar Rp 2.809974741/jam dan filter oli sebesar Rp 3.370362480/jam. Penghematan untuk masing-masing komponen adalah komponen kampas rem sebesar Rp 6.608318069/jam, filter solar sebesar Rp 7.705180499/jam dan filter oli sebesar Rp 8.60280252/jam.

Kata kunci: komponen kritis, age replacement, continous review, reorder

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PENGAKUAN	ii
SURAT KETERANGAN PENELITIAN DARI PERUSAHAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	6
2.1 Kajian Induktif dan Deduktif	6

2.2 Perawatan.....	7
2.3 Konsep <i>Reliability</i> (Keandalan).....	8
2.4 Laju Kerusakan	10
2.5 Fungsi Distribusi Kerusakan	10
2.5.1 Distribusi Eksponensial	11
2.5.2 Distribusi Normal	12
2.5.3 Distribusi Log-normal	13
2.5.4 Distribusi Weibull	14
2.6 <i>Mean Time to Failure</i>	15
2.7 <i>Mean Time to Repair</i>	16
2.8 Pergantian Komponen Kritis dengan meminimumkan Downtime	16
2.9 Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Komponen	19
2.10 Konsep <i>Availability</i> (Ketersediaan)	20
2.11 Penentuan Persediaan Suku Cadang	21
2.11.1 Biaya-Biaya Persediaan	21
2.11.2 Model Persediaan Deterministik (EOQ)	22
2.12 Model Persediaan Probabilistik.....	26
2.12.1 Persediaan Probabilistik, Model <i>Continuous Review</i> : Kasus <i>Backorder</i>	26
2.12.2 Persediaan Probabilistik, Model <i>Continuous Review</i> : Kasus <i>Lost Sales</i>	31
2.13 Perhitungan Biaya Perawatan	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Obyek Penelitian	35

3.2 Metode Pengumpulan Data.....	35
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.3.1 Studi Literatur.....	37
3.3.2 Perumusan Masalah	37
3.3.3 Pembatasan Masalah	37
3.3.4 Pengumpulan Data	38
3.3.5 Preprocessing Data	38
3.3.6 Pengolahan Data	39
3.3.7 Analisis Data	39
3.3.8 Rekomendasi.....	39
3.3.9 Kesimpulan dan Saran.....	39
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	40
4.1 Pengumpulan Data	40
4.1.1 Profil Perusahaan	40
4.1.2 Jam Kerja	41
4.1.3 Sistem Perawatan Mesin	41
4.1.4 Data Kerusakan Mesin	42
4.1.5 Data Persediaan Komponen	43
4.1.6 Data Biaya	45
4.2 Pengolahan Data	46
4.2.1 Penentuan Komponen Kritis.....	46
4.3 Penjadualan Perawatan Komponen Kritis	47
4.3.1 Perhitungan <i>Time to Repair</i> (TTR) dan <i>Time to Failure</i> (TTF) Komponen Kritis	47

4.3.2 Identifikasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF)	49
4.3.3 Identifikasi Distribusi Waktu Antar Perbaikan (TTR)	52
4.3.4 Perhitungan <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF)	55
4.3.5 Perhitungan <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR)	56
4.3.6 Perhitungan Interval Waktu Pengganti Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi <i>Downtime</i>	57
4.3.7 Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal ...	61
4.3.8 Perhitungan <i>Availability</i>	64
4.4 Perhitungan Persediaan Suku Cadang	65
4.4.1. Kampas Rem	66
4.4.2 Filter Solar	75
4.4.3 Filter Oli	83
4.5 Perhitungan Biaya Perawatan	92
4.5.1 Biaya Perawatan Kampas Rem	93
4.5.2 Biaya Perawatan Filter Solar	95
4.5.3 Biaya Perawatan Filter Oli	97
BAB V PEMBAHASAN	99
5.1 Analisis Penentuan Komponen Kritis	99
5.2 Analisis Penjadualan Perawatan Kampas Rem	99
5.3 Analisis Penjadualan Perawatan Filter Solar	101
5.4 Analisis Penjadualan Perawatan Filter Oli	102
5.5 Analisis Perhitungan Persediaan Suku Cadang	103
5.6 Analisis Biaya Total Perawatan	106
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	108

6.1 Kesimpulan 108

6.2 Saran 109

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Kerusakan Komponen Bulan Juli 2010 Sampai Juli 2011 ...	42
Tabel 4.2 Data Persediaan Komponen Bulan Juli 2010 Sampai Juli 2011 ...	44
Tabel 4.3 Perhitungan penentuan Komponen Kritis	46
Tabel 4.4 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Kampas Rem (dalam jam) ..	48
Tabel 4.5 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Filter Solar (dalam jam)	48
Tabel 4.6 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Filter Oli (dalam jam)	49
Tabel 4.7 Nilai Anderson Darling untuk Distribusi Data TTF Kampas Rem...	50
Tabel 4.8 Nilai <i>Anderson Darling</i> untuk Distribusi Data TTF Filter Solar.....	51
Tabel 4.9 Nilai <i>Anderson Darling</i> untuk Distribusi Data TTF Filter Oli	51
Tabel 4.10 Nilai <i>Anderson Darling</i> untuk Distribusi Data TTR Kampas Rem.....	53
Tabel 4.11 Nilai <i>Anderson Darling</i> untuk Distribusi Data TTR Filter Solar ...	53
Tabel 4.12 Nilai <i>Anderson Darling</i> untuk Distribusi Data TTR Filter Oli	54
Tabel 4.13 Interval Pergantian Komponen Kampas Rem	58
Tabel 4.14 Interval Pergantian Komponen Filter Solar	59
Tabel 4.15 Interval Pergantian Komponen Filter Oli	60
Tabel 4.16 Jumlah Pemakaian Komponen Kampas Rem Juli 2010-Juli 2011 .	66
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Nilai D untuk Uji <i>Statisic Kolmogorov-</i> <i>Smirnov</i> Komponen Kampas Rem	67
Tabel 4.18 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Kampas Rem	74
Tabel 4.19 Jumlah Pemakaian Komponen Filter Solar Juli 2010-Juli 2011 ...	75
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Nilai D untuk Uji <i>Statisic Kolmogorov-</i>	

<i>Smirnov</i> Komponen Filter Solar	76
Tabel 4.21 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Filter Solar	83
Tabel 4.22 Jumlah Pemakaian Komponen Filter Oli Juli 2010-Juli 2011 ...	83
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Nilai D untuk Uji <i>Statisic Kolmogorov-Smirnov</i> Komponen Filter Oli	85
Tabel 4.24 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Filter Oli	92
Tabel 4.25 Data Biaya Perawatan Kampas Rem (Rp/menit)	94
Tabel 4.26 Data Biaya Perawatan Filter Solar (Rp/menit)	95
Tabel 4.27 Data Biaya Perawatan Filer Oli (Rp/menit)	97
Tabel 5.1 Rekap Hasil Antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Kampas Rem	104
Tabel 5.2 Rekap Hasil Antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Filter Solar	105
Tabel 5.3 Rekap Hasil Antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Filter Oli	106
Tabel 5.4 Rekap Hasil Total Biaya Perawatan Antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Penelitian	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 a) $F(t)$ dan $R(t)$; b) <i>Failure</i> ; c) <i>Cumulative Failure Distribution</i> ; d) <i>Hazard Rate</i>	12
Gambar 2.2 <i>Probability Density Function</i> Distribusi Normal	13
Gambar 2.3 <i>Cumulative Distribution Function</i> dan <i>Hazard Rate</i>	13
Gambar 2.4 <i>Lognormal Reliability Function</i> a) <i>Failure Density Function</i> ; b) <i>Cummulative Failure Distribution</i> ; c) <i>Hazard Rate</i>	14
Gambar 2.5 <i>Weibull Reliabiliy Function</i> ; a) <i>Failure Distribuion</i> ; b) <i>Cumulative Failure Distribution</i> ; c) <i>Hazard Rate</i>	15
Gambar 2.6 Model Persediaan	23
Gambar 2.7 Penentuan <i>Savey Stock</i> dengan Perhitungan Permintaan dan <i>Leadtime</i>	26
Gambar 2.8 <i>Review Model-Probabilitas Koninyu</i>	27
Gambar 2.9 Siklus Inventori dengan <i>Stock Out</i>	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1 Grafik <i>Curve Fitting Distribusi Weibull</i> untuk Data TTF Kampas Rem	50
Gambar 4.2 Grafik <i>Curve Fitting</i> Distribusi Normal untuk Data TTF Filter Solar	51
Gambar 4.3 Grafik <i>Curve Fitting</i> Distribusi Lognormal untuk Data TTF Filter Oli.....	52
Gambar 4.4 Grafik <i>Curve Fitting</i> Distribusi Normal untuk Data TTR Kampas Rem	53

Gambar 4.5 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk Data TTR Filter

Solar 54

Gambar 4.6 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk Data TTR Filter

Oli..... 55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat berdampak pada meningkatnya kebutuhan dalam dunia perindustrian transportasi. Dalam industri transportasi, salah satu yang diutamakan bukan hanya kuantitas tetapi juga kualitas. Menurut Imam Sodikin (2008), industri yang tidak mampu menghasilkan kualitas yang baik maka akan dapat dengan mudah tersingkir oleh industri yang mampu menghasilkan produk dan jasa yang lebih baik. Salah satu yang dapat mempengaruhi kualitas produk dan jasa transportasi adalah kemampuan kendaraan (mesin) yang digunakan. Kendaraan (mesin) dengan kemampuan beroperasi dengan baik akan berdampak pada meningkatnya keuntungan perusahaan. Untuk menjaga kondisi kendaraan (mesin) tetap baik perlu dilakukan kegiatan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik. Akan tetapi masih banyak perusahaan yang kurang mempedulikan perawatan mesin secara teratur. Biasanya perusahaan akan melakukan perawatan jika telah terjadi kerusakan atau perlu adanya pergantian *sparepart* mesin. Padahal cara demikian akan berdampak buruk pada produktivitas mesin dan keuntungan perusahaan. Dengan adanya perawatan mesin secara terjadwal dan teratur diharapkan produktivitas mesin dapat dijaga dengan baik untuk menghindari kerusakan yang tidak direncanakan secara tiba-tiba.

Menurut Vincent Gaspersz (1992), perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi, sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan *output*

sesuai dengan yang dikehendaki. Dalam pelaksanaannya *maintenance* dibagi dalam tiga bagian yaitu *corrective maintenance* (perawatan perbaikan), *preventive maintenance* (perawatan pencegahan) dan *predictive maintenance*. Perawatan perbaikan disebabkan karena gangguan/kerusakan pada sistem atau komponen yang tidak terjadwal. Sedangkan perawatan perbaikan meliputi kegiatan *service*, uji operasi dan inspeksi secara rutin yang terjadwal (Mohammad Tahril Azis dkk,2009).

Saat ini banyak perusahaan yang menerapkan model *corrective maintenance* karena menganggap cara tersebut akan menelan biaya paling sedikit dari pada *preventive maintenance*, padahal anggapan tersebut salah. Karena ketika perusahaan menerapkan *corrective maintenance*, sebenarnya perusahaan tersebut telah mempersingkat umur dari mesin itu sendiri dan mempercepat terjadinya kerusakan secara mendadak. Jika mesin secara tiba-tiba mengalami kerusakan maka produktivitas perusahaan akan menurun dan perusahaan harus mengeluarkan biaya lebih dari perkiraan semula.

Menurut Imam Sodikin (2010), terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen tidak dapat diketahui dengan pasti. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadang komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Dengan persediaan suku cadang yang mencukupi diharapkan proses perbaikan dan pergantian komponen dapat berjalan cepat sehingga tidak terjadi penurunan produksi dan kualitas. Oleh karena itu untuk meningkatkan produktivitas perusahaan perlu melakukan kegiatan *predictive maintenance* dan penentuan jumlah suku cadang yang optimal perlu perhitungan dengan pendekatan keandalan.

Pada awalnya keandalan merupakan ilmu yang menerapkan konsep peluang dalam memecahkan persoalan, tetapi seiring dengan perkembangan teknologi keandalan sering diterapkan dalam sistem industri. Keandalan (*reliability*)

didefinisikan sebagai peluang (*probability*) suatu unit atau sistem berfungsi normal, jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk suatu periode waktu tertentu (Vincent Gaspersz,1992). Keandalan biasa digunakan untuk alat ukur keberhasilan dalam sistem perawatan dan menentukan penjadwalan perawatan. Diharapkan dengan menentukan jadwal *preventive maintenance* dan jumlah suku cadang yang optimal dengan pendekatan keandalan, maka akan dapat menekan biaya perawatan yang dikeluarkan perusahaan sehingga tidak terjadi pemborosan.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penjadwalan perawatan mesin dan perhitungan kapan dan jumlah suku cadang yang optimal sehingga dapat memperkecil biaya perawatan mesin.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dikemukakan diatas dapat dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Apa komponen mesin kritis yang terpilih?
2. Kapan jadwal perawatan yang tepat?
3. Berapa jumlah dan kapan melakukan pemesanan *sparepart* yang tepat dan estimasi biaya yang optimal?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan untuk memfokuskan kajian yang akan dilakukan. Sehingga tujuan penelitian yang dapat dicapai dengan cepat dan tepat. Adapun perumusan masalah yang ada perlu dilakukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti.
2. Data penelitian pada bulan Juli 2010 sampai Juli 2011.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Apa komponen mesin kritis yang terpilih?
2. Kapan jadwal perawatan yang tepat?
3. Berapa jumlah dan kapan melakukan pemesanan *sparepart* yang tepat dan estimasi biaya yang optimal?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi teknisi untuk menentukan kebijakan perawatan dan pengadaan suku cadang untuk memperbaiki kinerja mesin.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan memperkaya wawasan dari hasil yang telah dicapai untuk dapat digunakan dalam menentukan jadwal perawatan dan pengadaan suku cadang.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada tugas akhir ini akan disusun sistematika penulisan seperti berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah yang dihadapi, batasan masalah yang ditemui, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar-dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan. Disamping itu juga memuat uraian tentang

hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang kerangka dan bagan aliran penelitian, teknik yang dilakukan, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana pengolahan datanya, analisis dan hasilnya termasuk gambar dan grafik-grafik yang diperolehnya. Pada bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada bab V yaitu tentang pembahasan.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini melakukan pembahasan hasil yang diperoleh selama penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan serta saran atas hasil yang telah dicapai yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk kepada para peneliti selanjutnya, yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN (Tabel dan Gambar)

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Induktif dan Deduktif

Imam Sodikin (2008), penelitian yang berjudul penentuan interval perawatan preventif komponen elektrik dan komponen mekanik yang optimal pada mesin *excavator* seri pc 200-6 dengan pendekatan model jardine, dalam penelitian tersebut membahas mengenai penentuan waktu yang baik untuk tindakan *preventif maintenance* dan menentukan ekspektasi jadwal interval waktu perawatan *preventif* yang optimal. Hasil dari penelitian tersebut adalah performansi komponen elektrik dan mekanik berbeda, yang tercermin dari rata-rata waktu antara kerusakan dan *downtime*.

Didik Wahyudi dan Amelia (2000), penelitian yang berjudul Analisa penjadwalan dan biaya perawatan mesin press untuk pembentukan kamps rem. Penelitian tersebut bertujuan menentukan interval waktu perawatan dengan mengoptimalkan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari hasil perhitungan dapat menekan biaya total berkisar antara 35,07% sampai 90,73% dari biaya total semula.

Imam Sodikin (2010), penelitian yang berjudul Analisis penentuan waktu perawatan dan jumlah persediaan suku cadang rantai garu yang optimal ini tentang menganalisa nilai laju kerusakan, parameter *reliability*, *maintainability*, *availability* serta menganalisis tingkat kebutuhan jumlah *spare-part* yang optimal dengan pendekatan *spare-part requirement nomograph*. Hasil penelitiannya adalah tingkat keandalan mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan komponen rantai garu (mata rantai) selama penggunaan mengalami

peningkatan. Hampir sama dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini melakukan penentuan waktu perawatan, kapan dan berapa jumlah persediaan yang optimal dengan model pengerjaan yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu model *continuous review (kasus backorder)*.

2.2 Perawatan

Menurut Vincent Gaspersz (1992), perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi, sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan *output* sesuai dengan yang dikehendaki. Pada dasarnya terdapat dua prinsip utama dalam sistem perawatan, yaitu:

1. Menekan (memperpendek) *periode* kerusakan (*breakdown periode*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.
2. Menghindari kerusakan (*breakdown*) tidak terencana, kerusakan tiba-tiba.

Dalam pelaksanaannya perawatan mesin dapat dilakukan beberapa cara yaitu

1. *Corrective maintenance*

Perawatan korektif adalah perawatan yang dilakukan ketika telah terjadi kerusakan (*breakdown*) dan perlu dilakukan perbaikan, kerusakan dapat bersifat ringan maupun berat. Dalam melakukan perawatan korektif dibagi menjadi tiga tindakan antara lain:

- a. Pergantian (*Correction*)
- b. Perbaikan (*Repair*)
- c. Perbaikan secara menyeluruh (*Overhaul*)

2. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance adalah perawatan yang dilakukan secara terencana sebelum terjadinya kerusakan untuk mencegah terjadinya kerusakan dengan tiba-tiba. Tindakan *preventive maintenance* meliputi:

- a. Pemeriksaan (*inspection*)
 - b. Pembersihan (*cleaning*)
 - c. Pelumasan dan *setting*
3. *Predictive maintenance*

Predictive maintenance adalah suatu aktivitas pemeliharaan / perawatan yang disesuaikan ke arah indikasi dimana suatu peralatan sedang berada pada kurva keausan yang kritis dan memprediksi masa penggunaannya (Ya'umar dan Totok R. Biyanto, 2006).

Tujuan utama tindakan perawatan antara lain (Antony Corder, 1988):

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan *asset*
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi / jasa dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum yang mungkin
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamatan
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut

2.3 Konsep *Reliability* (Keandalan)

Reliability (keandalan) didefinisikan sebagai peluang (*probability*) suatu unit atau sistem berfungsi normal, jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk suatu periode waktu tertentu (Vincent Gaspersz, 1992). Pada awalnya keandalan

merupakan ilmu yang menerapkan konsep peluang dalam memecahkan persoalan, tetapi seiring dengan perkembangan teknologi keandalan sering diterapkan dalam sistem industri misalnya dalam menentukan penjadwalan perawatan dan menentukan jumlah suku cadang dalam kegiatan perawatan. Sebelum mengetahui lebih lanjut mengenai keandalan perlu diketahui mengenai fungsi kegagalan.

Pada dasarnya laju kegagalan / tingkat kerusakan didefinisikan sebagai kerusakan suatu produk per unit ukuran tertentu, misalnya per waktu tertentu, per jarak tempuh tertentu, atau per putaran tertentu. Laju kerusakan suatu produk biasanya digambarkan dengan kurva yang biasa disebut “*Bathup Curve / Kurva Cawan*”.

Menurut Walpole (1989), Reliabilitas / keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas atau kemungkinan suatu sistem (komponen) akan berfungsi selama periode t . Secara matematis fungsi keandalan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \text{Probabilitas } \{T \geq 0\}$$

$$F(t) = 1 - R(t) = \text{Probabilitas } \{T < t\}$$

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

Keterangan:

T = waktu sistem akan rusak $T \geq 0$.

$R(t)$ = sebagai fungsi keandalan/reliability.

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif/*cumulative distribution function* (CDF) dari distribusi kerusakan

$f(t)$ = fungsi probabilitas kerusakan

Nilai keandalan berkisar antara 0 – 1, dimana nilai 0 berarti keandalan sangat rendah dan komponen tidak dapat dipakai. Sedangkan nilai 1 menunjukkan keandalan yang tinggi.

2.4 Laju Kerusakan

Laju kerusakan/kegagalan didefinisikan sebagai peluang suatu alat yang jatuh rusak dalam waktu sesaat kemudian atau suatu sistem dalam interval waktu (t_1, t_2) dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi kegagalan, $f(t)$, sebagai berikut (Vincent Gaspersz, 1992):

$$\int_{t_2}^{t_1} f(t)dt = \int_{-\infty}^{t_2} f(t)dt - \int_{-\infty}^{t_1} f(t)dt = F(t_2) - F(t_1)$$

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt$$

Terdapat hubungan antara fungsi kegagalan dan fungsi keandalan sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

Keterangan:

$R(t)$ = fungsi keandalan (*reliability fuction*)

$f(t)$ = fungsi probabilitas kerusakan

$F(t)$ = menunjukkan peluang bahwa sistem akan gagal pada saat t yang ditentukan berdasarkan konsep

Karena terdapat hubungan antara fungsi kegagalan dan fungsi keandalan maka peluang kegagalan sistem dapat dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut:

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t)dt = \int_{t_1}^{\infty} f(t)dt - \int_{t_2}^{\infty} f(t)dt = R(t_1) - R(t_2)$$

2.5 Fungsi Distribusi Kerusakan

Beberapa fungsi dapat digunakan untuk menguraikan distribusi kerusakan, seperti fungsi probabilitas $f(t)$, fungsi *cumulative* $F(t)$ dan fungsi laju kerusakan

$\lambda(t)$. Fungsi distribusi yang sering digunakan untuk menganalisa kerusakan karena *fatigue* dari material serta umur suatu alat antara lain (Walpole, 1989):

2.5.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering digunakan untuk menggambarkan distribusi probabilitas yang kontinu. Distribusi ini juga menggambarkan jarak waktu antara kejadian tersebut. Distribusi ini mempunyai tingkat kegagalan yang bersifat konstan terhadap waktu dan tidak tergantung pada umur komponen.

Failure Density Function:

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

Dengan $t > 0$ and $\lambda > 0$ dan $f(t) = 0$ for $t \leq 0$.

Density function (a) diwakili oleh *cummulative failure distribution* dan *survivor function*.

Cumulative Failure Distribution :

$$F(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

Survivor Function:

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

Hazard Rate:

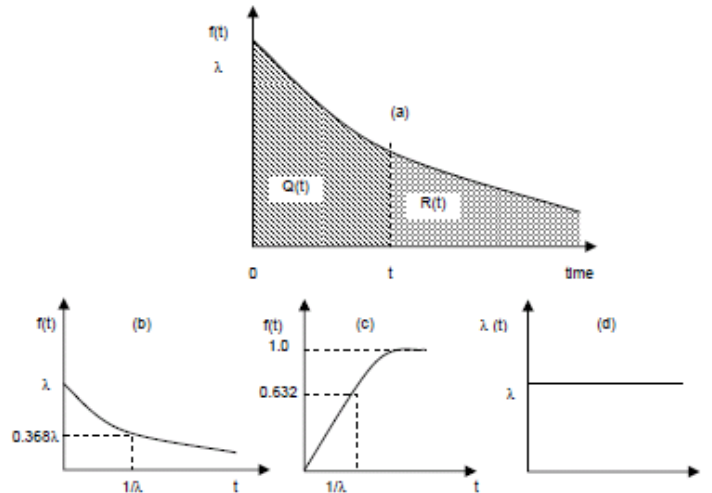
$$r(t) = \lambda$$

Keterangan:

λ = laju kerusakan

t = waktu melakukan pergantian

e = bilangan eksponensial = 2.7183



Gambar 2.1 a) $F(t)$ dan $R(t)$; b) Failure; c) *Cumulative Failure Distribution*; d) *Hazard*

Rate

2.5.2 Distribusi Normal

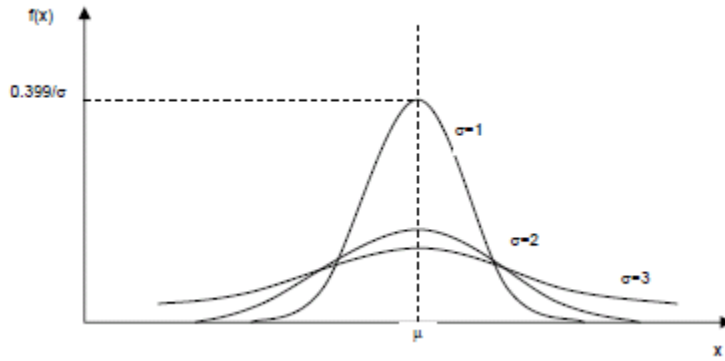
Distribusi normal disebut juga distribusi gauss, distribusi ini berbentuk kurva lonceng. Distribusi normal juga sering digunakan untuk pengujian hipotesis yang mengasumsikan normalitas data. Distribusi ini juga sering digunakan untuk menggambarkan laju kerusakan yang meningkat.

Probability density function:

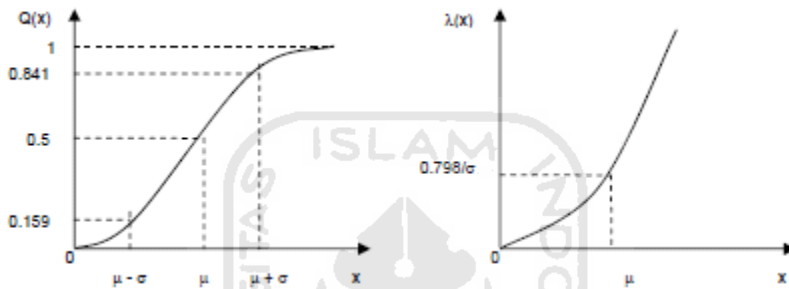
$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right], -\infty \leq t \leq \infty$$

Dimana μ merupakan MTTF, sehingga *cumulative failure distribution* menjadi:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{(t'-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt'$$



Gambar 2.2 Probability density function distribution normal



Gambar 2.3 Cummulative distribution function dan Hazard rate

Hazard Rate:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)}$$

Keterangan:

σ = standart deviasi

t = waktu melakukan pergantian

μ = rata-rata melakukan penggantian komponen

2.5.3 Distribusi Log-normal

Distribusi log-normal digunakan untuk menggambarkan distribusi kegagalan untuk berbagai situasi.

Probability density function dari distribusi normal:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi st} \exp\left\{-\frac{1}{2s^2} \left[\ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)\right]^2\right\}, t \geq 0$$

Cummulative Failure Distribution:

$$F(t) = \left[\frac{1}{s} \ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right) \right],$$

Survivor Function:

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

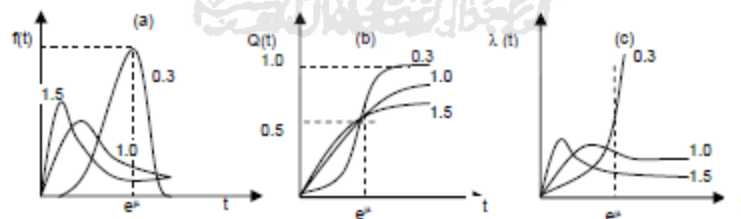
Hazard Rate:

$$\lambda(t) = \frac{t(t)}{1 - \theta \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)}$$

Keterangan:

s = parameter bentuk

t_{med} = parameter lokasi



Gambar 2.4 Lognormal *reliability function*. a) *Failure Density Function*; b)

Cummulative Failure Distribution; c) *Hazard Rate*

2.5.4 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan salah satu yang sering digunakan dalam perhitungan *reliability* (keandalan) karena kemampuannya untuk mendekati berbagai jenis sebaran data.

Failure Density Function:

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

Cummulative Failure Distribution:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-(t/\alpha)^\beta\right] = 1 - R(t)$$

Survivor Function:

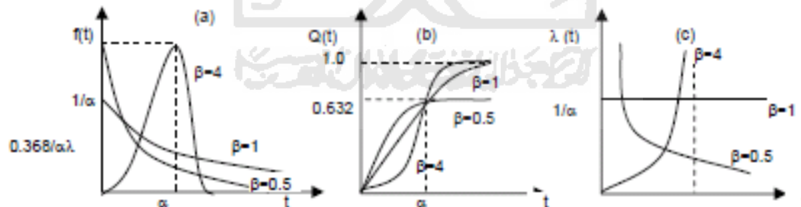
$$R(t) = \exp\left[-(t/\alpha)^\beta\right]$$

Hazard Rate:

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

Keterangan:

- α = parameter skala
- β = parameter bentuk
- t = waktu



Gambar 2.5 Weibull *Reliability Function*; a) *Failure Distribution*; b) *Cumulative Failure Distribution*; c) *Hazard Rate*

2.6 Mean Time To Failure

Mean time to failure (MTTF) adalah rata-rata waktu sistem akan beroperasi sampai terjadinya kerusakan pertama kali. Perhitungan MTTF untuk setiap distribusi antara lain:

- a. Distribusi Exponensial

$$MTTF = 1/\lambda$$

- b. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

- c. Distribusi Log-normal

$$MTTF = t_{med} \exp(s^2/2),$$

- d. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta'(1 + 1/\beta)$$

2.7 Mean Time To Repair

Mean time to repair (MTTR) adalah waktu rata-rata untuk memperbaiki komponen karena mengalami kerusakan/kegagalan. Perhitungan MTTR untuk setiap distribusi antara lain:

- a. Distribusi Exponensial

$$MTTR = 1/\lambda$$

- b. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu$$

- c. Distribusi Log-normal

$$MTTR = t_{med} \exp(s^2/2),$$

- d. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta'(1 + 1/\beta)$$

2.8 Pergantian Komponen Kritis dengan Meminimumkan Downtime

Model penetapan interval perawatan pencegahan dalam hal ini pergantian pencegahan yang telah dikembangkan dengan mempertimbangan ketersediaan jumlah teknisi untuk meminimumkan *downtime* adalah model Jardine. Pada model tersebut

melakukan pergantian komponen pada selang waktu tp dengan mempertimbangkan probabilitas terjadinya penggantian komponen akibat kerusakan dalam selang waktu tp tersebut.

Nilai harapan banyaknya kerusakan yang terjadi $H(tp)$ pada panjang siklus tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$H(tp) = \sum_{i=0}^{T_p-1} [1 + H(tp - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t)dt$$

Keterangan:

$H(tp)$ = banyaknya kerusakan kegagalan dalam interval waktu $(0, tp)$ merupakan nilai harapan.

$f(t)dt$ = fungsi kepekaan peluang (p.d.f)

tp = interval waktu kerusakan

penetapan interval pencegahan (t_p) yang optimal mempergunakan persamaan (Jardine, 1973):

$$D(t_p) = \frac{\text{Total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{Ekspektasi Panjang siklus}}$$

Keterangan:

Total ekspektasi kdowntime per siklus (EDS) = (downtime yang terjadi pada siklus pencegahan (preventive cycle) * probabilitas terjadi siklus pencegahan) + (ekspektasi downtime yang terjadi pada siklus kerusakan (failure cycle) * probabilitas terjadinya siklus kerusakan) atau $EDS = T_p * R(tp) + Tf[l - R(tp)]$

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS) = (panjang siklus pencegahan * probabilitas terjadinya siklus pencegahan) + (ekspektasi panjang siklus kerusakan * probabilitas terjadinya siklus kerusakan) atau $EPS (tp + T_p) * R(tp) + (M(tp)tf) * [1 - R(tp)]$

Jika $f(t)$ merupakan fungsi mean time failure maka probabilitas terjadinya siklus pencegahan $[R(tp)]$ sama dengan probabilitas terjadinya kerusakan setelah waktu tp .

Maka fungsi keandalannya menjadi:

$$R(tp) = \int_0^{\infty} f(t) dt$$

Nilai rata-rata distribusi waktu kerusakan (*Mean Time to Failure = MTTF*) dari suatu distribusi adalah:

$$\int_{-\infty}^{\infty} tf(t) dt$$

Dimana pada distribusi normal selang waktu kerusakan merupakan rata-rata dari distribusi tersebut. Jika penggantian pencegahan dilakukan pada waktu tp maka nilai tengah dari distribusi kerusakan $[M(tp)]$ adalah:

$$MTTF = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} tf(t) dt}{1 - R(tp)} = \frac{MTTF}{1 - R(tp)}$$

Sehingga total downtime per unit waktu:

$$D(tp) = \frac{Tp * R(tp) + Tf * (F(tp))}{(tp + Tp) * R(tp) + (M(tp) + Tf) * (F(tp))}$$

Keterangan:

tf = waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan mesin

Tp = waktu untuk melakukan perawatan preventif

tp = panjang interval waktu untuk melakukan pergantian

$MTTF$ = *Mean time to failure*/rata-rata waktu antar kerusakan

$R(tp)$ = probabilitas terjadinya siklus pencegahan

$F(tp)$ = probabilitas terjadinya siklus kerusakan

$D(tp)$ = total downtime per unit waktu

$M(tp)$ = Rata-rata waktu antar kerusakan per probabilitas terjadinya siklus pencegahan

2.9 Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Optimal

Dalam melaksanakan tindakan perawatan, selain melakukan penggantian pencegahan juga diperlukan tindakan pemeriksaan yang dilakukan secara berkala, model pemeriksaan ini mengikuti model yang dikemukakan Jardine (1973). Melalui model pemeriksaan ini diharapkan dapat diperoleh suatu pemecahan yang dapat mengidentifikasi level yang paling optimal untuk melakukan pemeriksaan dan selanjutnya diharapkan dengan adanya kegiatan tersebut dapat mengurangi laju kerusakan dan *downtime*.

Total downtime setiap satuan waktu dapat dijabarkan dalam bentuk suatu fungsi dari frekuensi pemeriksaan (n) yaitu (Jardine, 1973):

$D(n)$ = penjumlahan downtime yang terjadi karena perbaikan per unit waktu dengan downtime yang terjadi karena pemeriksaan per unit.

$$D(n) = \lambda(n) \cdot Tf + n \cdot Ti$$

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2}$$

$$k = \frac{\text{frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}}$$

Keterangan:

$\lambda(n)$ = laju kerusakan yang terjadi

Tf = waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

Ti = waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)

N = jumlah pemeriksaan (frekuensi) yang dilakukan per satuan waktu

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n^2 \lambda} + \frac{n}{i}$$

Jika persamaan $D(n)$ diatas dideferensialkan menjadi:

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \mu} + \frac{1}{i} = 0$$

Sehingga frekuensi pemeriksaan:

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

2.10 Konsep *Availability* (Ketersediaan)

Availability dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, E. Charles, 1997). Secara definisi ada 3 macam *availability* yaitu:

a. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D'(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \mu} + \frac{n}{i}$$

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \mu} + \frac{1}{i} \text{ maka } A(n) = 1 - D(n)$$

Keterangan:

$\lambda(n)$ = laju kerusakan saat n

n = frekuensi pemeriksaan

μ = rata-rata melakukan penggantian komponen

i = waktu rata-rata pemeriksaan

b. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$D(tp) = \frac{Tp R(tp) + Tf F(tp)}{(tp + Tp) \cdot R(tp) + [M(tp) + Tf] \cdot F(tp)}$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1 - R(tp)}$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

Keterangan:

t_f = waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan mesin

T_p = waktu untuk melakukan perawatan preventif

t_p = panjang interval waktu untuk melakukan pergantian

MTTF = *Mean time to failure*/rata-rata waktu antar kerusakan

$R(t_p)$ = probabilitas terjadinya siklus pencegahan

$F(t_p)$ = probabilitas terjadinya siklus kerusakan

$D(t_p)$ = total *downtime* per unit waktu

$M(t_p)$ = Rata-rata waktu antar kerusakan per probabilitas terjadinya siklus pencegahan

c. *Availability* total

$$\text{Availability} = A(n) * A(t_p)$$

2.11 Penentuan Persediaan Suku Cadang

Dalam perawatan suatu mesin membutuhkan juga suku cadang mesin dengan kondisi yang baik dan hal tersebut juga mempengaruhi ketersediaan suku cadang yang memadai. Untuk mengatur keluar masuknya suku cadang sehingga perlu adanya pengendalian suku cadang yang baik. Informasi yang diperlukan untuk menentukan persediaan optimum adalah sebagai berikut:

- a. Permintaan
- b. Biaya Persediaan
- c. Tenggang Waktu

2.11.1 Biaya – Biaya Persediaan

Terdapat empat kategori biaya yang terkait dengan keputusan persediaan yaitu:

- a. Biaya pembelian (*Purchase Cost*)

Biaya pembelian adalah harga yang harus dibayar untuk setiap item barang. Ada dua macam kemungkinan untuk harga barang yaitu harga barang per unit tetap dan harga barang per unit yang berubah (adanya potongan harga / *discount*).

b. Biaya pemesanan (*Ordering Cost/Preparation Cost*)

Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan barang. Biaya pemesanan dapat berupa biaya penulisan pemesanan, biaya proses pemesanan, biaya materai/perangko, biaya faktur, biaya pengetesan, biaya pengawasan dan biaya transportasi.

c. Biaya penyimpanan (*Carrying Cost/Holding Cost*)

Biaya penyimpanan terdiri dari beberapa komponen:

Biaya modal meliputi *opportunity cost* (biaya modal yang diinvestasikan dalam persediaan, gedung, dan peralatan yang diperlukan untuk pengadaan dan pemeliharaan barang)

Biaya simpan meliputi biaya sewa gedung, perawatan dan perbaikan bangunan, biaya listrik, gaji personil keamanan, biaya modal dan lain-lain.

Biaya resiko meliputi biaya keusangan, asuransi persediaan dan biaya kehilangan.

d. Biaya kekurangan persediaan (*Cost of Stortage*)

Biaya kekurangan persediaan adalah biaya yang timbul karena persediaan tidak tersedia di gudang ketika dibutuhkan (*out of stock*).

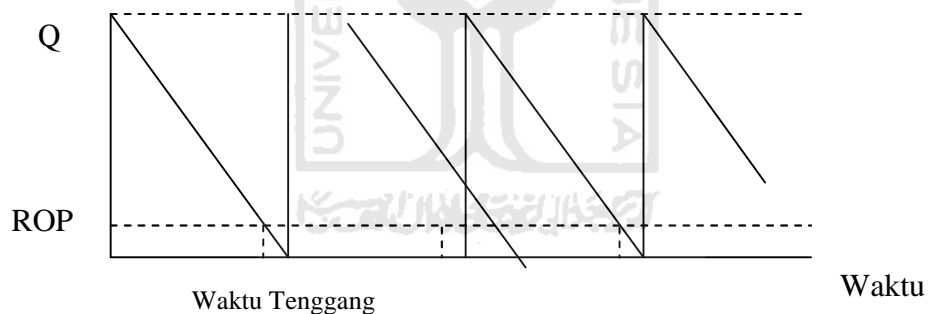
2.11.2 Model Persediaan Deterministik (EOQ)

EOQ merupakan model manajemen persediaan yang lama tetapi masih sering digunakan sampai saat ini. Model EOQ biasa digunakan untuk mengetahui berapa jumlah komponen dan kapan melakukan pemesanan kembali sehingga biaya total

(meliputi biaya pesan, biaya simpan) menjadi minimum dengan besarnya ukuran lot yang relatif konstan. Beberapa asumsi yang dibuat untuk mendukung model tersebut antara lain:

- a. Tingkat pemakaian diketahui dengan pasti
- b. *Demand* / kebutuhan diketahui konstan
- c. *Lead time* yaitu selang waktu antara saat pemesanan dilakukan sampai saat datangnya pesanan diketahui konstan dan lebih besar/sama dengan nol
- d. *Quantity discount* tidak dimungkinkan
- e. Biaya pemesanan dan harga beli per unit adalah konstan
- f. Biaya penyimpanan per unit adalah konstan
- g. *Stock outs/shortage* dapat dihindari jika pesanan datang tepat waktu

Ilustrasi model persediaan dapat digambarkan sebagai berikut (Zulian Yamit 1999):



Gambar 2.6 Model Persediaan

Dari gambar 2.6 memperlihatkan dimana Q adalah jumlah pembelian dan ketika pemesanan diterima, jumlah persediaan yang sama dengan Q . Ketika tingkat penggunaan tetap, persediaan akan habis dalam waktu tertentu dan ketika persediaan tinggal sebanyak kebutuhan selama tenggang waktu maka perlu melakukan pemesanan kembali (*reorder point/ROP*). Garis vertical menunjukkan penerimaan pesanan ketika persediaan nol dengan demikian rata-rata persediaan adalah $(Q+0)/2$

atau $Q/2$. Jika tidak terjadi kekurangan persediaan, maka total biaya persediaan per tahun ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2}$$

Keterangan :

R = jumlah kebutuhan dalam unit

P = biaya pembelian per unit

C = biaya pemesanan setiap kali pesan

$H = PT$ = biaya simpan per unit per tahun

Q = jumlah pemesanan dalam unit

T = persentase total biaya simpan per tahun

Untuk memperoleh biaya minimum setiap kali pemesanan (EOQ), dapat melakukan dengan cara menderivasikan total biaya dengan jumlah pemesanan (Q) sama dengan nol.

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{CR}{Q^2} = 0$$

menjadi:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}} = \sqrt{\frac{2CR}{PT}} = EOQ$$

Frekuensi pemesanan selama satu tahun

$$F = \frac{R}{Q^*} = \sqrt{\frac{HR}{2C}}$$

Waktu interval pemesanan

$$V = \frac{1}{F} = \frac{Q^*}{R} = \sqrt{\frac{2C}{HR}}$$

Reorder Point (ROP) adalah titik dimana dilakukan pemesanan kembali untuk menghindari kehabisan *stock* komponen dan besarnya jumlah yang perlu dipesan. Formulasi berikut digunakan untuk menentukan kapan melakukan pemesanan kembali bila tenggang waktu pemesan L ditentukan dalam bulan atau minggu.

$$B = \frac{RL}{12} = ROP \text{ unit}$$

$$B = \frac{RL}{52} = ROP \text{ unit}$$

Jika jumlah pemesanan kembali (B) lebih kecil dari jumlah pemesanan (Q) atau $B < Q$, maka tidak akan pernah kekurangan persediaan. Sedangkan jika jumlah pemesanan kembali (B) lebih besar dari jumlah pemesanan (Q) atau $B > Q$, maka akan terjadi kekurangan persediaan dalam setiap pemesanan.

Sebelum menghitung ROP-nya perlu dihitung terlebih dahulu *savety stock*. *Savety stock* adalah cadangan persediaan penyelamatan. *Savety stock* dilakukan karena datangnya komponen yang dipesan memungkinkan tidak tepat waktu, sehingga memungkinkan untuk kehabisan persediaan. Besarnya *savety stock* tergantung pada ketidakpastiaan pasokan maupun permintaan. Pada situasi normal, ketidakpastian pasokan diwakili dengan standart deviasi leadtime dari supplier. Sedangkan ketidakpastian permintaan biasanya diwakili dengan standart deviasi besarnya permintaan per periode.

Nilai S_{dl} bisa dicari dengan mengumpulkan langsung data permintaan selama leadtime untuk suatu periode yang cukup panjang atau diperoleh dengan terlebih dahulu mendapatkan data rata-rata dan standart deviasi dari dua komponen penyusunnya yaitu permintaan per periode dan lead time. Dengan mendapatkan empat parameter tersebut maka nilai S_{dl} bisa dihitung sebagai berikut:

$$S_{dl} = \sqrt{(d^2 \times S_l^2 + l \times S_d^2)}$$

Keterangan:

S_l dan S_d = Standart deviasi leadtime dan standart deviasi permintaan per periode

Dengan menggunakan rumus diatas, maka dapat dilihat empat kondisi sebagai berikut:

variabel	$S_{dl} = S_d \times \sqrt{l}$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh ketidakpastian permintaan	$S_{dl} = \sqrt{(d^2 \times S_l^2 + l \times S_d^2)}$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh interaksi dua ketidakpastian
permintaan	Tidak perlu <i>safety stock</i> , Situasi deterministik ($S_d = 0$)	$S_{dl} = d \times S_l$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh ketidakpastian <i>lead time</i>
konstan	konstan	variabel

Gambar 2.7 Penentuan *safety stock* dengan perhitungan permintaan dan leadtime

Berdasarkan ada dan tidaknya *safety stock*, maka penentuan ROP dibagi dua yaitu:

- a. Tanpa kebijakan *safety stock*

$$ROP = \frac{EOQ}{\text{lama perputaran pemakaian}} \times \text{leadtime}$$

- b. Dengan kebijakan *safety stock*

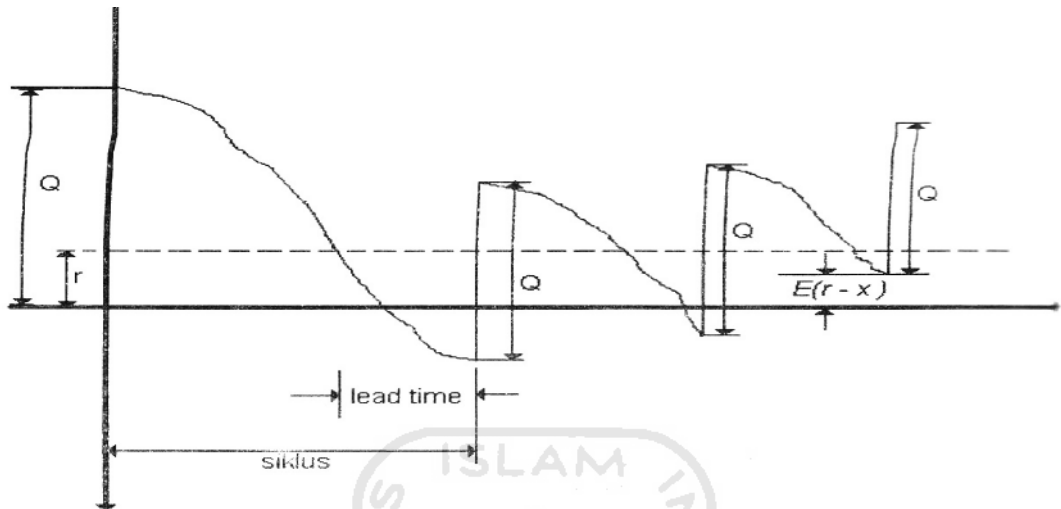
$$ROP = \left(\frac{EOQ}{\text{lama perputaran pemakaian}} \times \text{leadtime} \right) + \text{safety stock}$$

2.12 Model Persediaan Probabilitistik

2.12.1 Persediaan Probabilistik, Model Continuous Review: Kasus Back Order

Dalam kebijakan model ini level *inventory* ditinjau kontinyu dan pemesanan ukuran Q diletakkan setiap waktu jika level inventori mencapai level pemesanan r,

objektifnya adalah untuk mendapatkan nilai optimum dari Q dan r bahwa perkiraan biaya inventory per unit waktu minimal. model ini dapat digambarkan sebagai berikut (Agus Ristono,2009):



Gambar 2.8 *Review* model-probabilitas kontinyu

Notasi berikut akan digunakan untuk menjelaskan model:

D = rata-rata permintaan/demand (unit/tahun)

h = Biaya simpan (Rp/unit)

π = biaya kekurangan persediaan (Rp/unit)

A = biaya pemesanan (Rp/pesan)

χ = rata-rata permintaan saat leadtime (unit)

$G(x, t)$ = kondisi probabilitas fungsi padatan (p.d.f) terhadap permintaan x selama leadtime $t, x > 0$ (unit)

$l(t)$ = p.d.f dari leadtime $t, t > 0$ (waktu)

$f(x)$ = p.d.f dari permintaan x saat leadtime (unit)

Q = jumlah pemesanan per siklus (unit/siklus)

r = level pemesanan inventori/reorder level (unit)

$S(x)$ = jumlah kekurangan per siklus (unit)

$\bar{S}(x)$ = ekspektasi jumlah kekurangan per siklus (unit)

N = Jumlah pemesanan per tahun, $N = \frac{D}{Q}$ (kali/tahun)

Fungsi mencari nilai absolute p.d.f pemesanan x selama leadtime adalah

$$f(x) = \int_0^x g(x,y)j(t)dt$$

Total biaya inventory meliputi total biaya pemesanan, total biaya penyimpanan dan total biaya biaya kekurangan persediaan dalam model ini, kita mengasumsikan bahwa kekurangan persediaan adalah backorder. Model yang digunakan untuk menentukan setiap komponen adalah sebagai berikut:

a. Biaya pemesanan

Biaya yang dibutuhkan setiap kali melakukan pemesanan adalah sebesar A . Jika frekuensi setiap pemesanan tiap tahun adalah $N = D/Q$ maka total biaya pemesanan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Biaya pemesanan} = \frac{AD}{Q}$$

b. Biaya simpan

Total rata-rata biaya simpan inventori adalah $h * I$, dimana I adalah rata-rata selisih inventori setiap siklus. Perhatikan perkiraan nilai terhadap seluruh siklus. perhatikan gambar 2.9.

Level z hanya terjadi sebelum kedatangan pesanan dan level y hanya terjadi ketika pesanan datang. Sehingga rata-rata inventori yang terjadi adalah:

$$\bar{I} = E\{z\} + \frac{1}{2}(E\{y\} - E\{z\})$$

Karena pemesanan dinyatakan dengan r dan permintaan terjadi terhadap leadtime adalah I , dari r ke z maka:

$$E\{z\} = \int_0^{\infty} (r-x)f(x)dx = r - E\{x\}$$

Ketika pesanan datang, maka level inventori nasik sebesar Q , sehingga:

$$E\{y\} = E\{z\} + Q = r - E\{x\} + Q$$

sehingga rata-rata inventori dihitung sebagai berikut:

$$\bar{I} = E\{z\} + \frac{1}{2}(E\{y\} - E\{z\}) = \frac{Q}{2} + r - E\{x\}$$

karena permintaan saat *leadtime* $E\{x\} = D_l$, maka:

$$\bar{I} = \frac{Q}{2} + r - D_l$$

Keterangan:

- \bar{I} = rata-rata selisih inventori (unit)
- z = *level inventory* sesaat sebelum pesanan datang (unit)
- y = *level inventory* saat pesanan datang (unit)
- D_l = permintaan saat *leadtime* (unit)
- Q = jumlah pemesan (unit)
- r = *reorder level*

Persamaan \bar{I} diatas merupakan perkiraan nilai \bar{I} yang sesungguhnya, karena model diatas dibangun dengan konsep inventori sebuah periode.

c. Biaya pemesanan kembali (*backorder*)

Ketika terjadi kekurangan, maka jumlah kekurangannya adalah:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq r \\ x - r, & x > r \end{cases}$$

Dan ekpektasi jumlah kekurangan per siklus $\bar{S}(x)$ adalah

$$\bar{S}(x) = \int_0^{\infty} S(x)f(x)dx = \int_0^{\infty} (x-r)f(x)dx$$

$$\bar{S}(x) = \int_r^{\infty} (x-r) \frac{1}{D_l}$$

dimana $f(x)$ adalah fungsi dari permintaan x atau D_l saat leadtime dan r adalah nilai asumsi dari permintaan saat leadtime yang mengikuti distribusi uniform dari range 0 sampai nilai dari D_l jika 1 tahun ada N siklus, maka ekpektasi kekurangan persediaan per tahun adalah:

$$\bar{S}(x)(N) = \frac{\bar{S}(x)D}{Q}$$

Sehingga total biaya inventornya:

$$TC(Q, r) = \text{Biaya pemesanan} + \text{Biaya simpan} + \text{Biaya back order}$$

$$TC(Q, r) = \frac{AD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + r - D_l\right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x)$$

Nilai optimal Q dan r diperoleh dengan:

$$\frac{\partial TC(Q, r)}{\partial Q} = \frac{-AD}{Q^2} + h\frac{1}{2} - \frac{\pi DS(x)}{Q^2} = 0$$

$$\frac{\partial TC(Q, r)}{\partial r} = h - \frac{\pi D}{Q} \int_r^{\infty} f(x) dx = 0$$

Keterangan:

$\partial TC(Q, r)$ = deferensial total biaya inventory continuous review

∂Q = deferensial jumlah pemesanan

∂r = deferensial reorder level

Dari persamaan berikut ini diperoleh:

$$\frac{\partial TC(Q, r)}{\partial Q} = \frac{-AD}{Q^2} + h\frac{1}{2} - \frac{\pi DS(x)}{Q^2} = 0$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D[A + \pi S(x)]}{h}}$$

Dan dari persamaan berikut diperoleh:

$$\frac{\partial TC(Q, r)}{\partial Q} = h - \frac{\pi D}{Q} \int_0^{\infty} f(x) dx = 0$$

$$\int_r^{\infty} f(x) dx = \frac{hQ^*}{\pi D}$$

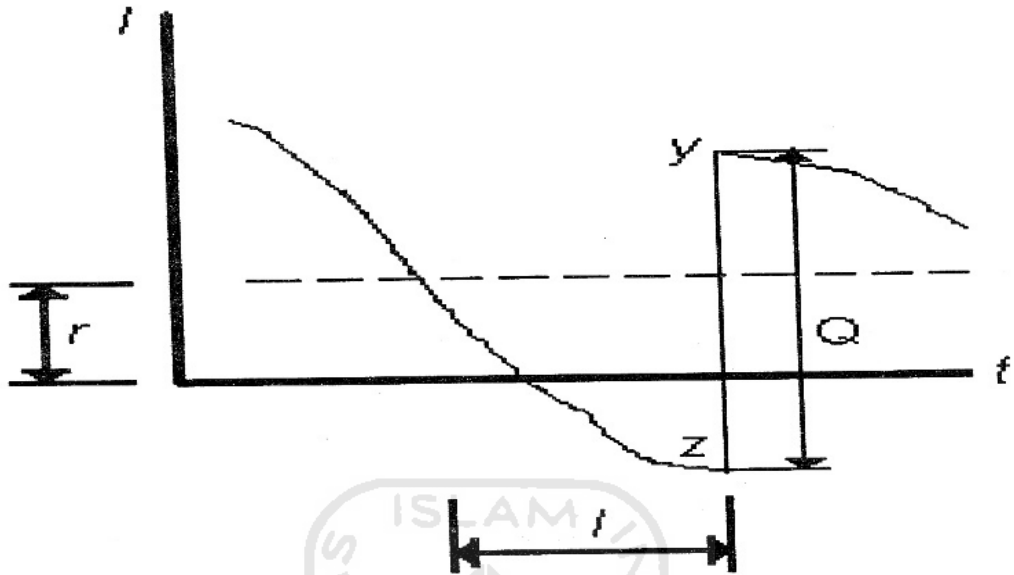
Persamaan yang terakhir diatas menggambarkan hubungan antara reorder level dengan parameter biaya. Jika π sangat lebih besar dari h , maka akan lebih baik jika menyimpan banyak inventory daripada menanggung resiko kehabisan persediaan. Adapun langkah-langkah iterative untuk mencari nilai r^* dan Q^* (r optimal dan Q optimal adalah:

1. Set $\bar{S}(x) = 0$, dan hitung $Q^* = Q_1 = \sqrt{\frac{2DA}{h}}$
2. Hitung r_i yang berhubungan dengan Q_i
3. Hitung $\bar{S}(x)$, dan kemudian hitung Q_i^*
4. Hitung r_i dengan menggunakan Q_i^* hasil langkah 3
5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai didapat nilai r dan Q yang hampir sama di setiap iterasinya.
6. Tetapkan nilai Q dan r hasil langkah 5 sebagai solusi optimal (Q^* dan r^*)

2.12.2 Persediaan Probabilistik, Model Continuous Review: Kasus Lost Sales

Terdapat dua macam perbedaan antara model lot sales dengan model backorder. pertama biaya kehabisan persediaan (π) didefinisikan sebagai kerugian karena tidak mendapatkan profit. dalam kasus back order, biaya tidak masuk biaya kerugian karena tidak mendapatkan profit, karena semua permintaan bisa terpenuhi. Kedua dampak dari kehabisan persediaan model ini harus dimasukkan dalam

pembangunan model pencarian level inventory (I). Hal ini dapat dijelaskan pada gambar berikut (Agus Ristono,2009):



Gambar 2.9 Siklus inventori dengan *stock out*

Sehingga, rata-rata inventori:

$$\bar{I} = E\{z\} + \frac{1}{2}(E\{y\} - E\{z\})$$

dimana

$$E\{z\} = \int_0^r (r-x)f(x)dx$$

Perbedaan $E\{z\}$ dalam model ini dengan model backorder adalah apabila permintaan saat *leadtime* melebihi *reorder level*, maka kelebihan permintaan itu dianggap hilang (lost sales), sehingga model ini level inventory tidak mungkin berharga *negative*, sehingga:

$$E\{z\} = \int_0^{\infty} (r-x)f(x)dx + \int_0^{\infty} (x-r)f(x)dx = r - E\{x\} + \bar{S}(x)$$

Dimana

$$E\{x\} = D_t$$

juga

$$E\{y\} = E\{z\} + Q = r - E\{x\} + \bar{S}(x) + Q$$

sehingga

$$\bar{I} = r - D_l + \bar{S}(x) + \frac{Q}{2}$$

Total biaya inventornya:

$$TC(Q, r) = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l + \bar{S}(x) \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x)$$

Keterangan:

- \bar{I} = rata-rata selisih inventory (unit)
 z = level inventory sesaat sebelum pesanan datang (unit)
 y = level inventori saat pesanan datang (unit)
 D_l = permintaan saat leadtime (unit)
 Q = jumlah pemesan (unit)
 r = *reorder level*

Setelah persamaan diturunkan didapat:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(A + \pi \bar{S}(x))}{h}}$$

$$\int_r^\infty f(x) dx = \frac{hQ^*}{hQ^* + \pi D}$$

Pencarian Q^* dan r^* dilakukan dengan cara iterative dengan langkah-langkah sama dengan model *backorder*. adpaun langkah-langkah untuk mendapatkan Q^* dan r^* adalah:

1. Set $\bar{S}(x) = 0$, dan hitung $Q^* = Q_1 = \sqrt{\frac{2DA}{h}}$
2. Hitung r_i yang berhubungan dengan Q_i

3. Hitung $\bar{S}(x)$, dan kemudian hitung Q_i^*
4. Hitung r_i dengan menggunakan Q_i^* hasil langkah 3
5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai didapat nilai r dan Q yang hampir sama di setiap iterasinya.
6. Tetapkan nilai Q dan r hasil langkah 5 sebagai solusi optimal (Q^* dan r^*)

2.13 Perhitungan Biaya Perawatan

Menurut Willyanto Anggono (2005), Model perhitungan total ekspektasi biaya pergantian bertujuan untuk menentukan selang waktu penggantian komponen yang optimal adalah meminimumkan total ekspektasi biaya penggantian per satuan waktu. Persamaan berikut merupakan total ekspektasi biaya-biaya penggantian persatuan waktu:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

Keterangan :

$TC(tp)$ = total ekspektasi biaya penggantian komponen per satuan waktu

Ci = total biaya akibat perawatan *preventif replacement*

Cr = biaya-biaya akibat perbaikan *preventif replacement*

$R(tp)$ = probabilitas komponen andal selama waktu (tp)

Tr = waktu antr kerusakan atau MTTR

Ti = jumlah menit dalam jam (1 jam = 60 menit)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti atau lebih dikenal dengan nama “JOGLOSEMAR” yang bergerak di bidang jasa transportasi darat. Objek penelitian yang di ambil adalah di bagian perawatan bus khususnya bus yang sering mengalami kerusakan dibanding bus yang lain.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari obyek yang diteliti. teknik pengambilan datanya antara lain:

a. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pihak-pihak yang bekerja dibidang maintenance dan yang mengerti mengenai mesin-mesin yang digunakan.

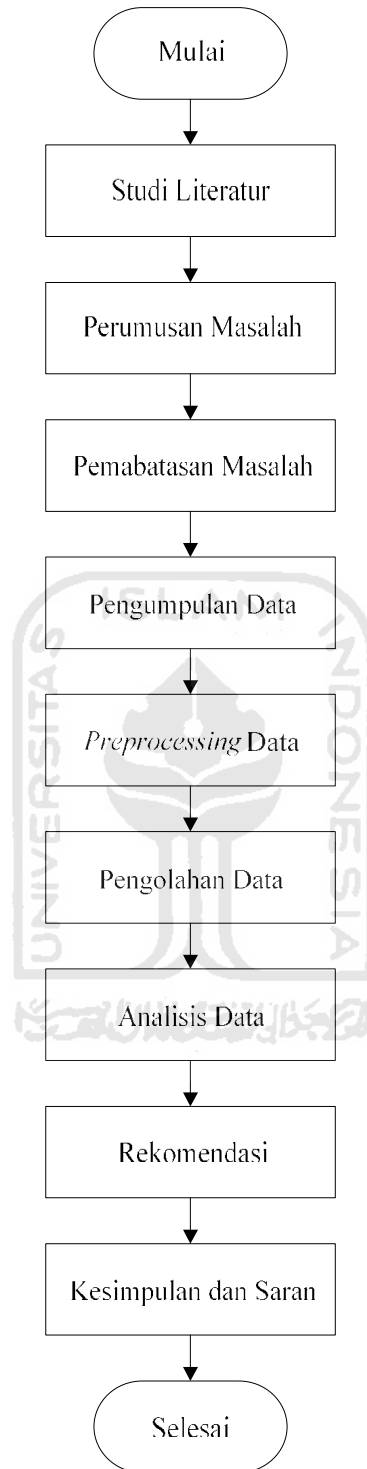
b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara meninjau langsung area kerja dan mengamati cara kerja mesin.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil secara tidak langsung, hal tersebut dapat diperoleh dari literature-literatur dan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan *maintenance*.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan ada dua macam yaitu:

a. Studi literatur deduktif

Studi literature secara deduktif dilakukan dengan cara membaca penelitian-penelitian sebelumnya baik berupa jurnal / *prosiding* dari seminar nasional maupun internasional dan skripsi untuk membantu topik yang akan diangkat untuk penelitian

b. Studi literatur induktif

Studi literature secara induktif didapat dari literature buku-buku penunjang penelitian dan bahan referensi elektronik.

3.3.2 Perumusan Masalah

Setelah kajian literatur maka dilanjutkan dengan merumuskan masalah yang terjadi dalam studi kasus. Pada penelitian ini yang menjadi masalah adalah

4. Apa komponen mesin kritis yang terpilih?
5. Kapan jadwal perawatan yang tepat?
6. Berapa jumlah dan kapan melakukan pemesanan *sparepart* yang tepat dan estimasi biaya yang optimal?

3.3.3 Pembatasan Masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan batasan-batasan masalah dengan mengarah pada perumusan masalah. Hal tersebut dilakukan agar tujuan dari penelitian dapat tercapai. Dari studi kasus yang ada peneliti membatasi masalah dengan mengambil data di PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti dengan data bulan Juli 2010 sampai Juli 2011.

3.3.4 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam proses pengumpulan data antara lain:

a. Data Umum Perusahaan

Data umum perusahaan yang dimaksud adalah data mengenai sejarah perusahaan, proses produksi dan pengaturan jam kerja karyawan.

b. Data Jenis Mesin yang Digunakan

Data jenis mesin yang digunakan untuk mengetahui mesin-mesin apa saja yang digunakan dalam proses produksi dan sifat mesin-mesin tersebut.

c. Data Waktu Kerusakan Mesin

Data waktu kerusakan mesin merupakan data waktu terjadi kerusakan mesin selama periode satu tahun.

d. Data Waktu Perawatan dan Perbaikan Mesin

Data waktu perawatan dan perbaikan mesin merupakan data waktu dilakukan saat perawatan maupun perbaikan mesin dan lama perawatan dan perbaikan mesin selama satu tahun.

e. Data Jumlah Komponen yang Tersedia

Data jumlah komponen yang tersedia merupakan data persediaan sparepart mesin yang kritis.

f. Data Biaya Perawatan Mesin

Data biaya perawatan mesin meliputi biaya perawatan, biaya perbaikan, biaya teknisi dan biaya penyimpanan sparepart.

3.3.5 Preprocessing Data

Preprocessing dilakukan untuk pemilahan data yang diperlukan dan tidak untuk proses pengolahan data.

3.3.6 Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

- a. Menentukan komponen kritis
- b. Menghitung *index of fit/Anderson darling*
- c. Uji kecocokan distribusi kerusakan dan perbaikan
- d. Menentukan nilai MTTF
- e. Menentukan nilai MTTR
- f. Menentukan interval perawatan
- g. Menentukan *availability*
- h. Menentukan jumlah suku cadang yang dibutuhkan dan waktu pengadaan suku cadang
- i. Menghitung estimasi biaya perawatan

3.3.7 Analisis Data

Dari hasil pengolahan data maka akan dianalisis dan digunakan untuk mengambil keputusan dalam menentukan waktu perawatan dengan pendekatan *model jardine*.

3.3.8 Rekomendasi

Setelah analisis data, langkah selanjutnya adalah merekomendasikan kepada perusahaan mengenai penentuan waktu perawatan mesin yang optimal.

3.3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka pada tahap ini dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk mengembangkan hasil penelitian ini untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti atau lebih dikenal dengan nama “JOGLOSEMAR” merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pelayanan transportasi bus shuttle antar kota dengan pola antar jemput di Town Office, Shelter maupun agen – agen resmi JOGLOSEMAR yang terletak di area-area strategis masing-masing kota. JOGLOSEMAR didirikan pada tanggal 10 Januari 2005 dengan kantor pusat berlokasi di Jalan Magelang km 5.8 Yogyakarta. Hingga saat ini JOGLOSEMAR telah memiliki 23 armada yang terdiri dari 6 bus Mercedes Benz OF dengan kapasitas 25 penumpang dan 17 minibus Elf dengan kapasitas 8 penumpang. Rute perjalanannya meliputi Yogyakarta, Solo, Semarang, Magelang, Temanggung, Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga dan Purwokerto.

JOGLOSEMAR berupaya untuk membangun dan mensinergikan antara sarana transportasi yang aman dan nyaman, obyek wisata yang menarik dan unsure-unsur yang termasuk didalamnya sehingga dapat menciptakan pola wisata yang terpadu, mudah dan dengan harga yang kompetitif.

JOGLOSEMAR merupakan inovasi produk transportasi wisata yang melayani kebutuhan wisatawan, pebisnis, mahasiswa bahkan perorangan yang menginginkan pelayanan yang aman, nyaman, hemat/efisien dan tepat waktu.

JOGLOSEMAR senantiasa memberikan daya dukung kepada dunia usaha untuk bisa bersama – sama meningkatkan kinerja dan volume usahanya. Idealisme tersebut dapat terealisasi jika pola operasional yang selama ini sudah JOGLOSEMAR lakukan dengan melayani transportasi massa secara terjadwal dan bukan on request (sebagaimana transportasi wisata charter pada umumnya). Pola operasi seperti ini merupakan alternative mengenai penghematan energi.

4.1.2 Jam Kerja

Jam kerja yang berlaku di JOGLOSEMAR berbeda – beda dalam seminggu setiap divisi. Untuk divisi management karyawan bekerja selama 6 hari kerja setiap harinya 8 jam kerja sedangkan divisi frontliner dan driver bekerja sesuai dengan sistem shift yaitu shift pagi dan siang. Pembagian shift kerja adalah sebagai berikut:

a. Divisi Management sebagai berikut:

Senin – Sabtu : Pukul 08.30 s.d 17.00 WIB

Istirahat : Pukul 12.00 s.d 13.00 WIB

Istirahat (Jum'at) : Pukul 11.45 s.d 13.00 WIB

b. Divisi Frontliner dan Driver sebagai berikut:

Shift pagi : Pukul 05.00 s.d 13.30 WIB

Shift siang : Pukul 13.30 s.d 22.00 WIB

Untuk waktu kerja lembur (overtime) disesuaikan dengan kondisi situasi pekerjaan.

4.1.3 Sistem Perawatan Mesin

Sistem perawatan yang dilakukan di JOGLOSEMAR untuk setiap bus yang dioperasikan adalah perawatan secara berkala, hanya saja perawatan secara berkala

tersebut hanya berdasarkan km/batas jarak tempuh yang menjadi pedoman perawatan terjadwal. Sedangkan perawatan tidak terjadwal dilakukan bila terjadi kerusakan komponen dalam bus dan berdasarkan keluhan *driver* mengenai keanehan dan ketidaknyamanan bus saat dikendarai.

4.1.4 Data Kerusakan Mesin

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data kerusakan komponen armada bus dengan kode OF 19 dengan nomor polisi AB 2919 CE. Data – data tersebut diambil dari data pada bulan Juli 2010 sampai Juli 2011.

Tabel 4.1 Data kerusakan komponen bulan Juli 2010 sampai Juli 2011

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Lama Downtime (Jam)	
Kampas Rem	1-Jul-10	10.15 - 10.42	0.45	
	3-Aug-10	12.00 - 14.00	2	
	11-Aug-10	11.00 - 11.40	0.66	
	22-Sep-10	10.30 - 11.30	1	
	19-Oct-10	10.30 - 12.00	1.5	
	10-Feb-11	06.30 - 08.00	1.5	
	17-Feb-11	10.30 - 12.00	1.5	
	21-Mar-11	10.00 - 11.00	1	
	24-Mar-11	10.00 - 11.30	1.5	
	27-Apr-11	15.00 - 16.00	1	
	10-May-11	10.30 - 10.42	0.45	
	12-Jun-11	15.00 - 17.00	2	
	26-Jul-11	15.00 - 17.30	2.5	
	Filter Solar	9-Jul-10	15.00 - 16.20	1.33
		18-Aug-10	11.00 - 11.45	0.75
2-Oct-10		15.00 - 16.00	1	
5-Oct-10		15.00 - 16.00	1	
24-Dec-10		14.30 - 15.30	1	
30-Dec-10		10.30 - 12.00	1.5	
19-Mar-11		10.00 - 11.40	1.67	
3-May-11		10.30 - 12.00	1.5	
Filter Oli	12-Jun-11	14.30 - 15.45	1.25	
	28-Jul-11	10.00 - 11.50	1.83	
	9-Jul-10	15.00 - 16.20	1.33	
	18-Aug-10	11.00 - 11.45	0.75	

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Lama Downtime (Jam)
	2-Oct-10	15.00 - 16.00	1
	24-Dec-10	14.30 - 15.30	1
	19-Mar-11	10.00 - 11.40	1.67
	3-May-11	10.30 - 12.00	1.5
	12-Jun-11	14.30 - 15.45	1.25
	28-Jul-11	10.00 - 11.50	1.83
Laker	24-Dec-10	14.30 - 15.30	1
	27-Dec-10	10.00 - 12.00	2
	30-Mar-11	10.30 - 11.30	1
	28-Jul-11	10.00 - 11.50	1.83
ban Vulka	22-Jul-10	10.15 - 11.00	0.75
	28-Aug-10	11.00 - 11.15	0.25
	2-Sep-10	15.30 - 15.45	0.25
	24-Dec-10	14.30 - 15.15	0.75
	1-Mar-11	15.00 - 15.40	0.67
	7-Mar-11	15.00 - 15.30	0.5
	2-Apr-11	15.00 - 15.30	0.5
	16-Apr-11	15.00 - 15.20	0.33
	23-Jun-11	15.00 - 15.25	0.42
	25-Jul-11	15.00 - 15.30	0.5
	30-Jul-11	07.00 - 07.30	0.5
Filter Udara	14-Jul-10	11.00 - 11.45	0.75
	30-Dec-10	10.30 - 12.00	1.5
Flasser sein	2-Sep-10	15.30 - 16.30	1
	15-Sep-10	15.30 - 16.30	1
Tampungan Radiator	24-Dec-10	14.30 - 15.30	1
Kampas Kopling	24-Dec-10	14.30 15.30	1
Turbo	20-Jan-11	15.00 - 16.00	1
Mounting Engine	25-Jun-11	15.00 - 16.00	1
Wiper blade of	28-Dec-10	14.30 - 14.50	0.33
	15-Apr-11	11.30 - 11.45	0.25
Breket Stabil	17-May-11	18.30 - 19.00	0.5
Plendes	1-Jul-10	10.15 - 10.42	0.45

Sumber : PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

4.1.5 Data Persediaan Komponen

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data persediaan komponen armada bus dengan kode OF 19 dengan nomor polisi AB 2919 CE. Data – data tersebut diambil dari data pada bulan Juli 2010 sampai Juli 2011.

Tabel 4.2 Data Persediaan Komponen Bulan Juli 2010 sampai Juli 2011

Nama Komponen	Tanggal	Jumlah Masuk	Jumlah Pemakaian	Jumlah Persediaan
Kampas Rem	1-Jul-10	0	1	4
	19-Jul-10	4	0	8
	3-Aug-10	0	1	7
	11-Aug-10	0	1	6
	22-Sep-10	0	1	5
	19-Oct-10	0	1	4
	21-Oct-10	4	0	8
	10-Feb-11	0	1	7
	17-Feb-11	0	1	6
	21-Mar-11	0	1	5
	24-Mar-11	0	1	4
	27-Apr-11	0	1	3
	29-Apr-11	4	0	7
	10-May-11	0	1	6
	12-Jun-11	0	1	5
	17-Jun-11	4	0	9
	26-Jul-11	0	1	8
Filter Solar	9-Jul-10	0	2	1
	13-Jul-10	3	0	4
	18-Aug-10	0	1	3
	2-Oct-10	0	1	2
	5-Oct-10	0	1	1
	17-Nov-10	3	0	4
	24-Dec-10	0	1	3
	30-Dec-10	0	1	2
	16-Mar-11	2	0	4
	19-Mar-11	0	1	3
	3-May-11	0	1	2
	11-May-11	2	0	4
	12-Jun-11	0	2	2
28-Jul-11	2	1	3	
Filter Oli	9-Jul-10	0	1	2
	13-Jul-10	2	0	4
	18-Aug-10	0	1	3
	2-Oct-10	0	1	2
	17-Nov-10	2	0	4
	24-Dec-10	0	1	3
	19-Mar-11	0	1	2
	3-May-11	0	1	1
11-May-11	3	0	4	

Nama Komponen	Tanggal	Jumlah Masuk	Jumlah Pemakaian	Jumlah Persediaan
	12-Jun-11	0	1	3
	28-Jul-11	0	1	2
Ban Vulka	22-Jul-10	0	3	2
	31-Jul-10	4	0	6
	28-Aug-10	0	1	5
	2-Sep-10	0	1	4
	24-Dec-10	0	3	1
	31-Dec-10	5	0	6
	1-Mar-11	0	1	5
	7-Mar-11	0	1	4
	2-Apr-11	0	2	2
	16-Apr-11	0	1	1
	27-Apr-11	5	0	6
	23-Jun-11	0	1	5
	25-Jul-11	0	1	4
	30-Jul-11	0	1	3
Laker	24-Dec-10	0	1	2
	27-Dec-10	0	1	1
	29-Dec-10	3	0	4
	30-Mar-11	0	1	3
	5-Apr-11	2	0	5
	28-Jul-11	0	2	3

Sumber : PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

4.1.6 Data Biaya

Biaya-biaya yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini antara lain:

- a. Biaya pembelian komponen kritis

Harga 1 buah kampas rem sebesar Rp 200.000,00, filter solar sebesar Rp 250.000,00, filter oli Rp 100.000,00, ban vulka sebesar Rp 575.000,00, laker sebesar Rp 750.000,00, filter udara sebesar Rp 375.000,00, flassersein sebesar Rp 185.000,00, tampungan radiator sebesar 1.250.000,00, kampas kopling Rp 3.800.000,00, mesin turbo sebesar Rp 7.000.000,00, mounting engine sebesar

Rp 200.000,00, wiper blade of sebesar Rp 195.000,00, switch klakson sebesar Rp 500.000,00 dan plendes sebesar Rp 4.000.000,00.

b. Biaya Simpan

Biaya simpan diestimasikan sebesar 20% dari nilai persediaan komponen rata-rata per bulan mencakup biaya listrik, biaya pemeliharaan dan biaya keamanan.

c. Biaya perawatan komponen kritis

Biaya perawatan komponen mencakup gaji teknisi, driver dan co-driver. Gaji teknisi adalah sebesar Rp 800.000,00/bulan, gaji driver adalah sebesar Rp 40.000,00/ keberangkatan sedangkan gaji co-driver adalah sebesar Rp 20.000,00/ keberangkatan.

d. Harga satu tiket Yogyakarta–Semarang dan Semarang-Yogyakarta untuk armada bus sebesar Rp 45.000,00

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dalam satu mesin didasarkan pada prosentase total waktu downtime yang dialami komponen mesin tersebut. Berdasarkan perhitungan prosentase total waktu downtime dari mesin armada bus dengan kode OF19 diperoleh 3 komponen yang mengalami total downtime lebih banyak dari komponen yang lain. Komponen tersebut antara lain kampas rem, filter solar dan filter oli. Adapun perhitungan penentuan komponen kritis sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan Penentuan Komponen Kritis

Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Waktu Downtime (Jam)	Presentase %	Kumulatif %
Kampas Rem	13	17.06	28%	28%
Filter Solar	10	12.83	21%	49%
Filter Oli	8	10.33	17%	66%

Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Waktu Downtime (Jam)	Presentase %	Kumulatif %
Laker	4	5.83	10%	75%
Ban Vulka	11	5.42	9%	84%
Filter Udara	2	2.25	4%	88%
Flasser sein	2	2	3%	91%
Tampunguan Radiator	1	1	2%	93%
Kampas Kopling	1	1	2%	94%
Turbo	1	1	2%	96%
Mounting Engine	1	1	2%	98%
Wiper blade of	1	0.58	1%	98%
Breket Stabil	1	0.5	1%	99%
Plendes	1	0.45	1%	100%
	57	61.25	100%	

Sumber : PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa untuk mencapai perbaikan sebanyak 66% dari seluruh kerusakan maka dipilihlah 3 komponen yaitu komponen kampas rem, filter solar dan filter oli. Total waktu downtime untuk 3 komponen tersebut selama 13 bulan adalah 40.22 jam atau 66% dari total waktu downtime mesin.

4.3 Penjadualan Perawatan Komponen Kritis

4.3.1 Perhitungan Time To Repair (TTR) dan Time To Failure (TTF) Komponen Kritis

Setelah mengetahui komponen kritis dari suatu mesin langkah berikutnya adalah menghitung *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF). *Time to repair* di dapat dari lama downtime. Misalkan pada 1 Juli 2010 kampas rem mengalami downtime dari pukul 10.15 sampai pukul 10.42 sehingga selang waktu antara pukul 10.15 sampai pukul 10.42 adalah 0.45 jam. Sedangkan *time to failure* didapat dari selang waktu dari awal mesin beroperasi setelah perbaikan sampai mesin mengalami awal kerusakan. Misalkan pada 1 Juli 2010 mesin mulai beroperasi kembali pada pukul 12.00 sampai pukul 22.00 maka selisih dari pukul 12.00 sampai pukul 22.00 adalah 10

jam, selanjutnya dari tanggal 2 Juli 2010 sampai 2 Agustus 2010 mesin beroperasi selama 480 jam dengan rincian (32 hari x 15 jam/hari) dan pada tanggal 3 Agustus 2010 mesin hanya beroperasi dari pukul 08.00 sampai pukul 12.00 maka selisih pukul 08.00 sampai pukul 12.00 adalah 4 jam, maka selang waktu antar kerusakan adalah = 10 jam + 480 jam + 4 jam = 494 jam. Perhitungan TTR dan TTF seluruh komponen kritis adalah sebagai berikut:

a. Kampas Rem

Tabel 4.4 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Kampas Rem (dalam jam)

No	Tanggal	TTR	TTF	Urutan TTR	Urutan TTF
1	1-Jul-10	0.45	-	0.45	-
2	3-Aug-10	2	494	0.45	43
3	11-Aug-10	0.66	112	0.66	107.5
4	22-Sep-10	1	626	1	112
5	19-Oct-10	1.5	403.5	1	189.5
6	10-Feb-11	1.5	1706	1	403.5
7	17-Feb-11	1.5	107.5	1.5	476
8	21-Mar-11	1	476	1.5	494
9	24-Mar-11	1.5	43	1.5	498
10	27-Apr-11	1	513	1.5	513
11	10-May-11	0.45	189.5	2	626
12	12-Jun-11	2	498	2	663
13	26-Jul-11	2.5	663	2.5	1706
Total		17.06	5831.5	17.06	5831.5

Sumber : PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

b. Filter Solar

Tabel 4.5 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Filter Solar (dalam jam)

No	Tanggal	TTR	TTF	Urutan TTR	Urutan TTF
1	9-Jul-10	1.33	-	0.75	-
2	18-Aug-10	0.75	591	1	44
3	2-Oct-10	1	678	1	84.5
4	5-Oct-10	1	44	1	591
5	24-Dec-10	1	1198.5	1.25	602.5
6	30-Dec-10	1.5	84.5	1.33	672.5

No	Tanggal	TTR	TTF	Urutan TTR	Urutan TTF
7	19-Mar-11	1.67	1182	1.5	678
8	3-May-11	1.5	672.5	1.5	683
9	12-Jun-11	1.25	602.5	1.67	1182
10	28-Jul-11	1.83	683	1.83	1198.5
Total		12.83	5736	12.83	5736

Sumber : PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti

c. Filter Oli

Tabel 4.6 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Filter Oli (dalam jam)

No	Tanggal	TTR	TTF	Urutan TTR	Urutan TTF
1	9-Jul-10	1.33	-	0.75	-
2	18-Aug-10	0.75	591	1	591
3	2-Oct-10	1	678	1	602.5
4	24-Dec-10	1	973.5	1.25	672.5
5	19-Mar-11	1.67	1268	1.33	678
6	3-May-11	1.5	672.5	1.5	683
7	12-Jun-11	1.25	602.5	1.67	973.5
8	28-Jul-11	1.83	683	1.83	1268
Total		10.33	5468.5	10.33	5468.5

Sumber : PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti

4.3.2 Identifikasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai dengan data waktu antar kerusakan (*time to failure*) maka perlu melakukan identifikasi jenis distribusi dengan bantuan *software* minitab 15.0 menggunakan metode *Least square Curve Fitting*.

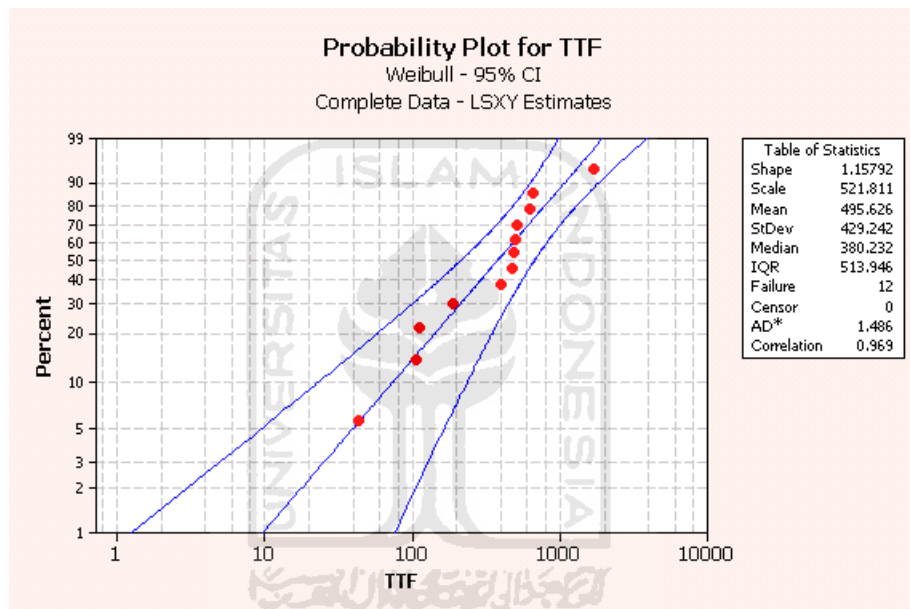
a. Kampas Rem

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTF kampas rem pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Kampas Rem

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	1.486
Exponential	1.572
Normal	2.006
Lognormal	1.544

Dari tabel 4.7 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi weibull karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.



Gambar 4.1 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Weibull untuk data TTF Kampas Rem

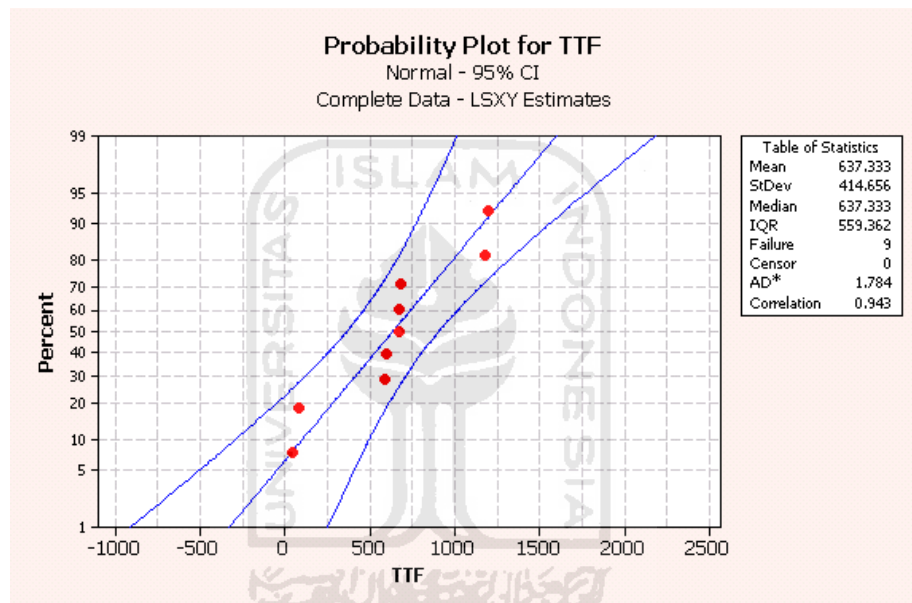
b. Filter Solar

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTF filter solar pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.8 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Filter Solar

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	2.001
Exponential	2.619
Normal	1.784
Lognormal	2.371

Dari tabel 4.8 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi normal karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.

Gambar 4.2 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk data TTF Filter Solar

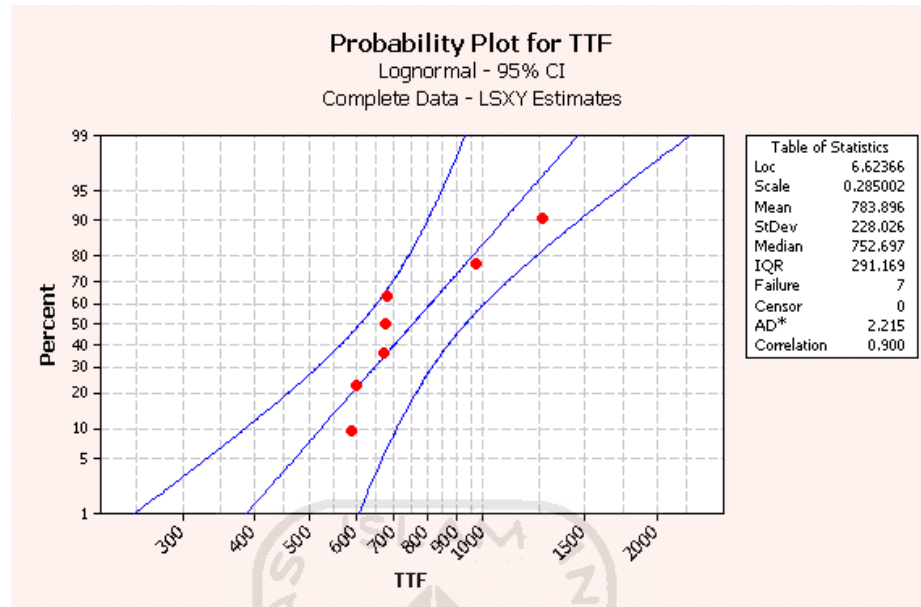
c. Filter Oli

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTF kampas oli pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Filter Oli

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	3.266
Exponential	4.034
Normal	2.361
Lognormal	2.215

Dari tabel 4.9 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi lognormal karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.



Gambar 4.3 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Lognormal untuk data TTF Filter

Oli

4.3.3 Identifikasi Distribusi Waktu Antar Perbaikan (TTR)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai dengan data waktu antar perbaikan (*time to repair*) maka perlu melakukan identifikasi jenis distribusi dengan bantuan *software* minitab 15.0 menggunakan metode *Least square Curve Fitting*.

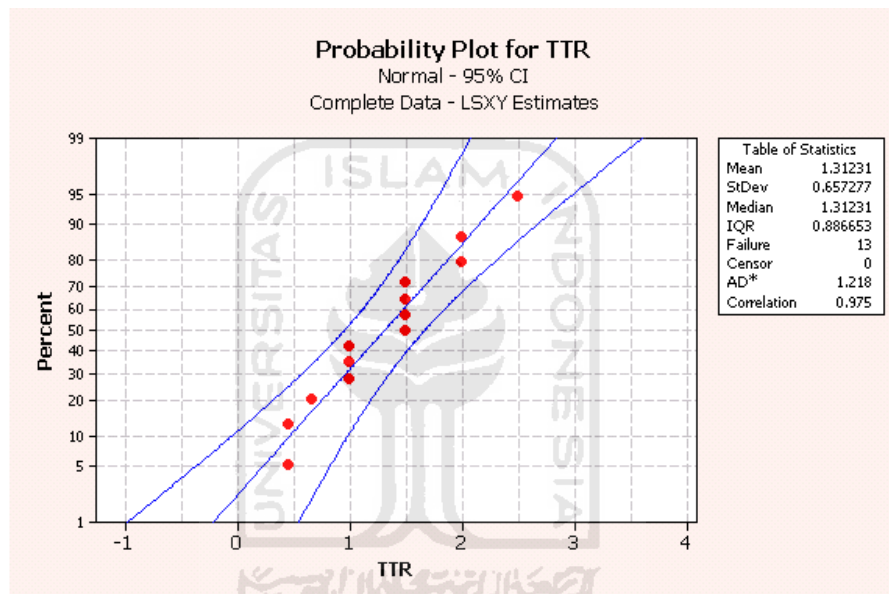
a. Kampas Rem

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTR kampas rem pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.10 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Kampas Rem

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	1.224
Exponential	3.686
Normal	1.218
Lognormal	1.356

Dari tabel 4.10 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi normal karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.



Gambar 4.4 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk data TTR Kampas Rem

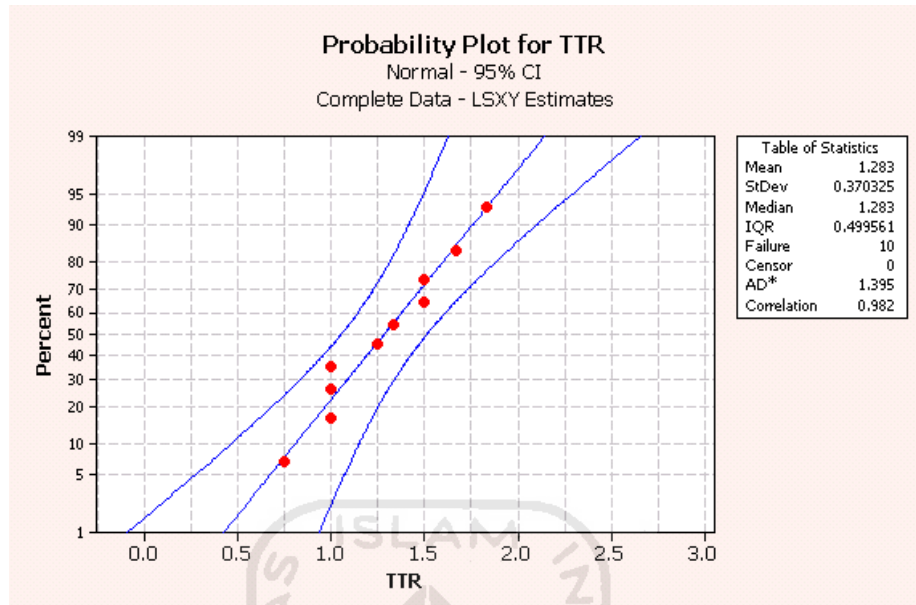
b. Filter Solar

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTR filter solar pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.11 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Filter Solar

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	1.430
Exponential	5.250
Normal	1.395
Lognormal	1.435

Dari tabel 4.11 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi normal karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.



Gambar 4.5 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk data TTR Filter Solar

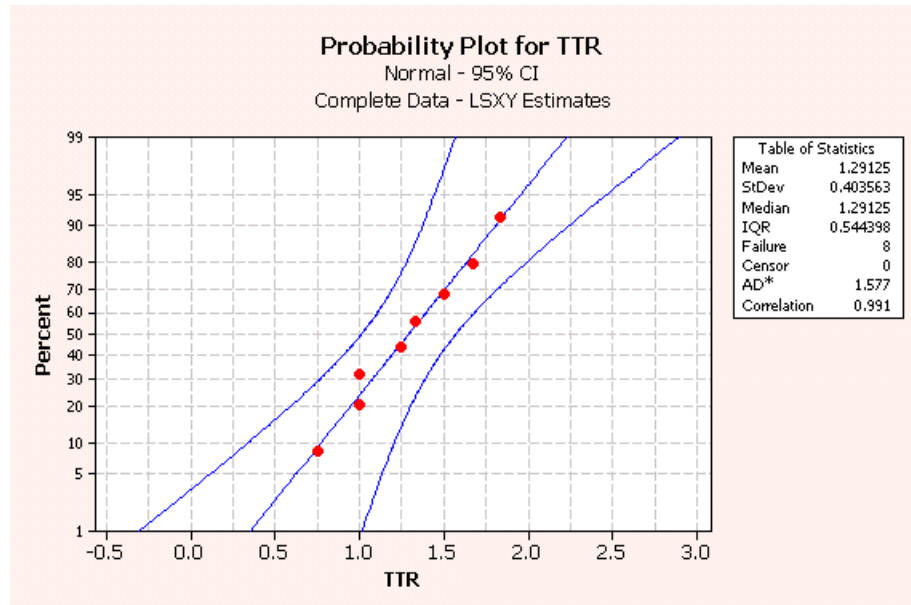
c. Filter Oli

Hasil rekap perhitungan menggunakan minitab 15.0 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* untuk distribusi data TTR filter oli pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.12 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Filter Oli

Jenis Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
Weibull	1.590
Exponential	4.398
Normal	1.577
Lognormal	1.614

Dari tabel 4.12 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* terpilihlah distribusi normal karena memiliki nilai *Anderson Darling* terkecil.



Gambar 4.6 Grafik *Curve Fitting* Distribusi Normal untuk data TTR Filter Oli

4.3.4 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Setelah diketahui jenis distribusi dari data-data TTF tersebut, maka langkah berikutnya adalah menghitung nilai MTTF dan nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter – parameter dari suatu distribusi yang terpilih sebelumnya.

a. Kampas Rem

Distribusi yang terpilih untuk komponen kampas rem adalah distribusi weibull sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTF adalah nilai parameter-parameter distribusi weibull. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTF sebesar 495.626 jam.

b. Filter Solar

Distribusi yang terpilih untuk komponen filter solar adalah distribusi normal sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTF adalah nilai parameter-

parameter distribusi normal. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTF sebesar 637.333 jam.

c. Filter Oli

Distribusi yang terpilih untuk komponen filter oli adalah distribusi lognormal sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTF adalah nilai parameter-parameter distribusi lognormal. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTF sebesar 738.896 jam.

4.3.5 Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Setelah diketahui jenis distribusi dari data-data TTR tersebut, maka langkah berikutnya adalah menghitung nilai MTTR dan nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah nilai parameter – parameter dari suatu distribusi yang terpilih sebelumnya.

a. Kampas Rem

Distribusi yang terpilih untuk komponen kampas rem adalah distribusi normal sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTR adalah nilai parameter-parameter distribusi normal. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTR sebesar 1.31231 jam.

b. Filter Solar

Distribusi yang terpilih untuk komponen filter solar adalah distribusi normal sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTR adalah nilai parameter-parameter distribusi normal. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTR sebesar 1.283 jam.

c. Filter Oli

Distribusi yang terpilih untuk komponen filter oli adalah distribusi normal sehingga nilai yang digunakan untuk menghitung MTTR adalah nilai parameter-parameter distribusi normal. Dari perhitungan menggunakan software minitab 15.0 diperoleh nilai MTTR sebesar 1.29125 jam.

4.3.6 Perhitungan Interval Waktu Pengganti Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime

Setelah mengetahui distribusi dari data *time to failure* dan data *time to repair* serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu pengganti pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

a. Kampas Rem

Perhitungan dilakukan secara trial and error yang dimulai dengan kondisi $t_p = 400$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau *time to failure* (TTF) berdistribusi weibull, dengan nilai:

$$MTTF = 495.626 \text{ jam}$$

2. Data dengan perbaikan atau *time to repair* (TTR) berdistribusi normal, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_p = 1.31231 \text{ jam}$$

3. Nilai $\lambda = 521.811$; $\beta = 1.15792$

Tabel 4.13 Interval Pergantian Komponen Kampas Rem

tp (jam)	$R(tp)=e^{-\lambda tp}$	$F(tp)=1-R(tp)$	$Tp \cdot R(tp)$	$Tf \cdot F(tp)$	$M(tp)$	$D(tp)$
400	0.479483509	0.520516491	0.62923100	0.68307900	952.18116730	0.00190540
420	0.459430457	0.540569543	0.60291518	0.70939482	916.85890635	0.00190218
440	0.440074080	0.559925920	0.57751362	0.73479638	885.16352306	0.00190033
460	0.421402475	0.578597525	0.55301068	0.75929932	856.59889402	0.00189974
480	0.403402525	0.596597475	0.52938917	0.78292083	830.75443791	0.00190032
500	0.386060129	0.613939871	0.50663057	0.80567943	807.28752670	0.00190199
520	0.369360399	0.630639601	0.48471535	0.82759465	785.91004944	0.00190464
540	0.353287835	0.646712165	0.46362316	0.84868684	766.37803775	0.00190822
560	0.337826466	0.662173534	0.44333305	0.86897695	748.48355386	0.00191265
580	0.322959982	0.677040018	0.42382361	0.88848639	732.04830855	0.00191787
600	0.308671841	0.691328159	0.40507314	0.90723686	716.91857701	0.00192381

Keterangan :

tf = waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan mesin

Tp = waktu untuk melakukan perawatan preventif

tp = panjang interval waktu untuk melakukan pergantian

R(tp) = probabilitas terjadinya siklus pencegahan

F(tp) = probabilitas terjadinya siklus kerusakan

D(tp) = total downtime per unit waktu

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1 - R(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{Tp \cdot (R(tp)) + Tf \cdot (F(tp))}{(tp + Tp) \cdot (R(tp)) + [M(tp) + tf] \cdot (F(tp))}$$

Dari tabel perhitungan diatas didapat hasil sebagai berikut:

1. Min D(tp) = 0.00189974
2. Age Replacement = 460 jam

b. Filter Solar

Perhitungan dilakukan secara trial and error yang dimulai dengan kondisi $t_p = 500$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau time to failure (TTF) berdistribusi normal, dengan nilai:

$$MTTF = 637.333 \text{ jam}$$

2. Data dengan perbaikan atau time to repair (TTR) berdistribusi normal, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_p = 1.283 \text{ jam}$$

3. Nilai $\sigma = 414.656$; $\mu = 637.333$

Tabel 4.14 Interval Pergantian Komponen Filter Solar

tp (jam)	$(t_p - \mu) / \sigma$	$F(t_p) = \left(\frac{t_p - \mu}{\sigma} \right)$	$R(t_p) = 1 - F(t_p)$	$T_p * R(t_p)$	$T_f * F(t_p)$	M(tp)	D(tp)
500	-0.331197	0.370244	0.629755	0.807975	0.475024	1721.382	0.00134558
530	-0.258848	0.397849	0.602150	0.772559	0.510440	1601.946	0.00133959
560	-0.186499	0.426065	0.573934	0.736358	0.546641	1495.858	0.00133643
590	-0.114150	0.454540	0.545460	0.699825	0.583174	1402.149	0.00133585
620	-0.041800	0.483297	0.516702	0.662929	0.620070	1318.717	0.00133789
630	-0.017684	0.492926	0.507073	0.650575	0.632424	1292.958	0.00133915
650	0.030548	0.478234	0.521765	0.669425	0.613574	1332.680	0.00131218

Dari tabel perhitungan diatas didapat hasil sebagai berikut:

1. Min D(tp) = 0.00133585
2. Age Replacement = 590 jam

c. Filter Oli

Perhitungan dilakukan secara trial and error yang dimulai dengan kondisi $t_p = 500$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau time to failure (TTF) berdistribusi lognormal, dengan nilai:

$$MTTF = 783.896 \text{ jam}$$

2. Data dengan perbaikan atau time to repair (TTR) berdistribusi normal, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_p = 1.29125 \text{ jam}$$

3. Nilai $s = 0.285002$; $t_{med} = 752.697$

Tabel 4.15 Interval Pergantian Komponen Filter Oli

tp (jam)	$(1/s) * (\ln(t/t_{med}))$	$F(tp) = ((1/s) * (\ln(t/t_{med})))$	$R(tp) = 1 - F(tp)$	$T_p * R(tp)$	$T_f * F(tp)$	M(tp)	D(tp)
500	-1.435269	0.075609	0.924390	1.19362	0.09763	10367.680	0.00103517
520	-1.297653	0.097198	0.902801	1.16574	0.12551	8064.872	0.00102918
540	-1.165232	0.121953	0.878046	1.13378	0.15747	6427.828	0.00102534
560	-1.037627	0.149745	0.850254	1.09789	0.19336	5234.851	0.00102372
580	-0.914501	0.180229	0.819770	1.05853	0.23272	4349.427	0.00102427
600	-0.795549	0.213190	0.786809	1.01597	0.27528	3676.970	0.00102702
620	-0.680498	0.248140	0.751859	0.97084	0.32041	3159.079	0.00103189
640	-0.569099	0.284606	0.715393	0.92375	0.36750	2754.319	0.00103878
660	-0.461129	0.322393	0.677606	0.87496	0.41629	2431.490	0.00104775
680	-0.356383	0.360774	0.639225	0.82540	0.46585	2172.815	0.00105852
700	-0.254673	0.399477	0.600522	0.77542	0.51583	1962.304	0.00107109
720	-0.155828	0.438068	0.561931	0.72559	0.56566	1789.437	0.00108529
740	-0.059692	0.476222	0.523777	0.67633	0.61492	1646.070	0.00110101
760	0.033879	0.513551	0.486448	0.62813	0.66312	1526.421	0.00111807
780	0.125020	0.549758	0.450241	0.58137	0.70988	1425.893	0.00113629
800	0.213854	0.584703	0.415296	0.53625	0.75500	1340.673	0.00115556

Dari tabel perhitungan diatas didapat hasil sebagai berikut:

1. Min D(tp) = 0.00102372
2. Age Replacement = 560 jam

4.3.7 Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal

Penentuan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan terhadap komponen kritis dengan kriteria minimasi *downtime* dapat dengan cara sebagai berikut:

- a. Kampas Rem

Langkah-langkah perhitungan berdasarkan persamaan:

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)
 - i. Frekuensi kerusakan mesin = 13 kali
 - ii. Periode penelitian = 13 bulan
 - iii. $k = \frac{\text{frekuensi kerusakan mesin}}{\text{periode penelitian}} = \frac{13}{13} = 1$
2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)
 - i. MTTR = 1.31231 jam
 - ii. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari; dan 1 hari = 12 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \cdot 12 = 312$ jam/bulan.
 - iii. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{1.31231}{312} = 0.004206121795$$

$$\text{sehingga } \mu = \frac{1}{0.004206121795} = 237.7487027$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)
 - i. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0.25 jam
 - ii. Jam kerja/bulan = 312 jam/bulan
 - iii. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{1}{312} = 0.003205128205$
 - iv. $i = \frac{1}{0.003205128205} = 312 \text{ jam}$
4. Perhitungan frekuensi (n) dan interval pemeriksaan (I/n)
 - i. $n = \sqrt{\frac{ki}{\mu}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 312}{237.7487027}} = 1.145 = 2 \text{ kali pemeriksaan/bulan}$
 - ii. Interval waktu pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{2} \times 312 = 156 \text{ jam}$

b. Filter Solar

Langkah-langkah perhitungan berdasarkan persamaan:

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)
 - i. Frekuensi kerusakan mesin = 10 kali
 - ii. Periode penelitian = 13 bulan
 - iii. $k = \frac{\text{frekuensi kerusakan mesin}}{\text{periode penelitian}} = \frac{10}{13} = 0.769230769$
2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)
 - i. MTTR = 1.283 jam
 - ii. Jam kerja per (1 bulan = 26 hari; dan 1 hari = 12 jam kerja), sehingga jam kerja per bulan = $26 \cdot 12 = 312 \text{ jam/bulan}$.
 - iii. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{1.283}{312} = 0.004112179487$$

$$\text{sehingga } \mu = \frac{1}{0.004112179487} = 243.1800468$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)
- i. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0.25 jam
 - ii. Jam kerja/bulan = 312 jam/bulan
 - iii. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{1}{312} = 0.003205128205$
 - iv. $i = \frac{1}{0.003205128205} = 312 \text{ jam}$
4. Perhitungan frekuensi (n) dan interval pemeriksaan (I/n)
- i. $n = \sqrt{\frac{ki}{\mu}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 312}{243.1800468}} = 1.133 = 2 \text{ kali pemeriksaan/bulan}$
 - ii. Interval waktu pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{2} \times 312 = 156 \text{ jam}$

c. Filter Oli

Langkah-langkah perhitungan berdasarkan persamaan:

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)
 - i. Frekuensi kerusakan mesin = 8 kali
 - ii. Periode penelitian = 13 bulan
 - iii. $k = \frac{\text{frekuensi kerusakan mesin}}{\text{periode penelitian}} = \frac{8}{13} = 0.615384615$
2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)
 - i. MTTR = 1.29125 jam
 - ii. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari; dan 1 hari = 12 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \cdot 12 = 312 \text{ jam/bulan}$.
 - iii. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

$$1/\mu = \frac{\text{MTTR}}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{1.29125}{312} = 0.004138621795$$

$$\text{sehingga } \mu = \frac{1}{0.004138621795} = 241.6263311$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)
 - i. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0.25 jam
 - ii. Jam kerja/bulan = 312 jam/bulan
 - iii. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{1}{312} = 0.003205128205$
 - iv. $i = \frac{1}{0.003205128205} = 312 \text{ jam}$
4. Perhitungan frekuensi (n) dan interval pemeriksaan (I/n)
 - i. $n = \sqrt{\frac{ki}{\mu}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 312}{241.6263311}} = 1.1363 = 2 \text{ kali pemeriksaan/bulan}$
 - ii. Interval waktu pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{2} \times 312 = 156 \text{ jam}$

4.3.8 Perhitungan Availability (Ketersediaan)

a. Kampas Rem

Langkah-langkah perhitungan availability sebagai berikut:

1. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n * \mu} + \frac{n}{i} = \frac{1}{2 * 237.7487027} + \frac{2}{312} = 0.008513317307$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0.008513317307 = 0.9914868682$$

2. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0.00189974 = 0.99810026$$

3. Availability Total

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= A(n) * A(tp) = 0.9914868682 * 0.99810026 \\ &= 0.989603115 \end{aligned}$$

b. Filter Solar

Langkah-langkah perhitungan availability sebagai berikut:

1. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n * \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0.769230769}{2 * 243.1800468} + \frac{2}{312} = 0.00799186396$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0.00799186396 = 0.992008136$$

2. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0.00133585 = 0.99866415$$

3. Availability Total

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= A(n) * A(tp) = 0.992008136 * 0.99866415 \\ &= 0.990682962 \end{aligned}$$

c. Filter Oli

Langkah-langkah perhitungan availability sebagai berikut:

1. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n * \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0.615384615}{2 * 241.6263311} + \frac{2}{312} = 0.0076836785$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0.0076836785 = 0.992316321$$

2. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0.00102372 = 0.99897628$$

3. Availability Total

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= A(n) * A(tp) = 0.992316321 * 0.99897628 \\ &= 0.991300467 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Persediaan Suku Cadang

Perhitungan persediaan suku cadang dilakukan untuk mengetahui kapan dan berapa jumlah komponen yang perlu disediakan. Sehingga dalam proses pergantian komponen dapat berjalan dengan baik dan tepat waktu. Penjadwalan pengadaan suku cadang yang tepat sangat berpengaruh untuk mencapai persediaan yang optimal.

4.4.1 Kampas Rem

Tabel 4.16 Jumlah Pemakaian Komponen Kampas Rem Juli 2010-Juli 2011

NO	Bulan	Jumlah Pemakaian Komponen (unit)
1	Juli 2010	1
2	Agustus 2010	2
3	September 2010	1
4	Oktober 2010	1
5	November 2010	0
6	Desember 2010	0
7	Januari 2011	0
8	Februari 2011	2
9	Maret 2011	2
10	April 2011	1
11	Mei 2011	1
12	Juni 2011	1
13	Juli 2011	1
Total		13

Sumber: PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

Uji normalitas data pemakaian komponen kampas rem

Rata-rata pemakaian komponen kampas rem (\bar{D})

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} = \frac{13}{13} = 1 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$

Standart deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2 - (\sum_{i=1}^N D_i)^2}{N(N-1)}} = 0.707$$

Menentukan nilai $D +$ dan $D -$

$$Z_x = \frac{(x - \bar{x})}{S}$$

$F_x = P(Z < Z_x) \rightarrow$ lihat lampiran tabel normal

$$D+ = S_x - F_x$$

$$D- = S_{(x-1)} - F_x$$

$$S_x = \frac{F_{kx}}{n}$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Nilai D Untuk Uji *Statistic Kolmogorov-Smirnov*

Komponen Kampas Rem

Pemakaian komponen	Frekuensi (F)	Frekuensi kum (F _{kx})	Nilai Z _x	Prob. Frek. Kum Obsevasi (S _x)	Prob Frek Kum Teoritis (F _x)	Nilai D+	Nilai D-
0	3	3	-1.414	0.230769231	0.07924	0.15153	-0.0792
1	7	10	0	0.769230769	0.5	0.26923	-0.2692
2	3	13	1.4144	1	0.92136	0.07864	-0.1521

$$\text{Maks } D + = 0.26923$$

$$\text{Maks } D - = -0.0792$$

$$D \text{ maks} = \text{Maks } |D +, D -| = 0.26923$$

Hipotesis

H_0 : Data pemakaian komponen kampas rem berdistribusi normal

H_1 : Data pemakaian komponen kampas rem tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi:

$$\alpha = 0.05 ; n = 13 ; D_{tabel} = \frac{1.36}{13} = 0.3772$$

Daerah kritis:

Jika $D_{max} \leq D_{tabel}$ maka H_0 diterima

Jika $D_{max} \geq D_{tabel}$ maka H_0 ditolak

atau

Jika signifikansi < 0.05 maka H_0 ditolak

Jika signifikansi ≥ 0.05 maka H_0 diterima

Statistik uji:

$$D_{max} = 0.26923 \text{ atau signifikansinya} = 0.999$$

Kesimpulan:

Karena $D_{max} \leq D_{tabel}$ yaitu $0.26923 \leq 0.3772$ atau signifikansinya > 0.05 yaitu $0.999 \geq 0.05$ maka H_0 diterima sehingga data pemakaian komponen kampas rem berdistribusi normal.

a. Perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan:

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan persediaan komponen, baik pengendalian persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan.

Pengendalian persediaan dengan model continuous review antara lain:

1. Kebutuhan total selama 13 bulan $(D) = 13 \text{ unit}$
2. Kebutuhan rata-rata per bulan $(\bar{D}) = \frac{13 \text{ unit}}{13 \text{ bulan}} = 1 \text{ unit/bulan}$
3. Standar deviasi $(s) = 0.707 \text{ unit}$
4. Biaya beli komponen $(P) = Rp 200000/\text{unit}$
5. Biaya pesan per sekali pesan $(A) = Rp 50000/\text{pesan}$
6. Biaya simpan
 $(h) = 20\% * Rp 200000 = Rp 40000/\text{unit/bulan}$
7. Leadtime $(l) = 1 \text{ hari} = 0.0333 \text{ bulan} = 0.00256 \text{ tahun}$
8. Demand saat leadtime

$$D_l = \frac{\text{Leadtime}}{\text{hari kerja perbulan}} \times \bar{D} = \frac{1}{30} \times 1 = 0.0333 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$
9. Biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*)

Biaya yang harus ditanggung perusahaan ketika tidak memnuhi pesanan dari persediaan yang ada karena melonjaknya permintaan. Perusahaan menetapkan 10% dari harga beli komponen

$$\pi = 10\% * Rp\ 200000 = Rp\ 20000/unit$$

10. Biaya untuk melakukan evaluasi atau *review* (V)

Perusahaan tidak mengeluarkan biaya review saat melakukan pemesanan kembali karena dihitung sama dengan pesan baru sehingga biaya reviewnya adalah Rp 0.

- b. Perhitungan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Perhitungan total persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan dilihat dari data pemesanan sebelumnya, adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Total biaya pemesanan

$$(TA) = A * N = Rp\ 50000 * 4kali = Rp200000$$

2. Total biaya penyimpanan

$$\begin{aligned} (Th) &= \frac{\text{TotalKebutuhan } 13 \text{ bulan}}{2} * \text{biaya simpan} \\ &= \frac{13unit}{2} * 20\% * Rp200000 = Rp260000 \end{aligned}$$

3. Total biaya kekurangan persediaan

$$\begin{aligned} (T\pi) &= \text{jmlh kekurangan} * \text{biaya kekurangan persediaan} \\ &= 0 * 5\% * Rp40000 * 25 = Rp0 \end{aligned}$$

4. Total biaya pembelian

$$\begin{aligned} (TP) &= D * P = \text{total komponen selama } 13 \text{ bulan} * \text{harga} \\ &= 13unit * Rp \frac{200000}{unit} = Rp\ 2600000 \end{aligned}$$

Maka total biaya persediaan komponen untuk kampas rem berdasarkan kebijakan perusahaan adalah:

$$\begin{aligned}
 TC &= TA + Th + T\pi + TP = Rp200000 + Rp260000 + Rp0 + Rp2600000 \\
 &= Rp 3,060,000
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan biaya persediaan dengan model continous review: kasus back order

Model continous review dilakukan untuk menghitung ekspektasi jumlah kekurangan persediaan (\bar{S}), tingkat pemesanan kembali(r) dan jumlah pemesanan optimal setiap siklus(Q^*) serta total biaya persediaan (TC). dengan D_l dari range 0 sampai 1 unit dan leadtime 0.0333 bulan

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus ($\bar{S}(x)$):

$$\begin{aligned}
 \bar{S}(x) &= \int_0^{\infty} S(x)f(x)dx = \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx \\
 &= \int_0^{\infty} (x-r) \frac{1}{D_l} = \int_r^{0.0333} (x-r) \frac{1}{0.0333} dx \\
 &= \frac{1}{0.0333} \left[\frac{1}{2}x^2 - rx \right]_r^{0.0333} \\
 &= \frac{1}{0.0333} \left[(1.10889 * 10^{-3} - 0.0333r) - \left(\frac{1}{2}r^2 - r^2 \right) \right] \\
 &= 0.0333 - r + \frac{r^2}{0.0666}
 \end{aligned}$$

Reorder level (r):

$$\begin{aligned}
 \int_r^{\infty} f(x)dx &= \frac{hQ^*}{\pi D} \\
 &= \int_r^{0.0333} \frac{1}{0.0333} dx = \frac{4000Q^*}{20000 * 13} \\
 &= \left[\frac{x}{0.0333} \right]_r^{0.0333} = \frac{4000Q^*}{260000} \\
 1 - \frac{r}{0.0333} &= \frac{4000Q^*}{260000}
 \end{aligned}$$

$$\frac{r}{0.0333} = 1 - \frac{40000Q^*}{260000}$$

$$\frac{r}{0.0333} = \frac{260000 - 40000Q^*}{260000}$$

$$260000r = 8658 - 1332Q^*$$

$$r = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3}Q^*$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D[A + \pi\bar{S}(x)]}{h}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 * 13 [50000 + 20000\bar{S}(x)]}{40000}}$$

$$= \sqrt{32.5 + 13\bar{S}(x)}$$

Untuk mendapatkan harga r^* dan Q^* (r optimal dan Q optimal), maka dilakukan beberapa iterasi sebagai berikut:

Iterasi 1

Jumlah pemesanan persiklus (Q^*)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 13 * 50000}{40000}} = 5.701 \text{ unit}$$

Reorder level (r):

$$\begin{aligned} r &= 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3}Q^* = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} * 5.701 \\ &= 0.00409 \text{ unit} \cong 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus

$$(\bar{S}(x)) = 0.0333 - r + \frac{r^2}{0.0666} = 0.0333 - 1 + \frac{1^2}{0.0666} = 14.05 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC) ditambah total biaya pembelian:

$$TC_1 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_1 = \frac{50000 * 13}{5.701} + 40000 \left(\frac{5.701}{2} + 1 - 0.0333 \right) + \frac{20000 * 13}{5.701} * 14.05 + (13 * 200000)$$

$$= 114015.08 + 152688 + 640764.78 + 2600000 = Rp 3,507,467.86$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{13 \text{ unit}}{5.701 \text{ unit}} = 2.28 \cong 3 \text{ kali}$$

Iterasi 2

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{1,2}(x) = 0.0333 - r + \frac{r^2}{0.0666} = 0.0333 - 1 + \frac{1^2}{0.0666} = 14.05 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_2 = \sqrt{32.5 + 13 \bar{S}(x)} = \sqrt{32.5 + 13 * 14.05} = 14.67 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_2 = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} Q^* = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} * 14.67 = -0.04 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_2 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_2 = \frac{50000 * 13}{14.67} + 40000 \left(\frac{14.67}{2} + 1 - 0.0333 \right) + \frac{20000 * 13}{14.67} * 0 + (13 * 200000)$$

$$= 44308.11 + 332068 + 0 + 2600000 = Rp 2,976,376.11$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{13 \text{ unit}}{14.67 \text{ unit}} = 0.886 \cong 1 \text{ kali}$$

Iterasi 3

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{2,3}(x) = 0.0333 - r + \frac{r^2}{0.0666} = 0.0333 - 0 + \frac{0^2}{0.0666} = 0.0333 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_3 = \sqrt{32.5 + 13\bar{S}(x)} = \sqrt{32.5 + 13 * 0.0333} = 5.74 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$\begin{aligned} r_3 &= 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} Q^* = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} * 5.74 \\ &= 0.00389 \text{ unit} \cong 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_3 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$\begin{aligned} TC_3 &= \frac{50000 * 13}{5.74} + 40000 \left(\frac{5.74}{2} + 1 - 0.0333 \right) + \frac{20000 * 13}{5.74} * 0.0333 \\ &\quad + (13 * 200000) \end{aligned}$$

$$= 113240.42 + 153468 + 1508.36 + 2600000 = Rp 2,868,216.78$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{13 \text{ unit}}{5.74 \text{ unit}} = 2.26 \cong 3 \text{ kali}$$

Iterasi 4

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{3,4}(x) = 0.0333 - r + \frac{r^2}{0.0666} = 0.0333 - 1 + \frac{1^2}{0.0666} = 14.05 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_4 = \sqrt{32.5 + 13\bar{S}(x)} = \sqrt{32.5 + 13 * 14.05} = 14.67 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_4 = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} Q^* = 0.0333 - 5.123076923 * 10^{-3} * 14.67$$

$$= -0.04 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_4 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_4 = \frac{50000 * 13}{14.67} + 40000 \left(\frac{14.67}{2} + 1 - 0.0333 \right) + \frac{20000 * 13}{14.67} * 0$$

$$+ (13 * 200000)$$

$$= 44308.11 + 332068 + 0 + 2600000 = Rp 2,976,376.11$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{13 \text{ unit}}{14.67 \text{ unit}} = 0.886 \cong 1 \text{ kali}$$

Karena nilai r_2 dan r_4 serta nilai Q_2 dan Q_4 sudah sama, maka iterasi dihentikan maka didapatkan nilai-nilai untuk solusi akhir yang optimal adalah

Tabel 4.18 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Kampus Rem

Iterasi	Nilai S(X) (unit)	Nilai Q (unit)	Nilai r (unit)	Total Cost (Rp)	Frekuensi Pemesanan
1	14.05	5.701	1	3,507,467.86	3
2	14.05	14.67	0	2,976,376.11	1
3	0.0333	5.74	1	2,868,216.78	3
4	14.05	14.67	0	2,976,376.11	1

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapat keputusan yang optimal pada iterasi ketiga. Dimana didapat nilai Q^* sebesar 5.74 unit; r^* sebesar 1 unit; nilai $\bar{S}(x)$ sebesar 0.0333 unit dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2,868,216.78 dan jumlah pemesanan sebanyak 3 kali dalam 13 bulan.

4.4.2 Filter Solar

Tabel 4.19 Jumlah Pemakaian Komponen Filter Solar Juli 2010-Juli 2011

NO	Bulan	Jumlah Pemakaian Komponen (Unit)
1	Juli 2010	2
2	Agustus 2010	1
3	September 2010	0
4	Oktober 2010	2
5	November 2010	0
6	Desember 2010	2
7	Januari 2011	0
8	Februari 2011	0
9	Maret 2011	1
10	April 2011	0
11	Mei 2011	1
12	Juni 2011	2
13	Juli 2011	1
Total		12

Sumber : PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

Uji normalitas data pemakaian komponen filter solar

Rata-rata pemakaian komponen filter solar (\bar{D})

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} = \frac{12}{13} = 0.92 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$

Standart deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2 - (\sum_{i=1}^N D_i)^2}{N(N-1)}} = 0.86$$

Menentukan nilai $D +$ dan $D -$

$$Z_x = \frac{(x - \bar{x})}{S}$$

$F_x = P(Z < Z_x) \rightarrow$ lihat lampiran tabel normal

$$D + = S_x - F_x$$

$$D - = S_{(x-1)} - F_x$$

$$S_x = \frac{F_{kx}}{n}$$

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Nilai D Untuk Uji *Statistic Kolmogorov-Smirnov*

Komponen Filter Solar

Pemakaian komponen	Frekuensi (F)	Frekuensi kum (F _{kx})	Nilai Z _x	Prob. Frek. Kum Obsevasi (S _x)	Prob Frek Kum Teoritis (F _x)	Nilai D+	Nilai D-
0	5	5	-1.07	0.384615385	0.1423	0.24232	-0.1423
1	4	9	0.0892	0.692307692	0.53558	0.15673	-0.1510
2	4	13	1.2489	1	0.894191	0.10581	-0.2019
	13						

$$\text{Maks } D + = 0.242315$$

$$\text{Maks } D - = -0.1423$$

$$D \text{ maks} = \text{Maks } |D +, D -| = 0.242315$$

Hipotesis

H_0 : Data pemakaian komponen filter solar berdistribusi normal

H_1 : Data pemakaian komponen filter solar tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi:

$$\alpha = 0.05 ; n = 13 ; D_{\text{tabel}} = \frac{1.36}{13} = 0.3772$$

Daerah kritis:

Jika $D_{\text{max}} \leq D_{\text{tabel}}$ maka H_0 diterima

Jika $D_{\text{max}} \geq D_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak

atau

Jika signifikansi < 0.05 maka H_0 ditolak

Jika signifikansi ≥ 0.05 maka H_0 diterima

Statistik uji:

$$D_{\text{max}} = 0.242315 \text{ atau signifikansinya} = 0.999$$

Kesimpulan:

Karena $D_{max} \leq D_{tabel}$ yaitu $0.242315 \leq 0.3772$ atau signifikansinya > 0.05 yaitu $0.999 \geq 0.05$ maka H_0 diterima sehingga data pemakaian komponen filter solar berdistribusi normal.

a. Perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan:

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan persediaan komponen, baik pengendalian persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan.

Pengendalian persediaan dengan model *continuous review* antara lain:

1. Kebutuhan total selama 13 bulan $(D) = 12 \text{ unit}$
2. Kebutuhan rata-rata per bulan $(\bar{D}) = \frac{12 \text{ unit}}{13 \text{ bulan}} = 0.92 \text{ unit/bulan}$
3. Standar deviasi $(s) = 0.86 \text{ unit}$
4. Biaya beli komponen $(P) = Rp 250000/\text{unit}$
5. Biaya pesan per sekali pesan $(A) = Rp 50000/\text{pesan}$
6. Biaya simpan
 $(h) = 20\% * Rp 250000 = Rp 50000/\text{unit/bulan}$
7. Leadtime $(l) = 1 \text{ hari} = 0.0333 \text{ bulan} = 0.00256 \text{ tahun}$
8. Demand saat leadtime

$$D_l = \frac{\text{Leadtime}}{\text{hari kerja perbulan}} \times \bar{D} = \frac{1}{30} \times 0.92 = 0.0306 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$

9. Biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*)

Biaya yang harus ditanggung perusahaan ketika tidak memnuhi pesanan dari persediaan yang ada karena melonjaknya permintaan. Perusahaan menetapkan 10% dari harga beli komponen

$$\pi = 10\% * Rp 250000 = Rp 25000/\text{unit}$$

10. Biaya untuk melakukan evaluasi atau review (V)

Perusahaan tidak mengeluarkan biaya review saat melakukan pemesanan kembali karena dihitung sama dengan pesan baru sehingga biaya reviewnya adalah Rp 0.

b. Perhitungan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Perhitungan total persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan dilihat dari data pemesanan sebelumnya, adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Total biaya pemesanan

$$(TA) = A * N = Rp\ 50000 * 5kali = Rp250000$$

2. Total biaya penyimpanan

$$\begin{aligned} (Th) &= \frac{\text{TotalKebutuhan 13 bulan}}{2} * \text{biaya simpan} \\ &= \frac{12unit}{2} * 20\% * Rp250000 = Rp300000 \end{aligned}$$

3. Total biaya kekurangan persediaan

$$\begin{aligned} (T\pi) &= \text{jmlh kekurangan} * \text{biaya kekurangan persediaan} \\ &= 0 * 5\% * Rp40000 * 25 = Rp0 \end{aligned}$$

4. Total biaya pembelian

$$\begin{aligned} (TP) &= D * P = \text{total komponen selama 13 bulan} * \text{harga} \\ &= 12unit * Rp \frac{250000}{unit} = Rp\ 3000000 \end{aligned}$$

Maka total biaya persediaan komponen untuk filter solar berdasarkan kebijakan perusahaan adalah:

$$\begin{aligned} TC &= TA + Th + T\pi + TP = Rp250000 + Rp300000 + Rp0 + Rp\ 3000000 \\ &= Rp\ 3,550,000 \end{aligned}$$

c. Perhitungan biaya persediaan dengan model *continuous review*: kasus *backorder*

Model *continuous review* dilakukan untuk menghitung ekspektasi jumlah kekurangan persediaan (\bar{S}), tingkat pemesanan kembali (r) dan jumlah pemesanan optimal setiap siklus (Q^*) serta total biaya persediaan (TC). dengan D_l dari range 0 sampai 0.0306 unit dan leadtime 0.0333 bulan

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus ($\bar{S}(x)$):

$$\begin{aligned}\bar{S}(x) &= \int_0^{\infty} S(x)f(x)dx = \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx \\ &= \int_0^{\infty} (x-r) \frac{1}{D_l} = \int_r^{0.0306} (x-r) \frac{1}{0.0306} dx \\ &= \frac{1}{0.0306} \left[\frac{1}{2}x^2 - rx \right]_r^{0.0306} \\ &= \frac{1}{0.0306} \left[(9.3636 * 10^{-4} - 0.0306r) - \left(\frac{1}{2}r^2 - r^2 \right) \right] \\ &= 0.0306 - r + \frac{r^2}{0.0612}\end{aligned}$$

Reorder level (r):

$$\begin{aligned}\int_r^{\infty} f(x)dx &= \frac{hQ^*}{\pi D} \\ &= \int_r^{0.0306} \frac{1}{0.0306} dx = \frac{50000Q^*}{25000 * 12} \\ &= \left[\frac{x}{0.0306} \right]_r^{0.0306} = \frac{50000 * Q^*}{300000} \\ 1 - \frac{r}{0.0306} &= \frac{50000Q^*}{300000} \\ \frac{r}{0.0306} &= 1 - \frac{50000Q^*}{300000} \\ \frac{r}{0.0306} &= \frac{300000 - 50000Q^*}{300000}\end{aligned}$$

$$300000r = 9180 - 1530Q^*$$

$$r = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3}Q^*$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*):

$$\begin{aligned} Q^* &= \sqrt{\frac{2D[A + \pi\bar{S}(x)]}{h}} \\ &= \sqrt{\frac{2 * 12 [50000 + 25000\bar{S}(x)]}{50000}} \\ &= \sqrt{24 + 12\bar{S}(x)} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan harga r^* dan Q^* (r optimal dan Q optimal), maka dilakukan beberapa iterasi sebagai berikut:

Iterasi 1

Jumlah pemesanan persiklus (Q^*)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 12 * 50000}{50000}} = 4.899 \text{ unit}$$

Reorder level (r):

$$r = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3}Q^* = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} * 4.899 = 0.0056 \text{ unit} \cong 1 \text{ unit}$$

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus

$$(\bar{S}(x)) = 0.0306 - r + \frac{r^2}{0.0612} = 0.0306 - 1 + \frac{1^2}{0.0612} = 15.37 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC) ditambah total biaya pembelian:

$$TC_1 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$\begin{aligned} TC_1 &= \frac{50000 * 12}{4.899} + 50000 \left(-\frac{4.899}{2} + 1 - 0.0306 \right) + \frac{25000 * 12}{4.899} * 15.37 \\ &\quad + (12 * 250000) \end{aligned}$$

$$= 122473.9 + 170945 + 941212.5 + 3000000 = Rp 4,234,631.4$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{12 \text{ unit}}{4.899 \text{ unit}} = 2.449 \cong 3 \text{ kali}$$

Iterasi 2

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{1,2}(x) = 0.0306 - r + \frac{r^2}{0.0612} = 0.0306 - 1 + \frac{1^2}{0.0612} = 15.37 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_2 = \sqrt{24 + 12\bar{S}(x)} = \sqrt{24 + 12 * 15.37} = 14.4 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_2 = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} Q^* = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} * 14.4 = -0.04 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_2 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_2 = \frac{50000 * 12}{14.4} + 50000 \left(\frac{14.4}{2} + 0 - 0.0306 \right) + \frac{25000 * 12}{14.4} * 15.37 + (12 * 250000)$$

$$= 41666.67 + 358470 + 320208.3 + 3000000 = Rp 3,720,344.97$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{12 \text{ unit}}{14.4 \text{ unit}} = 0.833 \cong 1 \text{ kali}$$

Iterasi 3

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{2,3}(x) = 0.0306 - r + \frac{r^2}{0.0612} = 0.0306 - 0 + \frac{0^2}{0.0612} = 0.0306 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_3 = \sqrt{24 + 12\bar{S}(x)} = \sqrt{24 + 12 * 0.0306} = 4.9 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_3 = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} Q^* = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} * 4.9 = 0.00561 \text{ unit}$$

$$\cong 1 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_3 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_3 = \frac{50000 * 12}{4.9} + 50000 \left(\frac{4.9}{2} + 1 - 0.0306 \right) + \frac{25000 * 12}{4.9} * 0.0306$$

$$+ (12 * 250000)$$

$$= 122448.98 + 170970 + 1873.47 + 3000000 = Rp 3,295,292.45$$

Dengan frekuensi pemesanan = $N = \frac{D}{Q} = \frac{12 \text{ unit}}{4.9 \text{ unit}} = 2.448 \cong 3 \text{ kali}$

Iterasi 4

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{3,4}(x) = 0.0306 - r + \frac{r^2}{0.0612} = 0.0306 - 1 + \frac{1^2}{0.0612} = 15.37 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_4 = \sqrt{24 + 12\bar{S}(x)} = \sqrt{24 + 12 * 15.37} = 14.4 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_4 = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} Q^* = 0.0306 - 5.1 * 10^{-3} * 14.4 = -0.04 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_4 = \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_4 = \frac{50000 * 12}{14.4} + 50000 \left(\frac{14.4}{2} + 0 - 0.0306 \right) + \frac{25000 * 12}{14.4} * 15.37$$

$$+ (12 * 250000)$$

$$= 41666.67 + 358470 + 320208.3 + 3000000 = Rp 3,720,344.97$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{12 \text{ unit}}{14.4 \text{ unit}} = 0.833 \cong 1 \text{ kali}$$

Karena nilai r_2 dan r_4 serta nilai Q_2 dan Q_4 sudah sama, maka iterasi dihentikan maka didapatkan nilai-nilai untuk solusi akhir yang optimal adalah

Tabel 4.21 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Filter Solar

Iterasi	Nilai S(X) (unit)	Nilai Q (unit)	Nilai r (unit)	Total Cost (Rp)	Frekuensi Pemesanan
1	15.37	4.899	1	4,234,631.4	3
2	15.37	14.4	0	3,720,344.97	1
3	0.0306	4.9	1	3,295,292.45	3
4	15.37	14.4	0	3,720,344.97	1

Dari hasil perhitungan diatas, maka didaat keputusan yang optimal pada iterasi ketiga. Dimana didapat nilai Q^* sebesar 4.9 unit; r^* sebesar 1 unit; nilai $\bar{S}(x)$ sebesar 0.0306 unit dengan total biaya persediaan sebesar Rp 3,295,292.45 dan jumlah pemesanan sebanyak 3 kali dalam 13 bulan.

4.4.3 Filter Oli

Tabel 4.22 Jumlah Pemakaian Komponen Filter Oli Juli 2010-Juli 2011

NO	Bulan	Jumlah Komponen Pemakaian (Unit)
1	Juli 2010	1
2	Agustus 2010	1
3	September 2010	0
4	Oktober 2010	1
5	November 2010	0
6	Desember 2010	1
7	Januari 2011	0
8	Februari 2011	0

NO	Bulan	Jumlah Komponen Pemakaian (Unit)
9	Maret 2011	1
10	April 2011	0
11	Mei 2011	1
12	Juni 2011	1
13	Juli 2011	1
Total		8

Sumber : PT. Sejahtera "AO" Kencana Sakti

Uji normalitas data pemakaian komponen filter oli

Rata-rata pemakaian komponen filter oli (\bar{D})

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} = \frac{8}{13} = 0.62 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$

Standart deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2 - (\sum_{i=1}^N D_i)^2}{N(N-1)}} = 0.51$$

Menentukan nilai $D +$ dan $D -$

$$Z_x = \frac{(x - \bar{x})}{S}$$

$F_x = P(Z < Z_x) \rightarrow$ lihat lampiran tabel normal

$$D + = S_x - F_x$$

$$D - = S_{(x-1)} - F_x$$

$$S_x = \frac{F_{kx}}{n}$$

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Nilai D Untuk Uji *Statistic Kolmogorov-Smirnov*

Komponen Filter Oli

Pemakaian komponen	Frekuensi (F)	Frekuensi kum (F _{kx})	Nilai Z _x	Prob. Frek. Kum Obsevasi (S _x)	Prob Frek Kum Teoritis (F _x)	Nilai D ⁺	Nilai D ⁻
0	5	5	-1.215	0.384615385	0.11215	0.27247	-0.1122
1	8	13	0.7596	1	0.77628	0.22372	-0.3917
	13						

$$\text{Maks } D^+ = 0.27247$$

$$\text{Maks } D^- = -0.1122$$

$$D_{\text{maks}} = \text{Maks } |D^+, D^-| = 0.27247$$

Hipotesis

H_0 : Data pemakaian komponen filter oli berdistribusi normal

H_1 : Data pemakaian komponen filter oli tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi:

$$\alpha = 0.05 ; n = 13 ; D_{\text{tabel}} = \frac{1.36}{\sqrt{13}} = 0.3772$$

Daerah kritis:

Jika $D_{\text{max}} \leq D_{\text{tabel}}$ maka H_0 diterima

Jika $D_{\text{max}} \geq D_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak

atau

Jika signifikansi < 0.05 maka H_0 ditolak

Jika signifikansi ≥ 0.05 maka H_0 diterima

Statistik uji:

$$D_{\text{max}} = 0.27247 \text{ atau signifikansinya} = 0.999$$

Kesimpulan:

Karena $D_{max} \leq D_{tabel}$ yaitu $0.27247 \leq 0.3772$ atau signifikansinya > 0.05 yaitu $0.999 \geq 0.05$ maka H_0 diterima sehingga data pemakaian komponen filter oli berdistribusi normal.

a. Perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan:

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan persediaan komponen, baik pengendalian persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan. Pengendalian persediaan dengan model *continuous review* antara lain:

1. Kebutuhan total selama 13 bulan $(D) = 8 \text{ unit}$
2. Kebutuhan rata-rata per bulan $(\bar{D}) = \frac{8 \text{ unit}}{13 \text{ bulan}} = 0.62 \text{ unit/bulan}$
3. Standar deviasi $(s) = 0.51 \text{ unit}$
4. Biaya beli komponen $(P) = Rp 100000/\text{unit}$
5. Biaya pesan per sekali pesan $(A) = Rp 50000/\text{pesan}$
6. Biaya simpan
 $(h) = 20\% * Rp 100000 = Rp 20000/\text{unit/bulan}$
7. Leadtime $(l) = 1 \text{ hari} = 0.0333 \text{ bulan} = 0.00256 \text{ tahun}$
8. Demand saat leadtime

$$D_l = \frac{\text{Leadtime}}{\text{hari kerja perbulan}} \times \bar{D} = \frac{1}{30} \times 0.62 = 0.0207 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}}$$
9. Biaya kekurangan persediaan (stockout cost)
 Biaya yang harus ditanggung perusahaan ketika tidak memnuhi pesanan dari persediaan yang ada karena melonjaknya permintaan. Perusahaan menetapkan 10% dari harga beli komponen

$$\pi = 10\% * Rp 100000 = Rp 10000/\text{unit}$$
10. Biaya untuk melakukan evaluasi atau review (V)

Perusahaan tidak mengeluarkan biaya review saat melakukan pemesanan kembali karena dihitung sama dengan pesan baru sehingga biaya reviewnya adalah Rp 0.

- b. Perhitungan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Perhitungan total persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan dilihat dari data pemesanan sebelumnya, adapun perhitungannya sebagai berikut:

1. Total biaya pemesanan

$$(TA) = A * N = Rp\ 50000 * 3kali = Rp150000$$

2. Total biaya penyimpanan

$$(Th) = \frac{\text{Total Kebutuhan 13 bulan}}{2} * \text{biaya simpan} = \frac{8unit}{2} * 20\% * Rp100000$$

$$= Rp30000$$

3. Total biaya kekurangan persediaan

$$(T\pi) = \text{jmlh kekurangan} * \text{biaya kekurangan persediaan}$$

$$= 0 * 5\% * Rp40000 * 25 = Rp0$$

4. Total biaya pembelian

$$(TP) = D * P = \text{total komponen selama 13 bulan} * \text{harga}$$

$$= 8unit * Rp \frac{100000}{unit} = Rp\ 800000$$

Maka total biaya persediaan komponen untuk filter oli berdasarkan kebijakan perusahaan adalah:

$$TC = TA + Th + T\pi + TP = Rp150000 + Rp30000 + Rp0 + Rp\ 800000$$

$$= Rp\ 1,030,000$$

c. Perhitungan biaya persediaan dengan model *continuous review*: kasus *backorder*

Model *continuous review* dilakukan untuk menghitung ekspektasi jumlah kekurangan persediaan (\bar{S}), tingkat pemesanan kembali (r) dan jumlah pemesanan optimal setiap siklus (Q^*) serta total biaya persediaan (TC). dengan D_l dari range 0 sampai 0.0207 unit dan leadtime 0.0333 bulan

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus ($\bar{S}(x)$):

$$\begin{aligned}\bar{S}(x) &= \int_0^{\infty} S(x)f(x)dx = \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx \\ &= \int_0^{\infty} (x-r) \frac{1}{D_l} = \int_r^{0.0333} (x-r) \frac{1}{0.0333} dx \\ &= \frac{1}{0.0207} \left[\frac{1}{2}x^2 - rx \right]_r^{0.0207} \\ &= \frac{1}{0.0207} \left[(4.2849 * 10^{-4} - 0.0207r) - \left(\frac{1}{2}r^2 - r^2 \right) \right] \\ &= 0.0207 - r + \frac{r^2}{0.0414}\end{aligned}$$

Reorder level (r):

$$\begin{aligned}\int_r^{\infty} f(x)dx &= \frac{hQ^*}{\pi D} \\ &= \int_r^{0.0207} \frac{1}{0.0207} dx = \frac{10000Q^*}{10000 * 8} \\ &= \left[\frac{x}{0.0207} \right]_r^{0.0207} = \frac{10000Q^*}{80000} \\ 1 - \frac{r}{0.0207} &= \frac{10000Q^*}{80000} \\ \frac{r}{0.0207} &= 1 - \frac{10000Q^*}{80000} \\ \frac{r}{0.0207} &= \frac{80000 - 10000Q^*}{80000}\end{aligned}$$

$$r = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} Q^*$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*):

$$\begin{aligned} Q^* &= \sqrt{\frac{2D[A + \pi\bar{S}(x)]}{h}} \\ &= \sqrt{\frac{2 * 8[50000 + 10000\bar{S}(x)]}{20000}} \\ &= \sqrt{40 + 8\bar{S}(x)} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan harga r^* dan Q^* (r optimal dan Q optimal), maka dilakukan beberapa iterasi sebagai berikut:

Iterasi 1

Jumlah pemesanan persiklus (Q^*)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 8 * 50000}{20000}} = 6.325 \text{ unit}$$

Reorder level (r):

$$\begin{aligned} r &= 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} Q^* = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} * 6.325 = 0.004 \text{ unit} \\ &\cong 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan per siklus

$$(\bar{S}(x)) = 0.0207 - r + \frac{r^2}{0.0414} = 0.0207 - 1 + \frac{1^2}{0.0414} = 23.27 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC) ditambah total biaya pembelian:

$$\begin{aligned} TC_1 &= \frac{AD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + r - D_l \right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P) \\ TC_1 &= \frac{50000 * 8}{6.325} + 20000 \left(\frac{6.325}{2} + 1 - 0.0207 \right) + \frac{10000 * 8}{6.325} * 23.27 \\ &\quad + (\text{€} * 100000) \end{aligned}$$

$$= 63241.1 + 82836 + 294324.1 + 800000 = Rp 1,240,401.2$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{8\text{unit}}{6.325\text{unit}} = 1.265 \cong 2\text{kali}$$

Iterasi 2

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{1,2}(x) = 0.0207 - r + \frac{r^2}{0.0414} = 0.0207 - 1 + \frac{1^2}{0.0414} = 23.27\text{unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_2 = \sqrt{40 + 8\bar{S}(x)} = \sqrt{40 + 8 * 23.27} = 15.04 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$\begin{aligned} r_2 &= 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} Q^* = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} * 15.04 \\ &= -0.018 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit} \end{aligned}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_2 = \frac{AD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + r - D_l\right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$\begin{aligned} TC_2 &= \frac{50000 * 8}{15.04} + 20000 \left(\frac{15.04}{2} + 0 - 0.0207 \right) + \frac{10000 * 8}{15.04} * 23.27 \\ &\quad + (\xi * 100000) \end{aligned}$$

$$= 26595.7 + 149986 + 123776.6 + 800000 = Rp 1,100,358.3$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{8\text{unit}}{15.04 \text{ unit}} = 0.53 \cong 1\text{kali}$$

Iterasi 3

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{2,3}(x) = 0.0207 - r + \frac{r^2}{0.0414} = 0.0207 - 0 + \frac{0^2}{0.0414} = 0.0207\text{unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_3 = \sqrt{40 + 8\bar{S}(x)} = \sqrt{40 + 8 * 0.0207} = 6.34 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_3 = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} Q^* = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} * 6.34 = 0.004 \text{ unit}$$

$$\cong 1 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_3 = \frac{AD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + r - D_l\right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_3 = \frac{50000 * 8}{6.34} + 20000\left(\frac{6.34}{2} + 1 - 0.0207\right) + \frac{10000 * 8}{6.34} * 0.0207$$

$$+ (\text{€} * 100000)$$

$$= 63091.5 + 82986 + 261.2 + 800000 = \text{Rp } 946,338.7$$

Dengan frekuensi pemesanan = $N = \frac{D}{Q} = \frac{8 \text{ unit}}{6.34 \text{ unit}} = 1.26 \cong 2 \text{ kali}$

Iterasi 4

Ekspektasi jumlah kekurangan persediaan persiklus ($\bar{S}(x)$)

$$\bar{S}_{3,4}(x) = 0.0207 - r + \frac{r^2}{0.0414} = 0.0207 - 1 + \frac{1^2}{0.0414} = 23.27 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan setiap siklus (Q^*)

$$Q_4 = \sqrt{40 + 8\bar{S}(x)} = \sqrt{40 + 8 * 23.27} = 15.04 \text{ unit}$$

Reorder level (r)

$$r_4 = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} Q^* = 0.0207 - 2.5875 * 10^{-3} * 15.04$$

$$= -0.018 \text{ unit} \cong 0 \text{ unit}$$

Total biaya persediaan (TC)

$$TC_4 = \frac{AD}{Q} + h\left(\frac{Q}{2} + r - D_l\right) + \frac{\pi D}{Q} \bar{S}(x) + (D * P)$$

$$TC_4 = \frac{50000 * 8}{15.04} + 20000 \left(\frac{15.04}{2} + 0 - 0.0207 \right) + \frac{10000 * 8}{15.04} * 23.27 + (\text{€} * 100000)$$

$$= 26595.7 + 149986 + 123776.6 + 800000 = Rp 1,100,358.3$$

$$\text{Dengan frekuensi pemesanan} = N = \frac{D}{Q} = \frac{8 \text{ unit}}{15.04 \text{ unit}} = 0.53 \cong 1 \text{ kali}$$

Karena nilai r_2 dan r_4 serta nilai Q_2 dan Q_4 sudah sama, maka iterasi dihentikan maka didapatkan nilai-nilai untuk solusi akhir yang optimal adalah

Tabel 4.24 Rekap Hasil Iterasi Persediaan Filter Oli

Iterasi	Nilai S(X) (unit)	Nilai Q (unit)	Nilai r (unit)	Total Cost (Rp)	Frekuensi Pemesanan
1	23.27	6.325	1	1,240,401.2	2
2	23.27	15.04	0	1,100,358.3	1
3	0.0207	6.34	1	946,338.7	2
4	23.27	15.04	0	1,100,358.3	1

Dari hasil perhitungan diatas, maka didaot keputusan yang optimal pada iterasi pertama. Dimana didapat nilai Q^* sebesar 6.34 unit; r^* sebesar 1 unit; nilai $\bar{S}(x)$ sebesar 0.0207unit dengan total biaya persediaan sebesar Rp 946,338.7 dan jumlah pemesanan sebanyak 2 kali dalam 13 bulan.

4.5 Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya perawatan dapat dilihat dari:

a. Biaya tenaga kerja (teknisi)

Gaji tenaga kerja (teknisi) per orang adalah Rp. 800,000/bulan. Hari kerja dalam satu bulan adalah 26 hari dan dalam satu hari ada 12 jam kerja dengan teknisi 2 orang untuk setiap mesin. Sehingga biaya tenaga kerja (teknisi) adalah $(Rp 800,000 * 2) / 26 = Rp 61,538.46/hari = Rp 5,128.2/jam = Rp 35.47/menit$

b. Biaya depresiasi komponen

Depresiasi adalah penyusutan suatu komponen secara sistematis selama waktu pemakaian. Sehingga biaya depresiasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Harga Beli Komponen}}{\text{Umur Ekonomis} * \text{Jumlah jam kerja selama } \bar{1} \text{ tahun}}$$

c. Keuntungan yang hilang

Berdasarkan kebijakan perusahaan keuntungan yang hilang didapat dari 10% dari keseluruhan penjualan tiket keberangkatan armada bus. Harga tiket per orang adalah Rp. 45,000 dan jumlah tempat duduknya ada 25 buah. Lama perjalanan tiap keberangkatan adalah 3 jam. Sehingga keuntungan yang hilang adalah $10\% * (Rp\ 45,000 * 25) / 3 = Rp\ 37,500 / jam = Rp\ 625 / menit$.

d. Biaya kegiatan perbaikan

Biaya setiap tenaga kerja untuk melakukan perbaikan adalah Rp. 20,000/jam untuk setiap mesin. Jumlah tenaga kerja setiap mesin ada 2 orang. Sehingga besarnya biaya tenaga kerja untuk kegiatan perbaikan adalah $2 * Rp\ 20,000 / jam = Rp\ 40,000 / jam = Rp\ 666.67 / menit$.

4.5.1 Biaya Perawatan Kampas Rem

Umur ekonomis komponen kampas rem adalah 5 tahun. Harga komponen kampas rem adalah Rp. 200,000. Sehingga biaya depresiasinya adalah $Rp\ 200,000 / (5 * 3744) = Rp\ 10.68 / jam = Rp\ 0.178 / menit$

Tabel 4.25 Data Biaya Perawatan Kampas Rem (Rp/menit)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Biaya Teknisi	85.470	666.670
Depresiasi Komponen	0.178	0.178
Keuntungan yang hilang	625.000	625.000
Total	710.648	1,291.848

Besar biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

Dimana:

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime pada bagian sebelumnya yaitu pada $t = 460 \text{ jam}$

$$tp = 460 \text{ jam} = 27600 \text{ menit}$$

$$MTTR (Tr) = 1.31231 \text{ jam} = 78.7386 \text{ menit}$$

$$R(tp) = 0.421402475$$

Sehingga total biayanya:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$TC(tp) = \frac{(710.648 * 0.421402475) + 1,291.848 - 0.421402475}{(27600 + 60 + 78.7386) - 0.421402475}$$

$$= \frac{1,590.895424}{27,738.3172} = Rp 0.05735371/\text{menit}$$

$$= Rp 3.441222651/\text{jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya adalah pada $t = 156 \text{ jam}$

$$\begin{aligned}
 tp &= 156 \text{ jam} = 9360 \text{ menit} \\
 \text{MTTR (Tr)} &= 1.31231 \text{ jam} = 78.7386 \text{ menit} \\
 R(tp) &= 0.421402475
 \end{aligned}$$

Sehingga total biayanya:

$$\begin{aligned}
 TC(tp) &= \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)} \\
 TC(tp) &= \frac{(710.648 * 0.421402475) + 1,291.848 - 0.421402475}{(9360 + 60 + 78.7386) - 0.421402475} \\
 &= \frac{1,590.895424}{9,498.317198} = Rp 0.167492345/\text{menit} \\
 &= Rp 10.04954072/\text{jam}
 \end{aligned}$$

4.5.2 Biaya Perawatan Filter Solar

Umur ekonomis komponen filter solar adalah 5 tahun. Harga komponen filter solar adalah Rp. 250,000. Sehingga biaya depresiasinya adalah $Rp 250,000 / (5 * 3744) = Rp 13,35/\text{jam} = Rp 0.223/\text{menit}$

Tabel 4.26 Data Biaya Perawatan Filter Solar (Rp/menit)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Biaya Teknisi	85.470	666.670
Depresiasi Komponen	0.223	0.223
Keuntungan yang hilang	625.000	625.000
Total	683.693	1,291.893

Besar biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per jamnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

Dimana:

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime pada bagian sebelumnya yaitu pada $t = 590 \text{ jam}$

$$tp = 590 \text{ jam} = 35400 \text{ menit}$$

$$MTTR (Tr) = 1.283 \text{ jam} = 76.98 \text{ menit}$$

$$R(tp) = 0.545460$$

Sehingga total biayanya:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$TC(tp) = \frac{(\epsilon 83.693 * 0.545460) + 1,291.893 - 0.545460}{(35400 + 60 + 76.98) - 0.545460} = \frac{1,664.274724}{35,536.43454}$$

$$= Rp 0.046832912/\text{menit} = Rp 2.809974741/\text{jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya adalah pada $t = 156 \text{ jam}$

$$tp = 156 \text{ jam} = 9360 \text{ menit}$$

$$MTTR (Tr) = 1.283 \text{ jam} = 76.98 \text{ menit}$$

$$R(tp) = 0.545460$$

Sehingga total biayanya:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$TC(tp) = \frac{(683.693 * 0.545460) + 1,291.893 - 0.545460}{(9360 + 60 + 76.98) - 0.545460} = \frac{1,664.274724}{9,496.43454}$$

$$= Rp 0.175252587/menit = Rp 10.51515524/jam$$

4.5.3 Biaya Perawatan Filter Oli

Umur ekonomis komponen filter oli adalah 5 tahun. Harga komponen filter oli adalah Rp. 100,000. Sehingga biaya depresiasinya adalah $Rp 100,000 / (5 * 3744) = Rp 5.75/jam = Rp 0.096/menit$

Tabel 4.27 Data Biaya Perawatan Filter Oli (Rp/menit)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Biaya Teknisi	85.470	666.670
Depresiasi Komponen	0.096	0.096
Keuntungan yang hilang	625.000	625.000
Total	710.566	1,291.766

Besar biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per jamnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

Dimana:

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime pada bagian sebelumnya yaitu pada $t = 560 jam$

$$tp = 560 jam = 33,600 menit$$

$$MTTR (Tr) = 1.29125 jam = 77.475 menit$$

$$R(tp) = 0.85025437$$

Sehingga total biayanya:

$$TC(tp) = \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$\begin{aligned} TC(tp) &= \frac{(710.566 * 0.85025437) + 1,291.766 - 0.85025437}{(33,600 + 60 + 77.475) - 0.85025437} \\ &= \frac{1,895.077592}{33,736.62475} = Rp 0.056172708/menit \\ &= Rp 3.37036248/jam \end{aligned}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya adalah pada $t = 156 \text{ jam}$

$$\begin{aligned} tp &= 156 \text{ jam} && = 9360 \text{ menit} \\ MTTR (Tr) &= 1.29125 \text{ jam} && = 77.475 \text{ menit} \\ R(tp) &= 0.85025437 \end{aligned}$$

Sehingga total biayanya:

$$\begin{aligned} TC(tp) &= \frac{Ci R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)} \\ TC(tp) &= \frac{(710.566 * 0.85025437) + 1,291.766 - 0.85025437}{(9360 + 60 + 77.475) - 0.85025437} \\ &= \frac{1,895.077592}{9,496.624746} = Rp 0.19955275/menit \\ &= Rp 11.973165/jam \end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dalam satu mesin didasarkan pada total waktu downtime dan frekuensi kerusakan yang dialami komponen mesin. Penelitian bertujuan untuk memperbaiki sebesar 65% dari keseluruhan kerusakan komponen. Berdasarkan perhitungan prosentase total waktu downtime dari mesin armada bus dengan kode OF19 diperoleh 3 komponen yang mengalami total downtime lebih banyak dari komponen yang lain. Komponen tersebut antara lain kampas rem, filter solar dan filter oli dengan masing masing prosentasenya adalah 17.06 jam, 12.83 jam dan 10.33 jam, sehingga 3 komponen tersebut ditetapkan sebagai komponen kritis armada bus.

5.2 Analisis Penjadualan Perawatan Kampas Rem

Setelah mengetahui komponen kritis dari suatu mesin langkah berikutnya adalah menghitung *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF). Tapi sebelum melakukan perhitungan selanjutnya perlu diketahui bahwa pemeriksaan dan perbaikan secara ringan komponen kritis kampas rem dilakukan dibengkel PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti di Yogyakarta, hal tersebut dikarena pertimbangan menghindari biaya tidak terduga yang akan timbul karena melakukan pemeriksaan dan perbaikan diluar area perusahaan.

Identifikasi distribusi dilakukan dengan menggunakan metode least Square Curve Fitting. Distribusi penyebaran mengikuti distribusi weibull, distribusi

exponential, distribusi normal dan distribusi lognormal. Untuk mengetahui distribusi yang cocok untuk suatu komponen dapat dilihat dari nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan dengan software minitab 15 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi weibull dan data waktu antar perbaikan berdistribusi normal. Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata antar kerusakan (MTTF) adalah 495.626 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 1.31231 jam.

Setelah mengetahui distribusi dari data *time to failure* dan data *time to repair* serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu pengganti pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dengan cara trial error dan hasilnya sebagai berikut:

- a. Min D(tp) = 0.00189974
- b. Age Replacement = 460 jam

Interval waktu penggantian pencegahan diperoleh hasil 460 jam yang berarti penggantian komponen kampas rem kira-kira setiap 460 jam dihitung dari waktu komponen kampas rem pertama kali beroperasi. Pada perhitungan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan adalah 156 jam atau 2 kali/bulan sehingga dapat diarti bahwa pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau 2 kali/bulan terhitung dari pertama kali mesin beroperasi. Setelah mengetahui interval waktu pergantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan, maka dapat dihitung nilai availability total kampas rem berikut hasilnya:

- a. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan $A(n) = 0.9914868682$
- b. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan $A(tp) = 0.99810026$
- c. Availability Total = 0.989603115

5.3 Analisis Penjadualan Perawatan Filter Solar

Setelah mengetahui komponen kritis dari suatu mesin langkah berikutnya adalah menghitung *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR). Tapi sebelum melakukan perhitungan selanjutnya perlu diketahui bahwa pemeriksaan dan perbaikan secara ringan komponen kritis filter solar dilakukan dibengkel PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti di Yogyakarta, hal tersebut dikarena pertimbangan menghindari biaya tidak terduga yang akan timbul karena melakukan pemeriksaan dan perbaikan diluar area perusahaan.

Identifikasi distribusi dilakukan dengan menggunakan metode least Square Curve Fitting. Distribusi penyebaran mengikuti distribusi weibull, distribusi exponential, distribusi normal dan distribusi lognormal. Untuk mengetahui distribusi yang cocok untuk suatu komponen dapat dilihat dari nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan dengan software minitab 15 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi normal dan data waktu antar perbaikan berdistribusi normal. Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata antar kerusakan (MTTF) adalah 637.333 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 1.283 jam.

Setelah mengetahui distribusi dari data *time to failure* dan data *time to repair* serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu pengganti pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dengan cara trial error dan hasilnya sebagai berikut:

- a. Min D(tp) = 0.00133585
- b. Age Replacement = 590 jam

Interval waktu penggantian pencegahan diperoleh hasil 590 jam yang berarti penggantian komponen filter solar kira-kira setiap 590 jam dihitung dari waktu

komponen filter solar pertama kali beroperasi. Pada perhitungan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan adalah 156 jam atau 2 kali/bulan sehingga dapat diarti bahwa pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau 2 kali/bulan terhitung dari pertama kali mesin beroperasi. Setelah mengetahui interval waktu pergantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan, maka dapat dihitung nilai availability total filter solar berikut adalah hasilnya:

- a. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan $A(n) = 0.992008136$
- b. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan $A(tp) = 0.99866415$
- c. Availability Total = 0.990682962

5.4 Analisis Penjadualan Perawatan Filter Oli

Setelah mengetahui komponen kritis dari suatu mesin langkah berikutnya adalah menghitung *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR). Tapi sebelum melakukan perhitungan selanjutnya perlu diketahui bahwa pemeriksaan dan perbaikan secara ringan komponen kritis filter oli dilakukan dibengkel PT. Sejahtera “AO” Kencana Sakti di Yogyakarta, hal tersebut dikarena pertimbangan menghindari biaya tidak terduga yang akan timbul karena melakukan pemeriksaan dan perbaikan diluar area perusahaan.

Identifikasi distribusi dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi penyebaran mengikuti distribusi weillull, distribusi exponential, distribusi normal dan distribusi lognormal. Untuk mengetahui distribusi yang cocok untuk suatu komponen dapat dilihat dari nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan dengan software minitab 15 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi lognormal dan

data waktu antar perbaikan berdistribusi normal. Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata antar kerusakan (MTTF) adalah 738.896 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 1.29125 jam.

Setelah mengetahui distribusi dari data *time to failure* dan data *time to repair* serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu pengganti pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dengan cara trial error dan hasilnya sebagai berikut:

- a. Min D(tp) = 0.00102372
- b. Age Replacement = 560 jam

Interval waktu penggantian pencegahan diperoleh hasil 560 jam yang berarti penggantian komponen filter oli kira-kira setiap 560 jam dihitung dari waktu komponen filter oli pertama kali beroperasi. Pada perhitungan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan adalah 156 jam atau 2 kali/bulan sehingga dapat diarti bahwa pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau 2 kali/bulan terhitung dari pertama kali mesin beroperasi. Setelah mengetahui interval waktu pergantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan, maka dapat dihitung nilai availability total filter oli berikut adalah hasilnya:

- a. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan $A(n) = 0.992316321$
- b. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan $A(tp) = 0.99897628$
- c. Availability Total = 0.991300467

5.5 Analisis Perhitungan Persediaan Suku Cadang

Perhitungan persediaan suku cadang dilakukan untuk mengetahui kapan dan berapa jumlah komponen yang perlu disediakan. Sehingga dalam proses pergantian

komponen dapat berjalan dengan baik dan tepat waktu. Penjadualan pengadaan suku cadang yang tepat sangat berpengaruh untuk mencapai persediaan yang optimal. Dari data persediaan bulan juli 2010 sampai juli 2011 diketahui bahwa data bersifat probabilistic sehingga tahapan pertama adalah menguji data dengan uji normalitas menggunakan uji statistic Kolmogorov-Smirnov. Data dianggap berdistribusi normal jika $D_{max} \leq D_{tabel}$ sedangkan jika $D_{max} \geq D_{tabel}$ data tidak berdistribusi normal. Dari hasil perhitungan dengan uji statistic Kolmogorov-Smirnov data persediaan komponen kampas rem, filter solar dan filter oli berdistribusi normal, hal tersebut dapat dilihat dari nilai D_{max} masing-masing antara lain 0.26923, 0.242315 dan 0.27247 dengan nilai $D_{tabel} = 0.3772$.

a. Kampas Rem

Setelah mengetahui bahwa data persediaan komponen kampas rem maka langkah selanjutnya melakukan perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan. Berdasarkan kebijakan perusahaan total biaya persediaan komponen kampas rem sebesar Rp 3,060,000 dengan 4 kali pemesanan per 13 bulan. Sedangkan jika menggunakan perhitungan biaya persediaan dengan model *continuous review* (kasus *backorder*), total biaya persediaan yang optimal sebesar Rp 2,868,216.78 dengan 3 kali pemesanan per 13 bulan jika komponen tersisa 1 unit dan pemesanan kembali sebanyak $5,74 \cong 6$ unit. Sehingga perusahaan dapat menekan biaya persediaan sebesar Rp 191,783.22.

Tabel 5.1 Rekap Hasil antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Kampas Rem

	Nilai Q	Nilai r	Frekuensi Pemesanan	Total Cost
Kebijakan Perusahaan	4	1	4	Rp 3,060,000.00
Usulan Peneliti	6	1	3	Rp 2,868,216.78

b. Filter Solar

Setelah mengetahui bahwa data persediaan komponen kampas rem maka langkah selanjutnya melakukan perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan. Berdasarkan kebijakan perusahaan total biaya persediaan komponen kampas rem sebesar Rp 3,550,000 dengan 5 kali pemesanan per 13 bulan. Sedangkan jika perhitungan biaya persediaan dengan model *continuous review* (kasus back order), total biaya persediaan sebesar Rp 3,295,292.45 dengan 3 kali pemesanan per 13 bulan jika tersisa 1 unit dan perlu melakukan pemesanan sebanyak $4.9 \cong 5$ unit. Sehingga perusahaan dapat menekan biaya persediaan sebesar Rp 254,707.55.

Tabel 5.2 Rekap Hasil antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Filter Solar

	Nilai Q	Nilai r	Frekuensi Pemesanan	Total Cost
Kebijakan Perusahaan	3	1	5	Rp 3,550,000.00
Usulan Peneliti	5	1	3	Rp 3,295,292.45

c. Filter Oli

Setelah mengetahui bahwa data persediaan komponen kampas rem maka langkah selanjutnya melakukan perhitungan biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan. Berdasarkan kebijakan perusahaan total biaya persediaan komponen kampas rem sebesar Rp 1,030,000 dengan 3 kali pemesanan per 13 bulan. Sedangkan jika perhitungan biaya persediaan dengan model *continuous review* (kasus back order), total biaya persediaan sebesar Rp 946,338.7 dengan 2 kali pemesanan per 13 bulan jika komponen tersisa 1 unit dan pemesanan kembali sebanyak $6.34 \cong 7$ unit. Sehingga perusahaan dapat menekan biaya persediaan sebesar Rp 83,661.3.

Tabel 5.3 Rekap Hasil antara Kebijakan Perusahaan dengan Usulan Peneliti Filter Oli

	Nilai Q	Nilai r	Frekuensi Pemesanan	Total Cost
Kebijakan Perusahaan	3	1	5	Rp 1,030,000.00
Usulan Peneliti	7	1	2	Rp 946,338.70

Dari rekap hasil perhitungan persediaan suku cadang kampas rem, filter solar dan filter oli dapat terlihat bahwa diusulkan untuk perusahaan lebih baik untuk menyimpan komponen lebih banyak dengan frekuensi pemesanan lebih sedikit daripada menyimpan komponen lebih sedikit dengan frekuensi yang lebih banyak. Hal tersebut dikarenakan biaya kekurangan persediaan lebih besar dari biaya simpannya.

5.6 Analisis Biaya Total Perawatan

Biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk kebutuhan perawatan ada beberapa hal. Untuk biaya tenaga kerja teknisi sebesar $Rp85.47/menit$, keuntungan yang hilang berdasarkan kebijakan perusahaan yaitu 10% dari keseluruhan penjualan tiket bus sebesar $Rp 625/menit$ dan biaya tenaga kerja untuk kegiatan perbaikan sebesar $Rp 666.67/menit$.

Umur ekonomis komponen kampas rem adalah 5 tahun dan biaya depresiasinya sebesar $Rp 0.178/menit$ sehingga total biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime sebesar $Rp 0.05735371/menit$ atau $Rp 3.441222651/jam$ dan total biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan sebesar $Rp 0.167492345/menit$ atau $Rp 10.04954072/jam$.

Umur ekonomis komponen filter solar adalah 5 tahun dan biaya depresiasinya sebesar $Rp 0.223/menit$ sehingga total biaya yang harus ditanggung

perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime sebesar $Rp\ 0.046832912/menit$ atau $Rp\ 2.809974741/jam$ dan total biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan sebesar $Rp\ 0.175252587/menit$ atau $Rp\ 10.51515524/jam$.

Umur ekonomis komponen filter oli adalah 5 tahun dan biaya depresiasinya sebesar $Rp\ 0.096/menit$ sehingga total biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi downtime sebesar $Rp\ 0.056172708/menit \cong Rp\ 3.37036248/jam$ dan total biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan sebesar $Rp\ 0.19955275/menit \cong Rp\ 11.97316500$.

Tabel 5.4 Rekap Hasil Total Biaya Perawatan antara Kebijakan Perusahaan dengan

Usulan Penelitian

Nama Komponen	Kebijakan Perusahaan	Usulan Peneliti
Kampas Rem	Rp 10.04954072	Rp 3.441222651
Filter Solar	Rp 10.51515524	Rp 2.809974741
Filter Oli	Rp 11.97316500	Rp 3.370362480

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisa pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

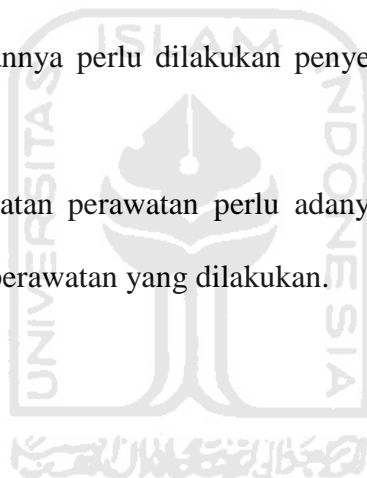
1. Komponen mesin kritis adalah komponen yang memiliki toal downtime dan frekuensi kerusakan terbesar. Komponen yang terpilih sebagai komponen kritis adalah kampas rem, filer solar dan filer oli. Total downtime komponen-komponen tersebut adalah 40.22 jam atau 66% dari toal waktu downtime mesin selama 13 bulan.
2. Interval waktu penggantian pencegahan masing-masing komponen kritis berdasarkan kriteria downtime tiap-tiap komponen adalah kampas rem = 460 jam; filter solar = 590 jam dan filter oli = 560 jam.
3. Perusahaan melakukan pemesanan kembali untuk komponen kampas rem sebanyak 6 unit ketika sisa persediaan tersisa 1 unit dengan total biaya sebesar Rp 2,868,216.78, komponen filter solar sebanyak 5 unit ketika sisa persediaan tersisa 1 unit dengan total biaya sebesar Rp 3,295,292.45 dan komponen filer oli sebanyak 7 unit ketika sisa persediaan tersisa 1 unit dengan biaya sebesar Rp 946,338.7.
4. Biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum pada komponen kampas rem sebesar Rp 3.441222651/jam, komponen filter solar sebesar Rp 2.809974741/jam dan komponen filter oli sebesar Rp 3.370362480/jam. Penghematan untuk masing-masing komponen adalah

komponen kampas rem sebesar *Rp 6.608318069/jam*, filter solar sebesar *Rp 7.705180499/jam* dan filter oli sebesar *Rp 8.60280252/jam*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian adapun saran-saran yang dapat kepada pihak perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Meskipun dari hasil penelitian secara matematik telah diperoleh hasil selang waktu perawatan yang dapat meminimumkan biaya perawatan, namun penelitian ini hanya sebagai alat bantu dalam menentukan kebijakan perawatan, sedang untuk persiapannya perlu dilakukan penyesuaian dengan kondisi yang berlaku di perusahaan.
2. Untuk efektifitas kegiatan perawatan perlu adanya pencatatan secara berkala untuk setiap kegiatan perawatan yang dilakukan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus Ristono, (2009). *Manajemen Persediaan*. Yogyakarta. Penerbit Graha Ilmu.
- Antony Corder, (1988). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Didik Wahyudi dan Amelia, (2000). *Analisa Penjadwalan Dan Biaya Perawatan Mesin Press Untuk Pembentukan Kampas Rem*. *Jurnal Teknik Mesin Vol. 2, No. 1, April*
- Ebeling, E. Charles, (1997). *An Introduction to Reliability and Maintibility Engineering*. Singapore. Mc Graw-Hill Book Co.
- Imam Sodikin, (2008). *Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik Dan Komponen Mekanik Yang Optimal Pada Mesin Excavator Seri Pc 200-6 Dengan Pendekatan Model Jardine*. *Jurnal Teknologi Volume 1 Nomor 2, Desember*
- Imam Sodikin, (2010). *Analisis Penentuan Waktu Perawatan Dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal*. *Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 2, Juni*
- Jardine, A.K.S., (1973). *Maintenance, Replacement and Reliability*. Canada. Pitman Publishing Corporation
- Mohammad Tahril Azis, M. Salman Suprawhardana, dan Teguh Pudji Purwanto, (2009). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy*. Seminar Nasional V SDM eknologi Nuklir, 5 November 2009 ISSN1978-0176, Yogyakarta.
- Vincent Gaspersz, (1992). *Analisa Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsito, Bandung

Walpole R.E., Myers Raymond H., (1989). *Ilmu Peluang Dan Statistika Untuk Insinyur Dan Ilmuan*. ITB-Press. Bandung.

Willyanto Anggono, (2005). *Preventive Maintenance Sysem Dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance (Studi Kasus Di Perusahaan Tepung Ikan)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri. Universitas Petra

Ya'umar dan Totok R. Biyanto, (2006). *Optimasi Perawatan Stone Crusher Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM)*. SAINTEK, Vol. 10, No. 2, Desember

Zulian Yamit, (1999). *Manajemen Persediaan*. Penerbit Ekonisia Fakultas Ekonomi skUII. Yogyakarta

