

**USULAN PENGADAAN SUKU CADANG KRITIS FORKLIFT
BERDASARKAN KEANDALANNYA**

SKRIPSI

**YUDIANTO SETYOWIDODO
0606029675**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2010**

**USULAN PENGADAAN SUKU CADANG KRITIS FORKLIFT
BERDASARKAN KEANDALANNYA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YUDIANTO SETYOWIDODO
0606029675**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Yudianto Setyowidodo

NPM : 0606029675

Tanda tangan :

Tanggal : Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

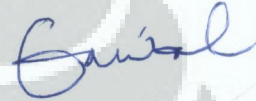
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Yudianto Setyowidodo
NPM : 0606077301
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Usulan Pengadaan Suku Cadang Kritis Forklift
Berdasarkan Keandalannya

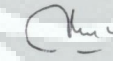
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Farizal, PhD

()

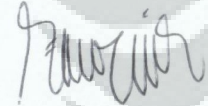
Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT

()

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE

()

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan kemudahan yang telah diberikan. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Farizal, PhD., selaku dosen pembimbing skripsi, atas segala bimbingan, bantuan, arahan, dukungan, serta kesediaannya untuk membimbing sampai larut malam.
2. Bapak Dr. Ir. *T. Yuri M. Zagloel*, MEng.Sc, selaku Ketua Departemen Teknik Industri FTUI sekaligus Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak bimbingan bagi para mahasiswanya.
3. Ibu Ir. Fauzia Dianawati, M.Si., selaku Sekretaris Departemen Teknik Industri FTUI yang selalu memberikan izin pengambilan data.
4. Bapak Didit Suwardi, Pak James, Pak Yayan, Pak Asdi, Pak Jahro, Pak Dindin, Pak Ichwan dan seluruh keluarga departemen FMI PT Mercedes Benz Indonesia selaku mentor saya ketika melakukan penelitian. Terima kasih atas kesempatan, ilmu, dan kesabarannya dalam membimbing saya.
5. Orang tua penulis, kakak, adik, serta keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
6. Babe, Bu Har, dan seluruh karyawan Departemen Teknik Industri.
7. Satria, Kurnia, Prashanti, dan Syaifudin, selaku rekan satu bimbingan, dan teman-teman Teknik Industri angkatan 2006 yang selalu mengingatkan dan memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, penulis berharap agar skripsi ini bisa memberikan inspirasi dan manfaat bagi semua pihak yang membacanya dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudianto Setyowidodo

NPM : 0606029675

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Usulan Pengadaan Suku Cadang Kritis Forklift Berdasarkan Keandalannya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2010

Yang Menyatakan

(Yudianto Setyowidodo)

ABSTRAK

Nama : Yudianto Setyowidodo
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Usulan Pengadaan Suku Cadang Kritis Forklift Berdasarkan Keandalannya

Tingginya biaya pemeliharaan diantaranya disebabkan biaya akibat persediaan suku cadang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah pemesanan yang meminimumkan biaya-biaya yang terkait dengan pengadaan suku cadang kritis forklift. Berdasarkan distribusi weibull dua parameter dapat diketahui laju kerusakan suku cadang terhadap kelompok equipment yang sejenis sehingga kebutuhan suku cadang dapat diramalkan. Model *Economic Order Quantity* digunakan untuk mengoptimalkan jumlah pemesanan yang meminimumkan biaya inventori dan biaya pemesanan suku cadang. Hasilnya diperoleh suku cadang yang memiliki demand terbesar pertahun adalah *Load Wheel 27631330/EJC-15G* dengan ekspektasi kebutuhan sebanyak 16 unit, jumlah *order quantity* sebesar lima unit dan *reorder point* sebesar empat unit.

Kata kunci:

Pengadaan, suku cadang, keandalan, distribusi weibull

ABSTRACT

Name : Yudianto Setyowidodo
Study Program : Industrial Engineering
Title : Suggestion for Forklift Critical Spare Parts Replenishment Based on Reliability

High expenses spent by *maintenance* some of them are caused by expenses of spare parts inventory. The goal of this research is to minimize all the cost associated with the replenishment forklift critical spare parts. Based on two-parameter weibull distribution, the failure rate of spare parts in a group of identical equipments can be predicted, so that the needs of spare parts can be predicted. Economic Order Quantity model is used to optimize order quantity of spare parts which minimize the combination of inventory cost and purchasing cost of spare parts. The results obtained spare part that has the highest annually demand is *Load Wheel 27631330/EJC-15G* with the expected needs of as many as 16 units, total order quantity of five units and the reorder point for four units.

Key words:

Replenishment, spare parts, reliability, weibull distribution

DAFTAR ISI

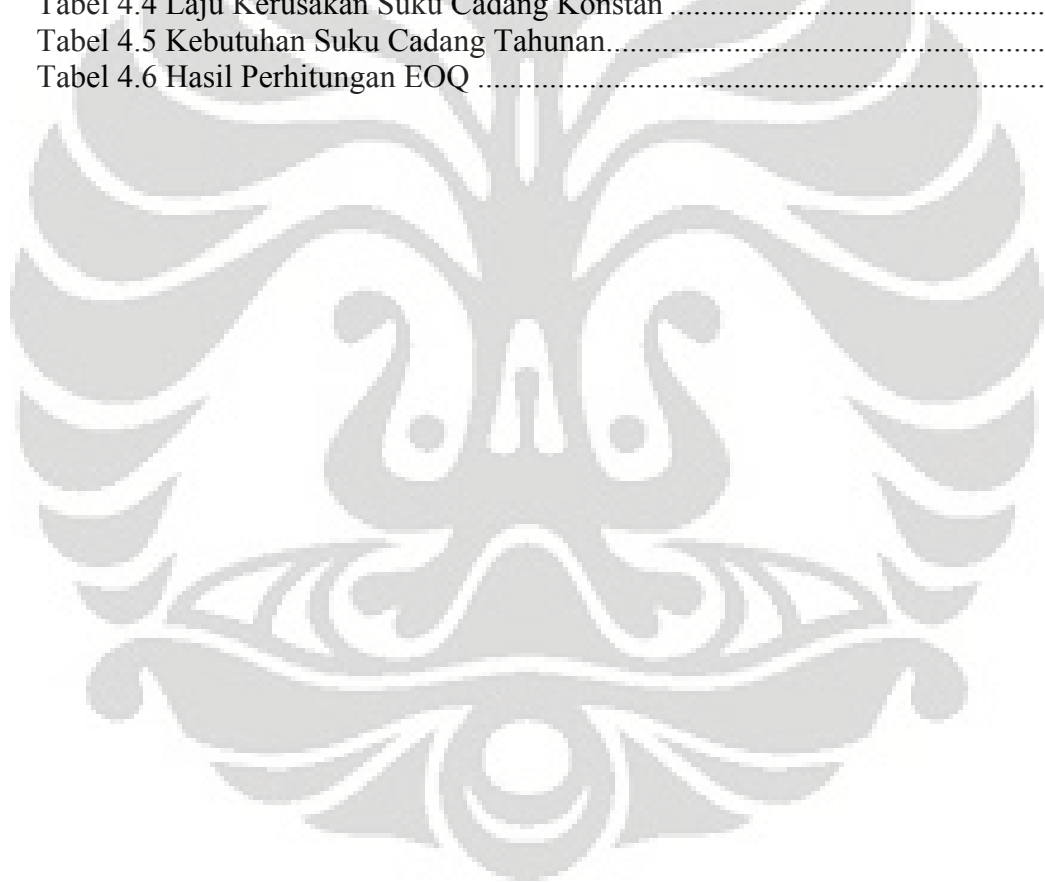
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Permasalahan.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Konsep Keandalan.....	10
2.2 Fungsi Keandalan	12
2.2.1 Fungsi Laju Kerusakan (<i>Failure Rate</i>).....	13
2.2.2 Distribusi Weibull	13
2.2.2.1 Pengujian Kecocokan Distribusi Weibull	15
2.2.2.2. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull Dua Parameter	16
2.2.2.3. Dugaan Jumlah Kerusakan.....	17
2.3 Persediaan (<i>Inventory</i>).....	18
2.3.1 Definisi Persediaan.....	19
2.3.2 Tujuan Persediaan	20
2.3.3 Biaya-Biaya Persediaan.....	21
2.3.4 Sistem Persediaan	23
2.4 Model EOQ Dasar	24
2.4.1 Perencanaan Persediaan ABC (Analisis ABC)	25
2.4.2 Penggunaan Model EOQ bila Informasi Biaya Tidak Tersedia.....	27
BAB 3 PENGUMPULAN DATA	28
3.1 Profil Perusahaan.....	28
3.1.1 Produk-Produk PT Mercedes-Benz Indonesia	28
3.1.2 Pemeliharaan di PT. Mercedes-Benz Indonesia.....	29
3.2 Pengumpulan Data.....	33
3.2.1 Pemakaian Suku Cadang	33
3.2.2 Waktu Antar Kerusakan Suku Cadang.....	37
3.2.3 Pengadaan Suku Cadang	38
3.2.3.1 Biaya Pembelian.....	39
3.2.3.2 Biaya Pemesanan.....	40

3.2.3.3 Biaya Penyimpanan.....	40
3.2.3.4 Lead Time Pemesanan.....	41
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	43
4.1 Kebutuhan Suku Cadang.....	43
4.1.1 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi Kerusakan Suku Cadang... ..	43
4.1.2 Menghitung Laju Kerusakan Suku Cadang.....	45
4.2 Perhitungan Tingkat Persediaan Suku Cadang.....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	54
DAFTAR REFERENSI	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Sistem Persediaan FOQ dan FTP	23
Tabel 3.1 Keterangan Kondisi Forklift	34
Tabel 3.2 Suku Cadang Forklift Kritis Kelas A dan B	35
Tabel 3.3 Suku Cadang Kritis Dipilih.....	36
Tabel 3.4 Pengelompokan Forklift	38
Tabel 3.5 Harga Suku Cadang Kritis Forklift.....	39
Tabel 3.6 Biaya Penyimpanan per Suku Cadang.....	41
Tabel 3.7 Lead Time Pemesanan Suku Cadang.....	41
Tabel 4.1 Hasil Uji Statistik <i>Goodness of Fit 2 Parameter Weibull</i>	44
Tabel 4.2 Nilai Parameter Distribusi Weibull Suku Cadang	46
Tabel 4.3 Laju Kerusakan Suku Cadang Distribusi Weibull Dua Parameter	47
Tabel 4.4 Laju Kerusakan Suku Cadang Konstan	48
Tabel 4.5 Kebutuhan Suku Cadang Tahunan.....	48
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan EOQ	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tujuan Penting Persediaan.....	2
Gambar 1.2 Pemakaian Suku Cadang <i>Maintenance</i> 2009-2010.....	3
Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.3 Diagram Alir Penelitian	7
Gambar 2.1 Keandalan Produk Selama Siklus Hidup	10
Gambar 2.2 Kurva Bathhtub	11
Gambar 2.3 Efek Perubahan Parameter Bentuk Distribusi Weibull.....	14
Gambar 3.1 Produk Personal Car Mercedes-Benz.....	29
Gambar 3.2 Flowchart Pemeliharaan Peralatan.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Time Between Failure</i> Suku Cadang	56
Lampiran 2. Uji <i>Goodness of Fit</i> Distribusi Weibull Dua Parameter Item63.....	61
Lampiran 3. Perhitungan Parameter dan Laju Kerusakan Item 1	63
Lampiran 4. Pemilihan Suku Cadang Kritis Forklift Kelas A dan B.....	65



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Perkembangan industri ke arah kompetensi global menuntut perusahaan untuk meningkatkan performanya dalam melakukan manajemen operasi. Hal ini tentu berkaitan dengan kebijakan-kebijakan dan strategi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendukung performanya. Agar perusahaan manufaktur dapat menjalankan performa manajemen operasinya, maka pemeliharaan merupakan hal penting yang harus diperhatikan untuk menunjang proses produksi.

Paradigma peningkatan profit perusahaan semakin mendorong perusahaan untuk menekan biaya-biaya yang memungkinkan. Salah satu komponen biaya yang cukup besar dan memungkinkan untuk ditekan adalah biaya yang diakibatkan oleh pemeliharaan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perhitungan yang dapat mengoptimasi pembiayaan di bidang pemeliharaan.

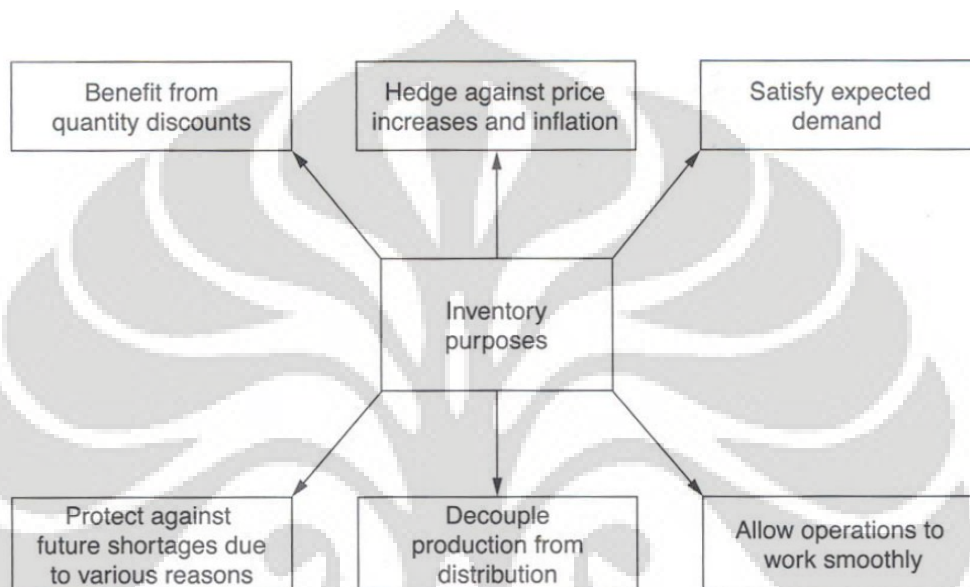
Perusahaan manufaktur selalu menghadapi tekanan besar untuk mengurangi biaya produksi mereka secara terus menerus. Salah satu item yang menyebabkannya adalah biaya *maintenance*. Menurut Bevilacqua dan Braglia, 2000 biaya *maintenance* bisa mencapai 15-70 persen dari biaya produksi. Di sisi lain, *maintenance* sangat penting untuk menjaga level ketersediaan dan ketahanan dari fasilitas produksi dan kualitas dari produk itu sendiri.¹

Berbagai permasalahan yang muncul di dunia *maintenance* diantaranya terkait dengan suku cadang untuk mendukung proses *maintenance*. Hal ini menjadi penting jika dikaitkan dengan biaya yang disebabkan oleh kebijakan persediaan suku cadang untuk *replacement*. Biaya-biaya yang meliputinya diantara lain biaya pemesanan, biaya persediaan, biaya akibat *down time*, dan biaya-biaya lainnya. Faktor lead time pemesanan juga menjadi hal yang penting dalam membuat keputusan persediaan suku cadang.

Biasanya keluhan utama untuk mereka yang terlibat di *maintenance* adalah tidak tersedianya material dan suku cadang saat dibutuhkan. Namun ketika

¹ Wang, L., Chu, J., dan Mao, W. (2008). An optimum condition-based replacement and spare provisioning policy based on Markov chains. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 14 No. 4. Pp 387-401

peralatan rekayasa modern semakin bertambah kompleks, biaya penyimpanan suku cadang telah meningkat secara mengkhawatirkan. Sistem persediaan yang dikelola dengan baik dapat membantu mengurangi biaya *maintenance*, downtime *equipment* dan pekerja, serta meningkatkan produktivitas.² Persediaan bisa menolong perusahaan dengan berbagai cara. Gambar 1.1 menampilkan enam tujuan penting dari persediaan.



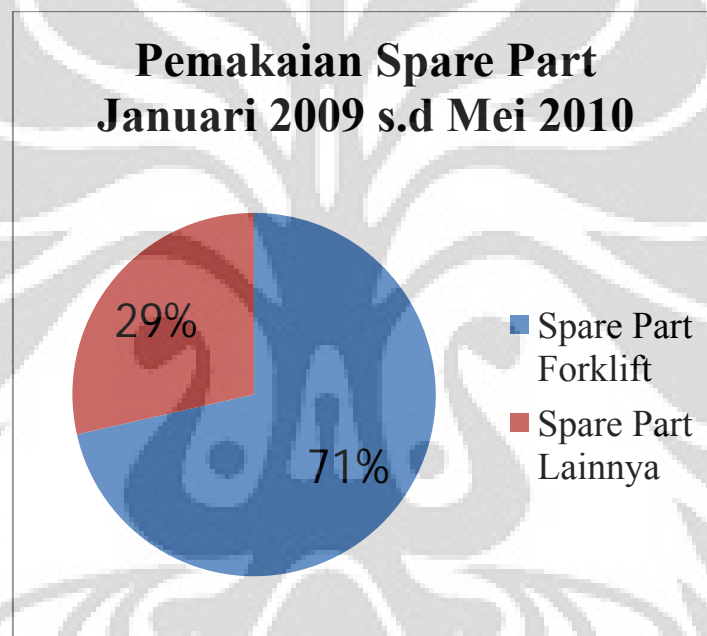
Gambar 1.1. Tujuan Penting Persediaan

Sumber: Dhillon, B. S. (2002)

Keandalan suku cadang merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan kebutuhan suku cadang itu sendiri. Belum diperhatikannya keandalan dari suku cadang pada masing-masing *equipment* yang terinstalasi menyebabkan kurang akuratnya prediksi pemakaian suku cadang tersebut. Dengan mengetahui laju kerusakan dari suku cadang maka dapat dibuat model pengadaan dari suku cadang yang ingin di simpan. Dengan prediksi kebutuhan suku cadang yang baik maka bisa didapatkan perhitungan untuk meminimumkan biaya-biaya yang terkait penyimpanan dan pemesanan suku cadang. Prediksi yang baik pun dapat menjamin kelancaran dari proses produksi dengan meminimumkan downtime karena ketidaksediaan dari suku cadang.

² Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Boca Raton: CRC Press LLC

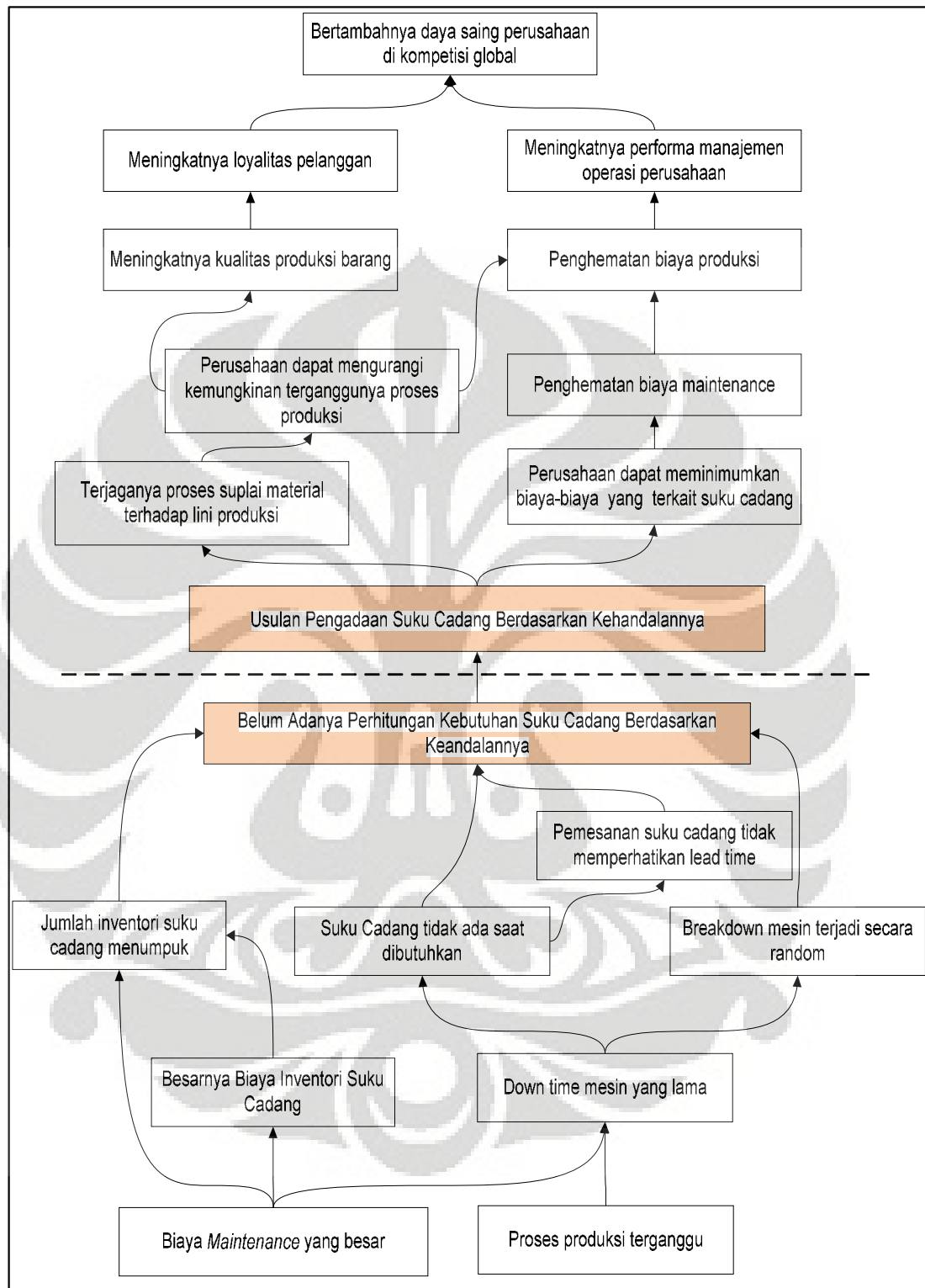
Untuk mendukung proses produksi yang baik perlu diperhatikannya alat yang mendukung proses produksi itu sendiri. Alat yang mendukung dapat berupa alat langsung seperti mesin bor dan mesin las juga alat pendukung material seperti forklift, hoist, towing dan lain-lain. Tingginya tingkat kerusakan forklift merupakan konsekuensi dari *equipment* yang bergerak. Pemakaian suku cadang forklift selama satu tahun terakhir yang tinggi membutuhkan perencanaan kedepannya agar biaya inventori dan biaya pemesanan yang ditimbulkan dapat diminimumkan. Biaya pemakaian suku cadang forklift dari Januari 2009 hingga April 2010 mencapai 71.47 % biaya pemakaian yaitu sebesar Rp 122.118.936,-.



Gambar 1.2 Pemakaian Suku Cadang *Maintenance* 2009-2010

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Diagram keterkaitan masalah memberikan informasi mengenai ulasan latar belakang permasalahan, perumusan masalah hingga tujuan dan solusi yang diharapkan dari penelitian ini. Susunan diagram keterkaitan masalah dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang dan diagram keterkaitan masalah serta mengingat bahwa pemilihan kebijakan persediaan suku cadang perusahaan merupakan aktivitas yang penting dari perusahaan untuk mengurangi biaya *maintenance*, dapat ditarik kesimpulan bahwa pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah pengadaan suku cadang kritis pada forklift berdasarkan keandalannya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang usulan pengadaan suku cadang kritis forklift pada PT Mercedes Benz Indonesia berupa order quantity dan reorder point dari suku cadang kritis forklift untuk mendapatkan nilai biaya yang minimum dengan memperhatikan faktor-faktor biaya terkait dan lead time dari suku cadang itu sendiri.

1.5 Batasan Permasalahan

Dalam perhitungan *Economic Order Quantity* sebagai salah satu pengambilan keputusan pengadaan suku cadang, dilakukan pembatasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini tanpa mengurangi bentuk dari model yang akan dibuat. Adapun penelitian ini akan dilakukan dengan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Objek pada penelitian ini adalah suku cadang kritis forklift yang masih aktif beroperasi.
2. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil studi kasus dari salah satu perusahaan manufaktur mobil di Indonesia.
3. Model EOQ yang dibuat dibatasi oleh faktor biaya pemesanan, biaya inventori dan lead time tanpa terpengaruh oleh faktor inflasi atau perubahan harga komponen.
4. Pengambilan data historis dilakukan sejak 28 April tahun 1998.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam pengerjaannya, penelitian akan dilaksanakan dengan metode sebagai berikut:

1. Tahap persiapan penelitian

Pada tahapan awal penelitian, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan tema dan topik yang ingin diteliti secara lebih dalam. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan dasar teori yang dapat mendukung penelitian ini, disertai perumusan tujuan penelitian dengan cara melakukan observasi, serta wawancara kepada pihak terkait untuk memberikan gambaran perlunya penelitian ini dilakukan. Penyusunan landasan teori untuk penelitian juga dibuat pada tahapan ini.

2. Tahap pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan pengumpulan data-data yang akan digunakan dalam penelitian. Data-data tersebut dikumpulkan dengan cara memperoleh data sekunder pada perusahaan objek penelitian. Data-data yang diperlukan antara lain data historis breakdown, data time between failure setiap suku cadang, lead time pemesanan suku cadang, dan biaya-biaya yang terkait dalam model yaitu biaya inventory dan biaya pemesanan.

3. Tahap pengolahan data

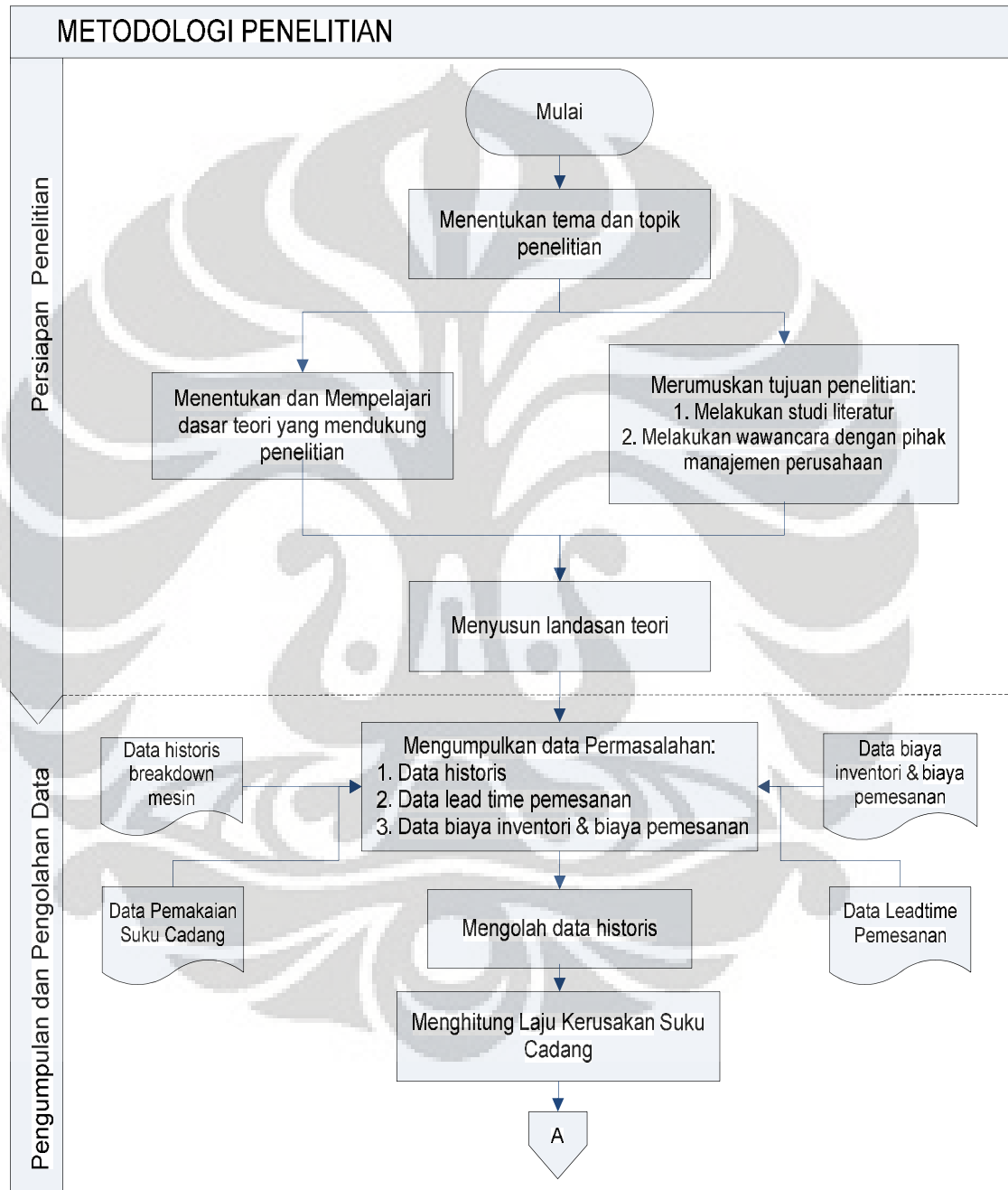
Pengolahan data dilakukan dengan menghitung laju kerusakan dari setiap suku cadang kritis forklift yang telah dijadikan objek. Setelah laju kerusakan diketahui maka kebutuhan akan suku cadang selama satu tahun akan dimasukkan dalam model EOQ bersamaan dengan faktor biaya-biaya dan leadtime suku cadang.

4. Tahap analisis data

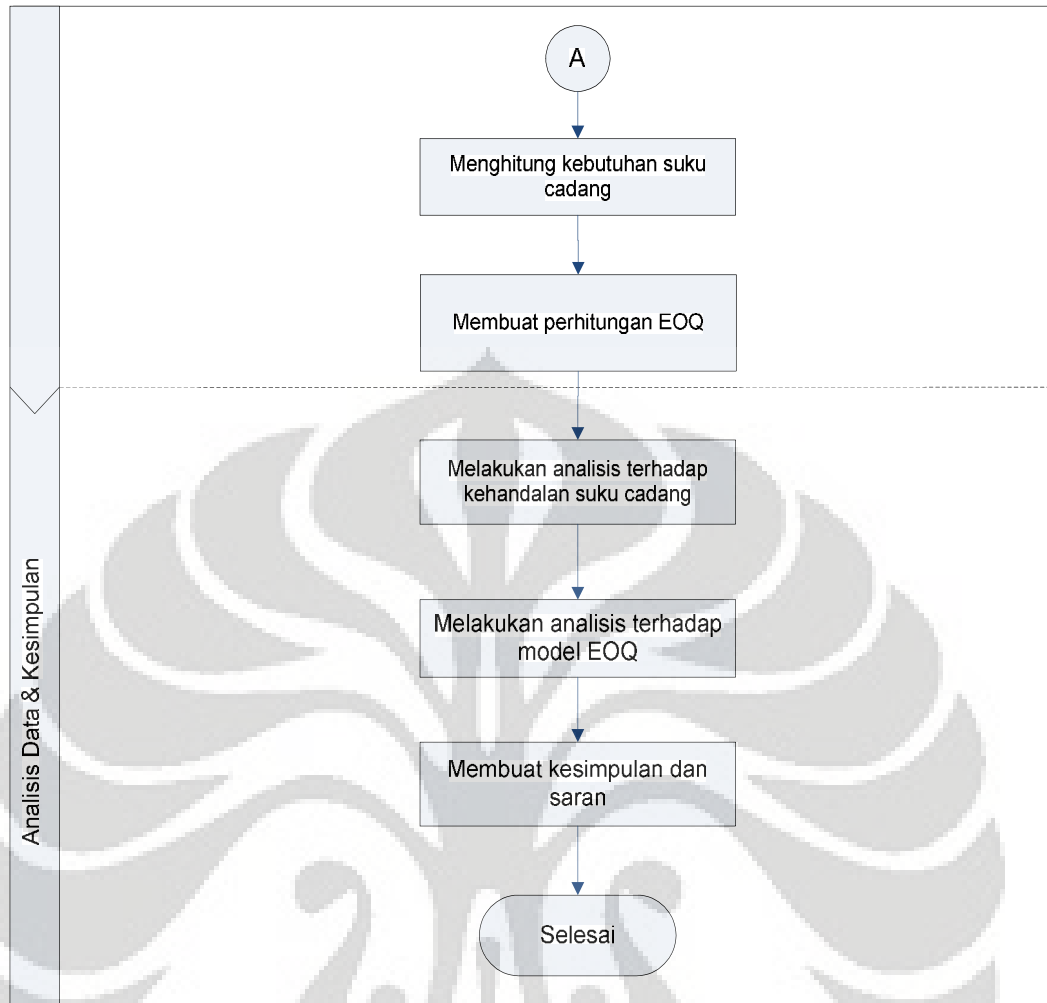
Analisis dilakukan dengan menganalisa tingkat kerusakan suku cadang dan nilai EOQ. Dari hasil yang diperoleh didapatkan jumlah pemesanan yang terbesar dan titik pesan kembali dari suku cadang tersebut. Analisa akan dilakukan dengan mempertimbangkan variabel dalam model EOQ yang dibuat. Nilai dari order quantity dan reorder point usulan akan dipadukan dengan parameter lain dalam pertimbangan implementasinya.

5. Tahap penarikan kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat dan model EOQ dirancang maka keseluruhan penelitian ini dapat disimpulkan untuk kemudian diberikan saran dan masukan yang berguna bagi pihak yang terkait dengan penelitian ini.



Gambar 1.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.3. Diagram Alir Penelitian (Sambungan)

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan penelitian ini mengikuti aturan standar baku penulisan tugas akhir mahasiswa. Penulisan tugas akhir ini dibuat dalam lima bab yang memberikan gambaran sistematis sejak awal penelitian hingga tercapainya tujuan penelitian.

Bab pertama merupakan pendahuluan. Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Bab ini membahas penyusunan masalah dari seluruh penelitian yang merupakan tahap pertama dalam metodologi penelitian ini.

Bab kedua meninjau teori-teori atau literatur yang berhubungan dengan penelitian untuk dijadikan sebagai landasan berpikir dalam melakukan penelitian. Adapun teori-teori yang dibahas meliputi konsep pemeliharaan, konsep keandalan, dan konsep persediaan. Tinjauan literatur ini dilakukan untuk memperkuat aktivitas-aktivitas selama dilakukannya penelitian.

Bab ketiga, yaitu pengumpulan data merupakan penjelasan mengenai pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Pada bab ini akan membahas kebutuhan data yang dibutuhkan untuk membuat model pengadaan suku cadang kritis forklift.

Bab keempat, yaitu pengolahan data dan analisis, merupakan perhitungan data yang telah dirangkum pada bab ketiga. Bab ini akan menjelaskan langkah-langkah pengerjaan untuk mendapatkan output dari model yang dibuat. Selain itu pada bab ini akan dilakukan analisis yang lebih mendalam terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

Bab kelima merupakan bab yang merangkum hasil dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan menjelaskan hasil yang telah dicapai dari penelitian kebijakan pengadaan suku cadang *maintenance* kritis forklift yang dapat dijadikan pertimbangan pada kondisi-kondisi tertentu di industri itu sendiri. Selain itu, pada bab ini juga akan membahas saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian serupa di masa depan.

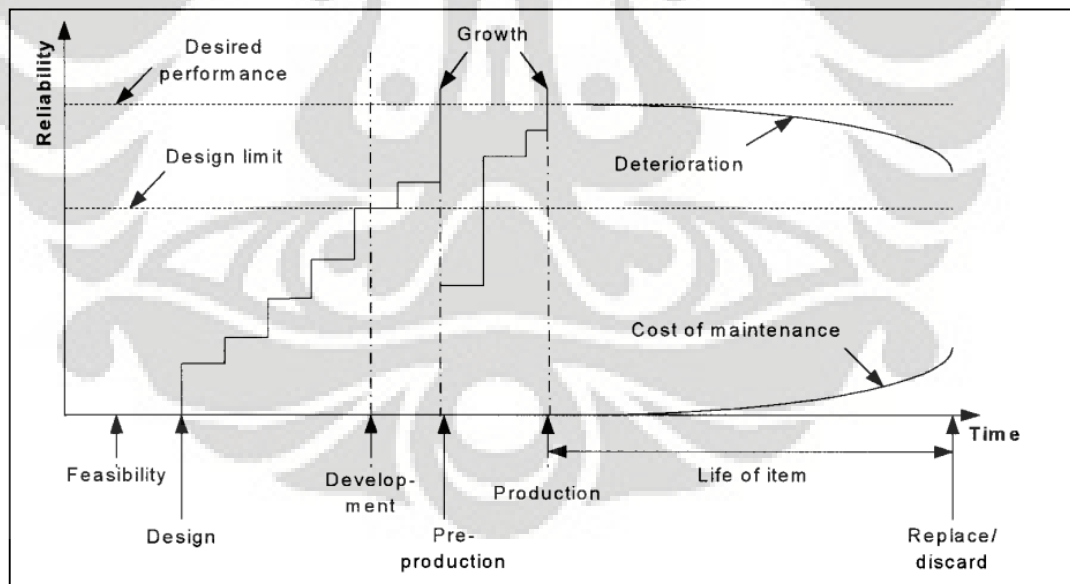
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Keandalan

Keandalan suatu produk atau sistem menyampaikan konsep ketergantungan, operasi yang berhasil atau kinerja, dan tidak adanya kegagalan. Ketidakandalan menyampaikan sebaliknya. Secara teknis, keandalan sering didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem, kendaraan, mesin, peralatan, dan seterusnya untuk menampilkan fungsi yang seharusnya dibawah kondisi operasional yang wajar untuk suatu periode waktu yang ditentukan³.

Teori reliabilitas berhubungan dengan penggunaan interdisipliner probabilitas, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan wawasan ke dalam desain teknik dan pemahaman ilmiah tentang mekanisme kegagalan, untuk mempelajari berbagai aspek keandalan. Karena itu, meliputi isu-isu seperti (i) pemodelan keandalan, (ii) analisis reliabilitas dan optimasi, (iii) rekayasa keandalan, (iv) ilmu keandalan, (v) teknologi keandalan, dan (vi) manajemen keandalan.⁴



Gambar 2.1 Keandalan Produk Selama Siklus Hidup

Sumber: Blischke and Murthy (2000)

³ Meeker W. Q., Escobar L.A. (1998). *Statistical Method for Reliability Data*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.), p.2

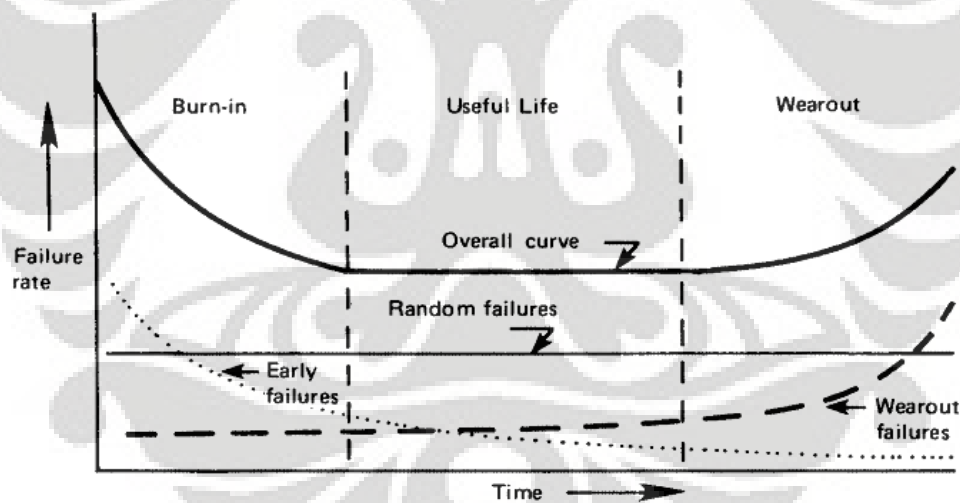
⁴ Blischke, Wallace R. & Prabhakar Murthy, D.N. (2003). *Case Studies in Reliability and Maintenance*. New Jersey: Wiley, p.3

Reliabilitas dari suatu barang yang digunakan secara umum menurun seiring waktu. Kerosotan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti lingkungan, kondisi operasi, dan pemeliharaan. Kerosotan dapat diperlambat dengan meningkatkan pemeliharaan tetapi dengan biaya yang meningkat. Pada akhirnya, kerosotan menjadi cepat dan atau biaya pemeliharaan dan atau operasional menjadi begitu tinggi sehingga barang tersebut tidak digunakan lagi⁵.

Dalam analisa reliabilitas sistem keteknikan diasumsikan bahwa laju kerusakan komponen per waktu mengikuti bentuk sebuah bathtub⁶.

Kurva bathtub dibagi menjadi 3 fase, yakni

1. Fase pertama adalah tingkat kegagalan yang turun, yang dikenal sebagai kegagalan awal (masa awal / burn in period)
2. Fase kedua adalah tingkat kegagalan yang konstan, yang dikenal sebagai kegagalan acak (masa berguna / useful life period)
3. Fase ketiga adalah tingkat kegagalan yang naik, yang dikenal sebagai kegagalan aus (masa aus / wear-out period)



Gambar 2.2 Kurva Bathtub

Sumber: *Reliability, Maintainability and Risk*, 2001,17

⁵ Wallace R. Blischke, Op. Cit., p.14

⁶ Dhillon, B.S.(2002). *Engineering Maintenance :A Modern Approach*. USA :CRC Press, p.176

2.2 Fungsi Keandalan

Probabilitas terjadinya kegagalan sebagai fungsi waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(t) = 1 - R(t), \dots \dots \dots \geq 0 \quad (2.1)$$

Dimana t adalah variable acak yang menunjukkan waktu terjadinya kegagalan, dan $F(t)$ adalah probabilitas terjadinya kegagalan pada waktu t . dengan kata lain $R(t)$ adalah fungsi distribusi kegagalan. Jika kita mendefinisikan keandalan sebagai probabilitas kesuksesan, kita dapat menuliskan,

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) \quad (2.2)$$

Dimana $R(t)$ adalah fungsi keandalan.

Bila variable acak waktu terjadinya kegagalan t mempunyai fungsi kepadatan $f(t)$, maka

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(x) dx = \int_t^\infty f(x) dx \quad (2.3)$$

Untuk $t = 0$, maka $R(0) = 1$

Untuk $t = \infty$, maka $R(\infty) = 0$

2.2.1 Fungsi Laju Kerusakan (*Failure Rate*)

Probabilitas kegagalan suatu sistem dalam selang waktu tertentu $[t_1, t_2]$ dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi ketidakandalan yaitu:

$$F(t_2) - F(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = R(t_1) - R(t_2) \quad (2.4)$$

Atau dinyatakan dalam bentuk fungsi keandalan, yaitu:

$$R(t_2) - R(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} h(t) dt \quad (2.5)$$

Laju dimana kegagalan terjadi dalam suatu interval waktu tertentu $[t_1, t_2]$ disebut laju kerusakan / kegagalan selama interval tersebut. Ia dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu kegagalan persatuan waktu yang terjadi dalam interval.

Laju kerusakan merupakan fungsi waktu, dan bila interval kita definisikan sebagai $[t, t + \Delta t]$, maka:

$$\text{Laju Kerusakan} = (R(t) - R(t + \Delta t)) / (\Delta t \cdot R(t)) \quad (2.6)$$

$$\text{Laju Kerusakan} : h(t) = -f(t) / R(t) \quad (2.7)$$

Laju dalam definisi diatas dinyatakan sebagai kegagalan per satuan waktu. Fungsi keandalan dan fungsi laju kerusakan bersifat unik, jadi untuk setiap fungsi keandalan hanya mempunyai satu fungsi laju kerusakan, demikian pula sebaliknya.

2.2.2 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi kontinu yang dikembangkan oleh Waloddi Weibull pada awal tahun 1950an⁷. Distribusi Weibull paling banyak digunakan untuk rekayasa reliability, karena kemampuannya dalam mengolah jumlah sampel sedikit, dan fleksibilitasnya yang bisa mengikuti karakteristik dari tipe distribusi lainnya berdasarkan nilai dari parameter bentuk⁸.

Distribusi Weibull digolongkan menjadi 2 jenis yakni weibull 2 parameter dan weibull 3 parameter Dalam kasus umum fungsi keandalan Weibull memerlukan tiga parameter (α, β, γ) ⁹. α merupakan parameter skala, α bukanlah MTBF dalam kasus umum. β diketahui sebagai parameter bentuk yang menjelaskan tingkat perubahan dari laju kerusakan, meningkat atau menurun. γ adalah parameter lokasi menunjukkan nilai perpindahan dari asal usul waktu dimulainya distribusi weibull. Merubah nilai γ mempunyai efek menggeser distribusi dan fungsi asosiasinya, baik ke kanan (jika $\gamma > 0$) atau ke kiri (jika $\gamma < 0$). γ memberikan perkiraan waktu untuk gagal yang paling awal (the earliest time to failure) dari unit yang dalam pengujian. Parameter ketiga dari distribusi Weibull ini, digunakan ketika titik-titik data tidak jatuh pada garis lurus, tetapi pada cekungan ke atas atau bawah kurva.

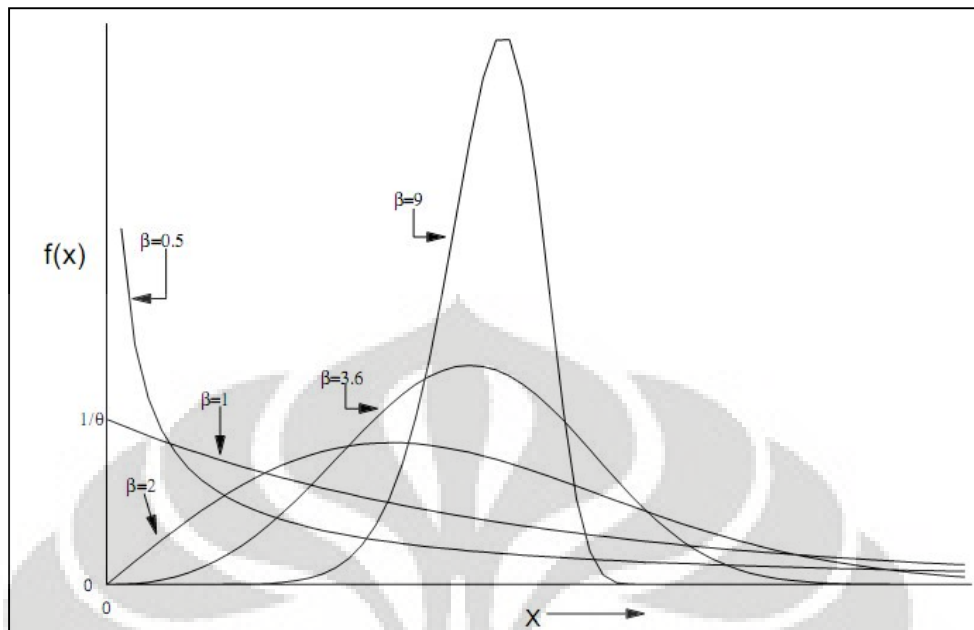
Gambar 2.5 menunjukkan bahwa perubahan nilai parameter bentuk, dapat membuat distribusi Weibull mengikuti karakteristik dari distribusi lain, misal jika:

1. $\beta = 1$ maka distribusi Weibull identik dengan distribusi eksponensial,
2. $\beta = 2$ maka distribusi Weibull identik dengan distribusi Rayleigh,
3. $\beta = 2.5$ maka distribusi Weibull mendekati distribusi lognormal
4. $\beta = 3.6$ maka distribusi Weibull mendekati distribusi normal
5. $\beta = 5$ maka distribusi Weibull mendekati distribusi normal terpunjak

⁷ M.R. Spiegel,, *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*, (New York McGraw-Hill, 1968)

⁸ Dimitri Kececioglu, *Reliability Engineering Handbook* (New Jersey :Prentice Hall, Inc., 1991)

⁹ Dr David J Smith, *Reliability, Maintainability, and Risk* (Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001),60



Gambar 2.3 Efek Perubahan Parameter Bentuk Distribusi Weibull

Sumber: *Using Statistics To Schedule Maintenance*, 1999

Adapun hubungan parameter bentuk dengan tingkat laju kerusakan, yakni ¹⁰:

1. Jika $\beta = 1$ maka kerusakan adalah random dan laju kerusakan dapat diasumsikan konstan
2. Jika $\beta > 1$ maka laju kerusakan meningkat
3. Jika $\beta < 1$ maka laju kerusakan menurun

Untuk Weibull 2 parameter, formula formula yang berkaitan dengan reliabilitas antara lain:

1. Probability Density Function (pdf)

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.8)$$

Dengan $\alpha > 0, \beta > 0$, dan $t \geq 0$

2. Reliability sebagai fungsi waktu, $\{R(t)\}$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.9)$$

¹⁰ Ibid., 61

3. Laju kegagalan terhadap fungsi waktu, $h(t)$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.10)$$

4. Waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan,

$$= \frac{1}{\lambda} \Gamma(1 + \frac{1}{\alpha}) \quad (2.11)$$

Untuk Weibull 3 parameter, formula-formula yang berkaitan dengan reliabilitas antara lain:

1. Probability Density Function (pdf)

$$f(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} \quad (2.12)$$

Dengan $\alpha > 0, \beta > 0$, dan $t \geq 0$

2. Reliability sebagai fungsi waktu, $\{R(t)\}$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} \quad (2.13)$$

3. Laju kegagalan terhadap fungsi waktu, $h(t)$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.14)$$

4. Waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan,

$$= \frac{1}{\lambda} \Gamma(1 + \frac{1}{\alpha}) \quad (2.15)$$

2.2.2.1 Pengujian Kecocokan Distribusi Weibull

Pengujian kecocokan data untuk distribusi Weibull telah dibuat oleh Nancy R. Mann, dan kawan-kawan¹¹. Tes ini diajukan oleh Mann, Scheuer, dan Fertig (1973). Hipotesa null tes ini adalah populasi mengikuti distribusi weibull dengan parameter yang diestimasikan. Nelson (1982) melaporkan tes ini memiliki kekuatan baik yang beralasan dan tes ini dapat diaplikasikan pada data sensor tipe II. Untuk perhitungan yang detail dapat mereferensikan pada Dodson (1994) atau Lawless (1982); nilai critical values untuk tes statistik ini telah dihitung berdasarkan studi Monte Carlo dan telah ditabulasikan untuk ukuran sample

¹¹ Hoyanto. (1994). Optimasi Pengadaan Suku Cadang Utama di PT XYZ dengan Mempertimbangkan Keandalannya. Depok: Tesis FTUI, halaman 20

antara 3 sampai dengan 25.¹² Prosedurnya adalah dengan memberikan hipotesa sebagai berikut:

H_0 : data mengikuti pola distribusi weibull dua parameter

H_1 : data tidak mengikuti distribusi weibull dua parameter

Aplikasi dari pengujian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{\sum_{i=1}^r \ln t_{i+1}} \quad (2.16)$$

Dimana: S : Tes Statistik.

t_i : Waktu terjadinya kerusakan ke-i, diurutkan dari data yang terkecil ($t_i \leq t_{i+1}$)

X_i : $\ln t_i$ ($i = 1, 2, \dots, r$)

r : Jumlah data komponen yang rusak.

$r/2$: Bilangan bulat terbesar $\leq r/2$, sebagai contoh bila $r = 7$, maka $[r/2] = 3$.

M_i : Diperoleh dari tabel mann test, bersamaan dengan nilai kritis dari S.

Bila $S < M_{[r/2]}$, maka hipotesa diterima, sebaliknya bila $S > M_{[r/2]}$ maka hipotesa ditolak.

2.2.2.2. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull Dua Parameter

Seperti telah diuraikan pada persamaan 2.9 sebelumnya, fungsi keandalan dari distribusi weibull dua parameter adalah:

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

Dimana : $t \geq 0, \beta \geq 0, \alpha \geq 0$

Kemudian kita dapat melakukan sedikit operasi matematik sebagai berikut:

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

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

¹² Statsoft, Electronic Statistic Text Book. *Goodness of Fit Indices*. 16 Juni 2010. <http://www.statsoft.com/textbook/process-analysis/#wgoodness>

$$\begin{aligned}
 \ln [\ln [1/ ()]] &= \ln(/) \\
 \ln [\ln [1/ ()]] &= \beta \ln(/) \\
 \ln [\ln [1/ ()]] &= \beta(\ln - \ln) \\
 \ln [\ln [1/ ()]] &= \beta \cdot \ln - \beta \cdot \ln
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

Dari bentuk persamaan 2.17 dapat dibentuk persamaan yang identik dengan persamaan garis lurus

$$\begin{aligned}
 &= + \\
 \text{dengan } y &: \ln [\ln [1/ ()]] \\
 x &: \ln \\
 m &: \beta \\
 c &: -\beta \cdot \ln
 \end{aligned}$$

Dan harga $R(t)$ untuk sampel kecil dapat kita perkirakan dengan Nonparametric (rank-based) probability plots yaitu median rank:

$$F(t) = (i-0.3)/(n+0.4), \text{ atau} \tag{2.18}$$

$$R(t) = (n-i+0.7)/(n+0.4) \tag{2.19}$$

Dimana i = data kerusakan ke i

n = jumlah data sampel

Sehingga kita dapat menentukan parameter-parameter β ($= m$) dan α ($= /$) dengan metode regresi linier.

2.2.2.3 Dugaan Jumlah Kerusakan

Jenis komponen yang tidak konstan laju kerusakannya (seperti distribusi Weibull) dapat dilakukan perhitungan pendugaan jumlah kerusakannya dengan melakukan pendekatan laju laju yang diasumsikan konstan. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa laju kerusakan distribusi Weibull (pers.2.10) adalah :

$$\begin{aligned}
 h() &= - - \rightarrow = 1/ \\
 h() &= (.)
 \end{aligned} \tag{2.20}$$

Laju kerusakan rata-rata dari distribusi Weibull untuk selang waktu ($t=0 ; t=T$) adalah:

$$\begin{aligned} &= 1/ \quad h() \\ &= 1/ .(.) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Dugaan jumlah kerusakannya untuk selang waktu tersebut adalah:

$$\begin{aligned} () &= . \\ () &= (.) \end{aligned} \quad (2.22)$$

Dan bila dalam suatu populasi terdapat suatu jumlah **K** komponen yang sejenis, maka dugaan jumlah komponen yang rusak secara keseluruhan adalah:

$$() = . . \quad (2.23)$$

D(T) ini merupakan kebutuhan atau demand akan suku cadang dalam periode waktu T, yang harus diperhitungkan dalam persediaan

2.3 Persediaan (*Inventory*)

Kebutuhan (*demand*) akan sesuatu dapat kita kelompokkan dalam dua kategori yaitu *kebutuhan yang tidak bergantung (independent demand)* dan *kebutuhan yang saling bergantung (dependent demand)*.

Dalam kebutuhan yang tidak bergantung, permintaan akan berbagai jenis barang tidak saling berhubungan satu sama lain, oleh karena itu jumlah kebutuhan dari masing-masing jenis harus dinyatakan secara terpisah. Sedangkan pada kebutuhan yang saling bergantung, kebutuhan akan jenis suatu barang merupakan hasil langsung dari kebutuhan jenis barang lainnya. Sebagai contoh, bila sebuah perusahaan industri kendaraan roda empat merencanakan untuk memproduksi 500 unit kendaraan per hari, maka ia akan membutuhkan 2000 buah roda. Jumlah kebutuhan akan roda tersebut bergantung pada tingkat produksi kendaraan dan tidak dapat diperoleh secara terpisah. Sedangkan kebutuhan akan jumlah kendaraan yang akan diproduksi adalah tidak bergantung, kebutuhan tersebut muncul dari beberapa sumber diluar perusahaan kendaraan itu dan bukan merupakan bagian dari produk lain, dan jug tidak berhubungan dengan permintaan akan produk lainnya.

Untuk menyatakan jumlah dari item-item yang tidak bergantung yang harus diproduksi, umumnya perusahaan memfokuskan pada departemen riset penjualan dan pemasarannya. Mereka menggunakan bermacam-macam teknik, termasuk didalamnya adalah melakukan survey pelanggan / customer, teknik peramalan (*forecasting*), melihat trend ekonomi dan sosial dari masyarakat. Dan karena permintaan yang tidak bergantung ini penuh ketidakpastian, maka perlu disediakan sejumlah unit tambahan sebagai persediaan (*inventory*).

2.3.1 Definisi Persediaan

Persediaan (*inventory*) adalah kumpulan dari sejumlah item atau sumber daya (*resources*) yang digunakan dalam sebuah organisasi.

Sistem persediaan adalah suatu set kebijakan-kebijakan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan dan menyatakan sampai dimana tingkat persediaan harus diperbaiki (ditambah kembali), kapan persediaan harus dilengkapi kembali, dan seberapa besar order yang harus dilakukan untuk melengkapinya kembali.

Dalam jangkauan yang luas, persediaan termasuk masukan-masukan seperti: manusia, keuangan, energi, peralatan dan bahan baku, keluaran-keluaran seperti: komponen, part, dan barang jadi, serta tingkat antara masukan dan keluaran seperti: barang setengah jadi (*work in process*). Sebuah perusahaan penerbangan mempunyai sebuah persediaan tempat duduk, sebuah toko kelontong modern mempunyai persediaan akan obat-obatan, boneka, dsb.

Persediaan dalam manufaktur umumnya dapat diklasifikasikan kedalam sigmen-sigmen khusus seperti :

- Bahan baku
- Produk akhir
- Suku cadang
- Perbekalan kantor
- Work in process, dan lain-lain

Tujuan utama dari analisa persediaan dalam manufaktur adalah menyatakan:

1. Kapan item-item tersebut harus dipesan
2. Berapa besar jumlah pesanan tersebut

Trend terakhir dalam industri memunculkan dua pertanyaan singkat untuk itu yaitu : *Kapan (when) dan berapa banyak (how many)*.

2.3.2 Tujuan Persediaan

Dalam produksi barang-barang, stok dalam persediaan , dijaga untuk memenuhi kebutuhan sebagai berikut:

1. Untuk menjaga kebebasan beroperasi atau berproduksi
2. Untuk memenuhi variasi dalam jumlah permintaan produk. Jika permintaan produk diketahui dengan tepat, itu memungkinkan kita memproduksi produk-produk dalam jumlah yang sama untuk memenuhi permintaan tersebut. Tapi bagaimanapun juga biasanya permintaan tidak dapat diketahui dengan pasti, dan stok pengaman atau stok cadangan harus dijaga untuk meredam variasi tersebut.
3. Untuk memungkinkan semua fleksibilitas dalam penjadwalan produksi. Stok dalam persediaan membebaskan tekanan pada sistim produksi dalam menghasilkan barang. Hal ini mengijinkan *lead time* yang lebih lama, dan memungkinkan perencanaan produksi untuk beroperasi dengan aliran yang lebih lancar dan biaya operasi yang lebih rendah dengan ukuran lot lebih besar.
4. Untuk menyediakan suatu usaha perlindungan terhadap waktu pengiriman bahan baku yang bervariasi. Bila material dipesan dari pihak luar, penundaan waktu (*delay*) dapat terjadi dengan berbagai alasan: variasi normal dalam waktu pengiriman, cacat material, dsb.
5. Untuk mengambil keuntungan dari ukuran pemesanan pembelian ekonomis. Secara jelas ada biaya-biaya dalam melakukan pesanan seperti, tenaga kerja / buruh, telpon, pengetikan, pos, dsb. Oleh sebab itu, lebih besar ukuran setiap pesanan, lebih sedikit jumlah pesanan yang diperukan. Juga adanya ketidaklinieran dari biaya pengiriman, makin besar pengiriman, makin rendah biaya per-unitnya.

2.3.3 Biaya-Biaya Persediaan

Dalam membuat suatu keputusan yang mempengaruhi ukuran persediaan, biaya-biaya berikut ini perlu dipertimbangkan:

1. Biaya Penyimpanan (Holding/Carrying Cost)

Biaya persediaan (carrying costs) adalah total semua biaya yang ditimbulkan pada perusahaan oleh karena persediaan barang yang dimilikinya. Semakin tinggi persediaan yang dimiliki, maka sebagian besar pula biaya yang diderita oleh perusahaan. Biaya persediaan dapat dibagi dalam tiga bagian :

a. Biaya modal (capital costs).

Uang yang tertanam dalam persediaan barang perusahaan tidak dapat digunakan untuk keperluan lain, sehingga uang tersebut dapat kehilangan kesempatannya untuk dapat menghasilkan keuntungan di tempat lain. Biaya modal terendah yang dapat diderita adalah kerugian akibat tidak mendapat bunga bila uang tersebut ditanamkan pada suku bunga standar yang berlaku saat itu, dan dapat lebih tinggi bila perusahaan memiliki kesempatan investasi dengan tingkat pengembalian yang lebih tinggi di tempat lain

b. Biaya penyimpanan (storage costs).

Menyimpan persediaan membutuhkan lahan, pekerja, dan peralatan. Semakin meningkatnya persediaan akan semakin meningkatkan kebutuhan akan berbagai sumber daya tersebut, yang pada akhirnya akan meningkatkan biaya operasional perusahaan akibat peningkatan persediaan tersebut

c. Biaya resiko (risk cost).

Ada beberapa resiko yang dapat timbul ketika barang disimpan di dalam gudang penyimpanan. Beberapa resiko tersebut adalah :

- Ketinggalan zaman : berkurangnya nilai persediaan barang akibat perubahan mode atau peningkatan teknologi yang terjadi di pasar
- Kerusakan : persediaan barang rusak ketika disimpan ataupun ketika dipindahkan
- Pencurian atau kehilangan barang
- Penurunan nilai barang : persediaan barang yang disimpan rusak dalam penyimpanan karena memiliki masa pakai tertentu (kadaluwarsa)

Berapa biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk menyimpan persediaan barangnya? Biaya persediaan ini berbeda dari satu industri ke industri lainnya. Biaya modal (capital costs) dapat bervariasi tergantung pada tingkat suku bunga yang berlaku, tingkat suku bunga kredit perusahaan, atau kesempatan investasi yang dimiliki oleh perusahaan di tempat lain. Biaya penyimpanan (storage costs) dapat bervariasi tergantung pada lokasi dan tipe barang yang disimpan. Biaya resiko (risk costs) dapat sangat bervariasi tergantung pada jenis barang yang disimpan. Biaya resiko ini bisa sangat rendah, ataupun mendekati 100% pada jenis-jenis barang tertentu yang tidak tahan lama. Biaya persediaan biasa dituliskan dalam persentase dari nilai persediaan barang selama jangka waktu tertentu (biasanya 1 tahun). Kebanyakan literatur menggunakan nilai biaya persediaan 20%-30% pada industri manufaktur. Angka ini cukup sesuai pada mayoritas jenis industri manufaktur pada kenyataannya.

2. Biaya Penyiapan (Set-Up Cost)

Apabila bahan-bahan tidak dibeli tetapi diproduksi sendiri dalam pabrik, maka perusahaan menghadapi biaya penyiapan/set-up antara lain:

- a. Persiapan tenaga kerja langsung
- b. Penjadwalan
- c. Ekspedisi

3. Biaya Pemesanan (Order Cost)

Biaya pemesanan meliputi:

- a. Pemrosesan pesanan dan biaya ekspedisi, yaitu:

Biaya manajerial dan kepegawaian untuk mempersiapkan pemesanan produk, mem-follow-up hingga tibaanya barang, dan pelunasan pembayaran terhadap supplier.

- b. Surat menyurat, Telepon
- c. Upah

Secara normal biaya per pesanan (diluar biaya barang dan diskon) tidak naik bila pesanan bertambah besar.

4. Biaya Kehabisan Barang

Biaya ini akan muncul bila persediaan tidak mencukupi permintaan yang ada. Biaya yang termasuk disini adalah sebagai berikut:

- a. Kehilangan penjualan dan pelanggan
- b. Biaya pemesanan khusus
- c. Biaya ekspedisi
- d. Selisih harga
- e. Terganggunya operasi
- f. Tambahan pengeluaran kegiatan manajerial

2.3.4 Sistem Persediaan

Sistim persediaan melengkapi struktur organisasi dan kebijakan operasi untuk selalu memperbaiki dan mengendalikan barang-barang yang akan disimpan sebagai stok. Sistim ini bertanggung jawab untuk memesan dan menerima barang, menentukan waktu pemesanan, berapa jumlahnya, dan kepada siapa pemesanan tersebut dilakukan. Sistim ini juga harus dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti: sudahkah supplier menerima order, sudahkah pesanan tersebut dikirim, apakah tanggal order sudah benar.

Secara umum ada dua jenis sistim persediaan: Jenis *Fixed-Order Quantity* (disebut juga *Economic Order Quantity, EOQ*) dan jenis *Fixed-Time Period* (juga disebut *Fixed-Order Interval*). Perbedaan penting dari kedua jenis order tersebut adalah: pada jenis yang pertama, jumlah pesanan tetap, waktu antar pesanan bervariasi, sedangkan pada jenis yang kedua, jumlah order bervariasi, waktu antar pesanan tetap. Perbedaan lainnya dapat kita perhatikan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbedaan Sistem Persediaan FOQ dan FTP

	Fixed-Order Quantity	Fixed-Time Period
Jumlah order	Q-tetap (dalam jumlah yang sama setiap kali memesan)	Q-variabel (bervariasi setiap kali memesan)
Waktu memesan	R-bila jumlah <i>on-hand</i> turun s/d tingkat pemesanan kembali (<i>record level</i>)	T-bila periode untuk mereview tiba
Pemeriksaan record	Setiap saat bila terjadi pengambilan atau penambahan barang	Dilakukan hanya saat periode review
Jumlah persediaan	Lebih kecil dibandingkan <i>Fixed-Time Period</i>	Lebih besar dari pada <i>Fixed-Order Quantity</i>
Saat untuk merawat	Lebih tinggi, sesuai dengan pemeriksaan record	
Jenis item	Lebih mahal, kritis, atau item-item penting	

Sumber: Hoyanto (1994)

2.4 Model EOQ Dasar

Model Economic Order Quantity digunakan dengan menentukan biaya penyimpanan dan biaya pemesanan. Tekniknya sangat sederhana untuk digunakan dan didasari dengan beberapa asumsi:

- Laju permintaan konstan dan diketahui
- Lead time konstan
- Harga produk per-unit konstan
- Biaya penyimpanan berdasarkan persediaan rata-rata
- Biaya pemesanan konstan
- Tidak ada back order

Total biaya tahunan = biaya pembelian tahunan + biaya pemesanan tahunan + biaya penyimpanan tahunan

$$\begin{aligned} \text{Atau: } TC &= P \cdot D + D/Q \cdot C_o + Q/2 \cdot C_h \\ &= \frac{P \cdot D}{Q} + \frac{D \cdot C_o}{Q} + \frac{Q \cdot C_h}{2} \end{aligned} \quad (2.24)$$

$Q = \text{EOQ} = \text{Jumlah pesanan yang ekonomis}$

Dimana: $TC = \text{biaya total tahunan}$

$P = \text{harga satuan barang}$

$D = \text{permintaan periode per tahun}$

$Q = \text{jumlah pemesanan}$

$C_o = \text{biaya pemesanan per order}$

$C_h = \text{biaya penyimpanan per satuan per periode (tahunan)}$

Titik pemesanan kembali (*Reorder point*) R , yang sudah memasukan unsur persediaan pengamanan (*safety stock*) secara sederhana dapat di definisikan sebagai berikut:

$$R = (L \cdot D) + z \cdot \sigma_L \quad (2.25)$$

$R = \text{Titik pemesanan kembali (Reorder point)}$

$L = \text{Lead time}$

$D = \text{Permintaan per periode}$

$z = \text{Bilangan simpangan baku untuk tingkat pelayanan yang ditentukan sebelumnya}$

$\sigma_L = \text{simpangan baku selama permintaan lead time}$

Tambahan stok sebesar ($z \cdot \sigma_L$) sebagai persediaan pengaman diperlukan untuk mengkompensasi adanya permintaan yang tidak diharapkan/mendadak selama lead time, dan adanya tundaan yang tidak diharapkan.

Untuk model *Fixed-Order Quantity*, yang mempunyai permintaan yang pasti (*Certainly Demand*) set permintaan yang tak pasti (*Uncertainly Demand*) perbedaan yang menyolok bukanlah dalam perhitungan EOQ-nya (keduanya dapat mendekati sama) tetapi terletak pada perhitungan titik pemesanan kembalinya dimana stok pengaman juga diperhitungkan.

Dalam pengendalian suku cadang, model EOQ ini dapat digunakan secara umum pada kondisi dimana terdapat sejumlah besar (relatif) suku cadang yang umum dipakai. Tetapi bagaimana juga, adalah komponen dengan harga satuan yang mahal, dan biasanya dibeli secara tersendiri (satu-persatu) dan nilai rupiah per-unitnya dapat mencapai ratusan kali lipat dibandingkan suku cadang yang lain dalam persediaan. Oleh karena itu perlu diadakan persediaan jumlah item suku cadang tersebut untuk mengkompensasi kebutuhan yang mendadak, dan mengganti persediaannya satu persatu bila stok terpakai saat terjadi kerusakan.

Alasan lain dalam mencari alternatif pengendalian suku cadang adalah tingkat kekritisannya. Barang yang satu lebih kritis dibandingkan barang yang lain, sebagai contoh: kerusakan suatu item seharga \$ 100 dapat menyebabkan proses produksi/mesin berhenti beroperasi, tetapi kerusakan item lain dengan harga \$ 10.000 mungkin tidak menyebabkan berhenti beroperasinya mesin tersebut. Kekritisan suatu suku cadang tersebut.

Akhirnya, persediaan suku cadang tersebut juga perlu mempertimbangkan mutu dari suku cadang tersebut karena sering didapati untuk jenis barang yang sama mempunyai laju pemakaian atau keandalan yang berbeda sangat menyolok.

2.4.1 Perencanaan Persediaan ABC (Analisis ABC)

Dalam menjaga tingkat pesediaan yagn meliputi pekerjaan seperti: menghitung, melakukan pemanasan, menerima stok, dsb, kita membutuhkan waktu dan tenaga, juga biaya yang tidak sedikit. Jika kita mempunya keterbatasan akan sumber daya diatas maaka kita berusaha untuk menggunakan sumber daya yang terbatas tersebut untuk mengendalikan tingkat persediaan dalam cara yang

terbaik. Dengan kata lain, fokuskanlah sumber daya tersebut pada item-item yang sangat penting dalam persediaan.

Pada abad ke-18, *Vilfredo Pareto*, dalam studinya tentang distribusi kekayaan di-Milan, menemukan sekitar 20% dari masyarakat mengendalikan 80% dari kekayaan. Logika tentang yang sedikit mempunyai kepentingan yang lebih besar dan yang banyak mempunyai kepentingan kecil, telah meluas serta mencakup banyak situasi, logika ini dinamakan "*Prinsi Pareto*". Prinsip Pareto ini tepat untuk kehidupan kita sehari-hari, dan secara pasti juga tepat untuk sistem persediaan.

Setiap sistem persediaan harus menspesifikan kapan melakukan order untuk setiap item dan berapa banyak harus dipesan. Untuk jumlah item yang besar, penentuan diatas untuk masing-masing item menjadi tidak praktis sehingga kita perlu mengklasifikasikan kedalam 3 kelompok, yaitu:

1. Kelompok A, yang mempunyai nilai rupiah cukup tinggi
2. Kelompok B, yang mempunyai nilai rupiah sedang
3. Kelompok C, yang mempunyai nilai rupiah cukup rendah

Nilai rupiah merupakan suatu ukuran kepentingan, suatu item dengan harga satuan yang rendah tetapi tinggi dalam jumlah dapat lebih penting dibandingkan item dengan harga tinggi tapi jumlahnya sedikit.

Tujuan lain dari pengelompokkan secara ABC adalah untuk menetapkan tingkat pengontrolan yang tepat dari keseluruhan persediaan. Sebagai contoh pada sistem persediaan yang berdasarkan waktu, item kelompok A lebih baik dilakukan pemesanan per-minggu, kelompok B secara dua mingguan, dan kelompok C secara satu atau dua bulanan.

Contoh kasus dalam suatu pusat perbaikan kendaraan roda empat (mobil), yang termasuk kategori kelompok A adalah : bahan bakar; kelompok B adalah: ban, aki, minyak pelumas, *grease*, dan minyak transmisi; kelompok C adalah: kutub mesin, kipas kaca, radiator, tali kipas, *wax* untuk cat bodi mobil, dll.

2.4.2 Penggunaan Model EOQ bila Informasi Biaya Tidak Tersedia

Model EOQ yang telah diuraikan sebelumnya membutuhkan informasi biaya yang mungkin saja tidak tersedia, karena beberapa kemungkinan, yaitu antara lain:

- a) Perusahaan tidak mempunyai catatan akuntansi yang detail mengenai kedua parameter biaya yang diperlukan
- b) Tidak ada tenaga kerja yang menguasai teori yang cukup tentang persediaan
- c) Perusahaan menganggap biaya-biaya tersebut sudah terakumulasi dengan biaya lainnya

Ada dua pendekatan untuk problem seperti ini:

- Kita dapat menjaga *purchasing workload* agar tetap bila kita meminimumkan biaya penyimpanan
- Atau kita dapat menjaga persediaan rata-rata agar tetap bila kita meminimumkan *purchasing workload*

Purchasing workload adalah jumlah total pemesanan pembelian (*purchase order*) yang dilakukan pertahun. Kita dapat mencapai suatu pemecahan yang optimal (biaya minimum) dalam keadaan seperti ini, tetapi kita akan meminimumkan biaya penyimpanan sejumlah order.

BAB III

PENGUMPULAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

Mercedes-Benz merupakan perusahaan otomotif Jerman yang memproduksi mobil-mobil mewah, bus, dan truk. Mercedes-Benz sendiri merupakan sebuah divisi dari perusahaan induk Daimler AG. Di Indonesia Mercedes-Benz terdiri dari 2 perusahaan, yakni PT, Mercedes-Benz Indonesia dan PT Mercedes-Benz Distribution Indonesia.

Kepemilikan PT. Mercedes-Benz Indonesia adalah perusahaan investasi asing, yakni dimiliki oleh Daimler, AG, Stuttgart (89,21%) dan Daimler Project Consult, Jerman (10,79%). PT. Mercedes-Benz Indonesia adalah agen tunggal dari perakitan dan pembuatan mercedez benz di Indonesia.

PT. Mercedes-Benz Distribution Indonesia adalah perusahaan joint venture, yakni dimiliki oleh Daimler AG, Stuttgart (43%), PT Mercedes-Benz Indonesia (52%) dan seorang partner Indonesia, Iwan Valiant Joesoef, Jakarta (5%). PT. Mercedes-Benz distribution Indonesia merupakan distributor utama untuk PT Mercedez-Benz Indonesia, yang bertanggung jawab untuk memasarkan produk-produk Mercedes-Benz ke dealer-dealer lain (bukan ke end customer) di Indonesia. Pabrik pembuatan produk kendaraan Mercedes-Benz di Indonesia terletak di kawasan Wanaherang, Gunung Putri, Bogor seluas 42 hektar. Untuk kantor yang melayani jasa after sales terletak di Ciputat.

3.1.1 Produk-Produk PT. Mercedes-Benz Indonesia

Saat ini pabrik PT. Mercedes-Benz Indonesia di Wanaherang memproduksi mobil personal (Assembled Personal Car) tipe Mercedes kelas E/C/S dan kendaraan komersial (Assembled Commercial Vehicle), yakni berupa chassis bus. Proses produksi di pabrik tersebut adalah perakitan sampai sedangkan untuk komponen-komponen penyusunnya / CKD (Component Knock Down), seperti pintu, engine hood, dsb, didatangkan dari luar negeri.



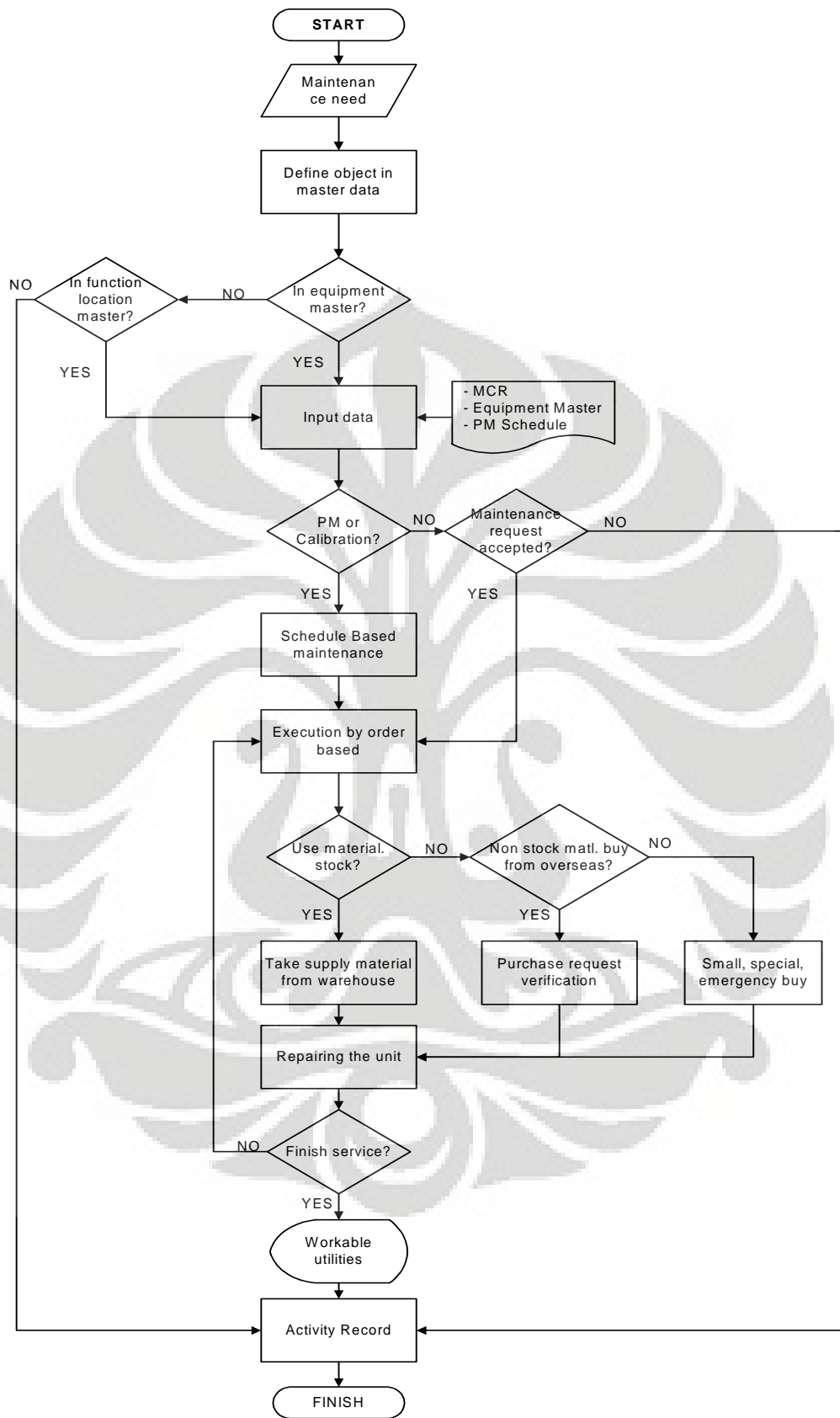
Gambar 3.1 Produk Personal Car Mercedes-Benz

3.1.2 Pemeliharaan di PT. Mercedes-Benz Indonesia

Pemeliharaan di PT Mercedes Benz Indonesia dilakukan oleh departemen FMI (Facility, *Maintenance*, Investment). Departemen ini secara khusus menangani pemeliharaan 5 unit work center, yakni:

1. Work Center 1
untuk penanganan perlengkapan dan peralatan produksi APC (Assembly Passenger Car)
2. Work Center 2
untuk penanganan perlengkapan dan peralatan produksi ACV (Assembly Commercial Vehicle)
3. Work Center 3
untuk penanganan gedung dan kebersihan
4. Work Center 4
Untuk penanganan fasilitas kantor, water treatment serta penanganan limbah lingkungan
5. Work Center 5
Untuk penangan kantor pelayanan pasca jual Mercedes di Ciputat.

Secara umum praktek pemeliharaan di PT Mercedes Benz Indonesia mengikuti alur kerja seperti yang tertera pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Flowchart Pemeliharaan Peralatan

Pertama pihak FMI melakukan identifikasi objek yang memerlukan *maintenance* berdasarkan *equipment number/ function location*. Setelah itu permintaan *maintenance* tersebut diklasifikasikan apakah sudah direncanakan sebelumnya (*preventive maintenance*) atau belum terencana (*corrective maintenance*).

Untuk *preventive maintenance*, order dilakukan sesuai dengan periode waktu yang telah ditetapkan, biasanya waktu pelaksanaannya disesuaikan dengan user tetapi masih dalam waktu 1 minggu yang sama. Sedang untuk *corrective maintenance*, perlu persetujuan tambahan dari kepala departemen terkait apakah perbaikan tersebut dapat dilakukan. Hal ini dikarenakan biaya departemen akan dibebankan pada departemen terkait (masing-masing departemen mempunyai alokasi budget terbatas) dan juga tingkat kepentingan pemakaian peralatan tersebut.

Setelah order *maintenance* dikeluarkan (*order release*), maka pelaksanaan *maintenance* akan disesuaikan dengan ketersediaan SDM *maintenance* dan tingkat kepentingan mesin tersebut. Pengaturan tersebut dilakukan oleh supervisor FMI. Basic start dan basic finish merupakan waktu yang direncanakan sebelumnya oleh admin SAP untuk dilakukannya *maintenance* sedangkan actual start dan actual finish merupakan waktu dimana dimulainya dan berakhirnya kegiatan perbaikan oleh teknisi *maintenance*.

Perbaikan dimulai dengan mengidentifikasi apakah *maintenance* tersebut memerlukan material tambahan. Jika material tersebut telah dilakukan penyetokan, maka pengambilan material dapat dilakukan dari warehouse. Jika tidak tersedia, maka dilakukanlah pemesanan barang dari luar. Apabila barang tersebut tergolong bukan barang mahal (\leq Rp 500.000,-) maka FMI dapat melakukan sendiri pembelian barang tersebut tanpa melalui purchasing, tetapi apabila barang tersebut tergolong mahal dan atau didatangkan dari luar negeri maka pemesanan dan penerimaan barangnya perlu melalui departemen purchasing.

Apabila perbaikan telah selesai dilakukan maka teknisi akan melaporkan itu ke admin SAP departemen FMI untuk dinyatakan selesai dalam

system. Segala kejadian kerusakan baik itu disetujui atau tidak dilakukannya perbaikan akan dicatat dalam dokumentasi *maintenance* di SAP.

Praktek Pemeliharaan PT Mercedes Benz Indonesia dibagi menjadi 3 jenis kegiatan:

a. *Corrective maintenance*

Corrective maintenance dilakukan apabila unit mesin telah terjadi kerusakan. *Corrective maintenance* bersifat tanpa terencana, membutuhkan waktu dan biaya yang lebih banyak dibandingkan *preventive maintenance*.

b. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga reliabilitas mesin dan mengidentifikasi gejala kerusakan sebelum mesin rusak. Untuk beberapa mesin tertentu *preventive maintenance* PT Mercedes Benz Indonesia dilakukan dengan servis kontrak. Pertimbangan pertimbangan dalam melakukan servis kontrak tersebut:

- Keterbatasan jumlah SDM *maintenance* PT Mercedes Benz Indonesia
- Mesin-mesin yang tergolong canggih, menggunakan teknologi baru
- Keterbatasan kemampuan untuk menguasai mesin tersebut
- Adanya standar khusus /sertifikasi yang dibutuhkan dalam mengkalibrasi mesin tersebut.

Dalam pelaksanaannya, tidak ada perbedaan mencolok alur pengerjaan *maintenance* servis kontrak dibandingkan dengan pengerjaan *maintenance* SDM FMI/ Orang *maintenance* tetap ditempatkan untuk mendampingi orang servis kontrak guna memastikan kerusakan alat. Proses pelaksanaan *preventive maintenance* dapat dilihat pada gambar 3.4

c. *Total Productive maintenance*

Total Productive maintenance merupakan pemeliharaan yang melibatkan pengguna/ user dari peralatan tersebut. Pihak *maintenance* dan user bersama-sama membuat suatu daftar kerja untuk pelaksanaan pemeliharaan harian yang kemudian dalam pelaksanaan hariannya TPM dilakukan oleh user pada awal kerja kemudian akan dikontrol apakah sudah terlaksana belum atau oleh pihak *maintenance*. TPM ini bersifat pemeliharaan ringan. Keuntungan dari pelaksanaan

TPM ini adalah tidak menghabiskan banyak waktu, dapat mengurangi tingkat kerusakan mesin, mengefisienkan pemeliharaan mesin.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan selama penelitian adalah observasi langsung, wawancara, dan data sekunder berupa hasil pencatatan yang diarsipkan. Data-data yang dikumpulkan digunakan untuk mendapatkan kebijakan pengendalian persediaan suku cadang kritis forklift. Berikut adalah data-data yang diperlukan:

- Data pemakaian suku cadang
- Data waktu antar kerusakan suku cadang
- Data pengendalian dan persediaan suku cadang

3.2.1 Pemakaian Suku Cadang

Terdapat sekitar 40 unit forklift yang aktif dan beroperasi. Secara umum terdapat tiga jenis forklift yang ada di PT Mercedes Benz Indonesia. Tipe pertama adalah forklift diesel yang menggunakan diesel sebagai bahan bakarnya. Tipe kedua adalah forklift elektrik yang menggunakan baterai sebagai energinya. Dan tipe ketiga adalah stacker pallet elektrik yang digunakan untuk mobilisasi dengan tangan. Stacker pallet memiliki keunggulan dalam penggunaannya pada area yang memiliki space kecil karena fiturnya yang membuat user tidak perlu menaikinya sebagai kendaraan.

Dari tabel 3.1 kita dapat melihat terdapat delapan forklift yang telah di Dom atau discrap, 14 forklift yang terinstal namun tidak aktif, dan 40 forklift yang masih aktif dan beroperasi. Oleh karena itu penelitian akan difokuskan untuk menghitung kebutuhan suku cadang berdasarkan jumlah forklift yang ada dan masih beroperasi. Data penggunaan suku cadang forklift dalam pemilihan objek suku cadang kritis diambil dari data penggunaan suku cadang selama empat tahun mulai dari Januari 2007 sampai dengan Mei 2010. Terdapat beberapa lokasi penggunaan yang berbeda diantaranya pada gudang (WHA-STO), cabang Ciputat (DCD-CPO-STO), workshop (DCI-PBE-JIG), dan Engine (DCI-AGG-ASS-ENG). Kriteria inilah yang akan dijadikan dasar pengelompokan forklift.

Tabel 3.1 Keterangan Kondisi Forklift

Equipment	Deskripsi Equipment	Created on	FuncnLocation	ManufSerialNo.	Manufacturer	Model number	System status
F2-DF-C03-001-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	Y1015HY2044220	CLARK	C500HY1350	DLFL INAK INST
F2-DF-K10-002-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	44846/512096	KOMATSU	FD 30 T - 7	DLFL INAK INST
F2-DF-K10-007-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCD-CPO-STO	414613	KOMATSU	FD 30 JNC 11	DLFL INAK INST
F2-EF-C03-001-001	ELECTRIC FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	4745FA	CLARK	TW30B	DLFL INAK INST
F2-EP-J02-010-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	27A 103 03867	MIC	A 220 98 X 120	DLFL INAK INST
F2-EP-J02-010-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	27A 103 03869	MIC	A 220	DLFL INAK INST
F2-EP-J02-010-003	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	27A 103 03870	MIC	A 220	DLFL INAK INST
F2-EP-J02-010-004	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	27A 103 03868	MIC	A 220 98 X 120	DLFL INAK INST
F2-DF-K10-001-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	83856/648479	KOMATSU	FD 35 C - 2	INAK INST
F2-DF-K10-005-002	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	145048/623331	KOMATSU	FD 30 T-8	INAK INST
F2-EF-C03-001-002	ELECTRIC FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	01494745FA	CLARK	TW30B	INAK INST
F2-EF-J02-002-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80159440	JUNGHEINRICH	ETVA 16GE 115-770 DZ	INAK INST
F2-EF-J02-003-002	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80081742	JUNGHEINRICH	ETVA 16G 115-770 DZ	INAK INST
F2-EF-J02-004-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	775168601	JUNGHEINRICH	ETVA 12.5G115-640 DZ	INAK INST
F2-EF-J02-005-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-PMA-MWS	7.7493.21.02	JUNGHEINRICH	ETVA 12.5G-115-640D	INAK INST
F2-EP-J02-002-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PMF-PS2-OVN	80405426	JUNGHEINRICH	EJC-L 10G-115-250ZT	INAK INST
F2-EP-J02-005-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80094671	JUNGHEINRICH	EJC 12.5 115-430 ZT	INAK INST
F2-EP-J02-006-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PMF-PS2-OVN	7.2187.01-23	JUNGHEINRICH	EJC 12.5 G-115-360T	INAK INST
F2-EP-J02-012-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PMF-EPM	7.3131.82.02	JUNGHEINRICH	EJC 12.5 G-115-360Z	INAK INST
F2-EP-S10-001-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	711022000000	STILL	CS 20	INAK INST
F2-EP-S10-002-003	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	710216000000	STILL	EGV 1600	INAK INST
F2-EP-S10-004-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PMF-PS2-OVN	710212000000	STILL	EGV 1250	INAK INST
F2-DF-K10-004-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	150180-P/661945	KOMATSU	FD 30 C-8	INST
F2-DF-K10-004-002	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	150982-P/671508	KOMATSU	FD 30 C-8	INST
F2-DF-K10-006-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	400859/723365	KOMATSU	FD 30JNT- 11	INST
F2-DF-K10-006-002	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	400860/722923	KOMATSU	FD 30JNT- 11	INST
F2-DF-T05-001-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	10112	TOYOTA	60 - 6 FAN 30	INST
F2-DF-T05-001-002	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	10128	TOYOTA	60 - 6 FAN 30	INST
F2-DF-T05-001-003	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	10130	TOYOTA	60 - 6 FAN 30	INST
F2-EP-J02-001-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80115709	JUNGHEINRICH	ECE A20 G32 140 68	INST
F2-EP-J02-001-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80115710	JUNGHEINRICH	ECE A20 G32 140 68	INST
F2-EP-J02-001-003	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80115708	JUNGHEINRICH	ECE A20 G32 140 68	INST
F2-EP-J02-001-004	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80115707	JUNGHEINRICH	ECE A20 G32 140 68	INST
F2-EP-J02-001-005	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80115711	JUNGHEINRICH	ECE A20 G32 140 68	INST
F2-EP-J02-008-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	7.3128.5405	JUNGHEINRICH	EJC 15 G-1115-4000ZZ	INST
F2-EP-J02-008-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	7.3128.5404	JUNGHEINRICH	EJC 15 G-1115-4000ZZ	INST
F2-EP-J02-003-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80094670	JUNGHEINRICH	EJC 12.5 115-430 ZT	INST
F2-EP-J02-009-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80114310	JUNGHEINRICH	EJC 12.5 G-115-430ZT	INST
F2-EP-S10-002-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	710216000000	STILL	EGV 1600	INST
F2-EP-S10-002-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	710216000000	STILL	EGV 1600	INST
F2-DF-C15-001-001	FORKLIFT DIESEL Caterpillar	08.05.2009	DCD-CPO-STO	T18C-53328	Caterpillar Trakindo	DP25ND 2PF30	INST
F2-DF-K10-003-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	45065/163244	KOMATSU	FD 60 T - 4	INST
F2-DF-K10-005-001	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCI-WHA-STO	149722/657303	KOMATSU	FD 30 T-8	INST
F2-DF-K10-005-003	FORKLIFT DIESEL	28.04.1999	DCD-CPO-STO	153854-P	KOMATSU	FD 30 T-8	INST
F2-DF-T05-002-001	FORKLIFT DIESEL	11.06.2008	DCI-WHA-STO	12332	TOYOTA	62-8FD30	INST
F2-DF-T05-002-002	FORKLIFT DIESEL	29.05.2009	DCI-WHA-STO	13742	TOYOTA	62-8FD30	INST
F2-EF-J02-001-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80263011	JUNGHEINRICH	ETVA 20ZVG-740 DZ	INST
F2-EF-J02-003-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80259088	JUNGHEINRICH	ETVA 16G 115-770 DZ	INST
F2-EF-J02-006-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	30.06.2006	DCD-CPO-STO	91033326	Jungheinrich	ETVQ 20 115-620 D	INST
F2-EF-N04-001-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCD-CPO-STO		NICHYU	FBR 10 50 SC -500	INST
F2-EF-N05-001-001	ELECTRIC STACKER FORKLIFT	28.04.1999	DCD-CPO-STO	14150068	NYK NIPPON YUSOKI	FBRA 20 UC 30C -500	INST
F2-EF-T05-001-001	ELECTRIC FORKLIFT Toyota	01.08.2007	DCI-WHA-STO	7FBE18-54287	TOYOTA	7FBE15	INST
F2-EF-T05-001-002	ELECTRIC FORKLIFT Toyota	15.12.2009	DCI-WHA-STO	7FBE18 - 59493	TOYOTA	7FBE15	INST
F2-EF-T05-002-001	ELECTRIC FORKLIFT Toyota	26.11.2007	DCI-WHA-STO	31789	TOYOTA	6 FBRE14	INST
F2-EF-T05-003-001	ELECTRIC FORKLIFT Toyota	29.10.2009	DCI-WHA-STO	13400	TOYOTA	7FB30	INST
F2-EP-J02-004-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PBE-JIG	80094666	JUNGHEINRICH	EJC 12.5-115-430 ZT	INST
F2-EP-J02-004-002	ELECTRIC STACKER PALLET	14.09.2004	DCI-WHA-STO	80094667	JUNGHEINRICH	EJC 12.5-115-430 ZT	INST
F2-EP-J02-007-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-AGG-ASS-ENG	80081361	JUNGHEINRICH	EJC 16 G-115-420ZT	INST
F2-EP-J02-007-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	80144335	JUNGHEINRICH	EJC 16 G-115-420ZT	INST
F2-EP-J02-011-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-PBE-JIG	96A40710545	MIC	GU 150C -420 T	INST
F2-EP-S10-001-002	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	711022000000	STILL	CS 20	INST
F2-EP-S10-003-001	ELECTRIC STACKER PALLET	28.04.1999	DCI-WHA-STO	1857064347	STILL	FM 20	INST

(Sumber: Departemen Fasilitas, Pemeliharaan, dan Investasi PT Mercedes Benz Indonesia)

PT Mercedes Benz Indonesia telah menggunakan SAP sistem untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi manajemen operasi perusahaan. Pengambilan data dilakukan untuk stock material atau suku cadang yang disimpan di warehouse dibawah pengawasan departemen *Production and Logistic*. Proses pengambilan data pemakaian suku cadang *maintenance* menggunakan bantuan perangkat lunak SAP yang terintegrasi dengan modul *maintenance* pada Departemen FMI. Data historis breakdown forklift akibat penggantian suku cadang diambil sejak SAP diimplementasikan yaitu dari tahun 1999 sampai dengan Mei 2010.

Dari seluruh suku cadang *maintenance* yang digunakan akan dibuat analisis ABC berdasarkan biaya pemakaian suku cadang tersebut dalam empat tahun terakhir ini. Adapun data penggunaan suku cadang tersebut dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan hasil analisis ABC terdapat komponen-komponen yang menghabiskan 80 persen biaya yang kita kategorikan sebagai kelas A. Dari semua spare parts pada kelas A yang berjumlah kurang lebih 20%, akan dipilih seluruh jenis spare parts untuk forklift yang kritis. Suku cadang yang kritis adalah suku cadang yang menyebabkan *equipment* breakdown dan tidak dapat dioperasikan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Begitupun untuk spare parts dari kelas B akan dipilih sejumlah spare parts forklift yang kritis. Suku cadang kritis dari hasil analisis ABC disajikan dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Suku Cadang Forklift Kritis Kelas A dan B

Suku cadang	Kuantitas	Biaya	Kelas
Tire size 6.50 x 10.10 pr	28	15532974	A
Tire&inner tube 28 x 9 -15 "bridgestone"	9	15465000	A
Drive wheel pn.63138420	1	14844990	A
Drive wheel 343/136 pn. 83 652 35	2	13880262	A
Load whell 63.13124-for etva 12,5g	2	9744350	A
Wheel vullcolan pn.8 097 158	4	7023247	A
Drive wheel 63 210 590 (ejc 12,5)	3	6995559	A
Load wheel, 27.631 320 - for ece-20g	14	6803228	A

Tabel 3.2 Suku Cadang Forklift Kritis Kelas A dan B (sambungan)

Suku cadang	Kuantitas	Biaya	Kelas
Support wheel, 27.637 400/ for ece-20g	5	6708123	A
Drive wheel 63.18548-for ejc-15g	3	6185168	A
Load wheel 310/102 pn. 83 653 02	1	5830038	A
Drive wheel, 63.215 600 - for ece-20g	3	5681364	A
Drive wheel 055348000, for mic/a-200	2	5607231	A
Tire size 28 x 9 - 15.12 pr	5	5454500	A
Load wheel 63.213130- for etva 16ge	1	4725475	A
Support wheel 07 626 480-for ejc-15g	6	4432882	A
Support wheel pn. 71840120	2	4394977	A
Load wheel 27 631 330 /ejc-15g	7	4181327	A
Support wheel, 27.634 500, for ejc-15g	9	4033548	B
King pin kit 3eb 24-05060	5	3037500	B
Drive wheel 058 259 000. Mic 220c/silic	2	2401844	B
Contact set (repair kit) 28 524 290	2	1762771	B
Roller bearing pn. 27815110	1	1483809	B
Load wheel tandem pn. 27631400(wheel)	2	1363714	B

(Sumber: Departemen Production Logistic PT Mercedes Benz Indonesia)

Setelah dilakukan pemilihan objek suku cadang forklift kelas A dan B maka langkah berikutnya adalah menentukan suku cadang mana yang masih digunakan oleh forklift yang masih aktif. Setiap *equipment* memiliki sejumlah komponen yang terinstalasi pada *equipment*. Tabel 3.3 menyajikan data suku cadang kritis dan jumlah komponen yang terpasang dalam suatu forklift.

Tabel 3.3 Suku Cadang Kritis Dipilih

No	Nomor Part	Suku cadang	K / unit
1	PECG00017	Tire size 6.50 x 10.10 pr	2
2	PECS09010	Drive wheel 343/136 pn. 83 652 35	1
3	PJ201013	Load wheel 63.13124-for etva 12,5g	2
4	PECS09007	Wheel vullcolan pn.8 097 158	1
5	PJ201007	Drive wheel 63 210 590 (ejc 12,5)	1
6	PJ201020	Load wheel, 27.631 320 - for ece-20g	2

Tabel 3.3 Suku Cadang Kritis Dipilih (sambungan)

No	Nomor Part	Suku cadang	K / unit
7	PJ201022	Support wheel, 27.637 400/ for ece-20g	1
8	PJ201015	Drive wheel 63.18548-for ejc-15g	1
9	PECS09008	Load wheel 310/102 pn. 83 653 02	2
10	PJ201021	Drive wheel, 63.215 600 - for ece-20g	1
11	PM301015	Drive wheel 055348000, for mic/a-200	1
12	PJ201014	Load wheel 63.213130- for etva 16ge	2
13	PJ201016	Support wheel 07 626 480-for ejc-15g	1
14	PJ201012	Load wheel 27 631 330 /ejc-15g	2
15	PJ201023	Support wheel, 27.634 500, for ejc-15g	1
16	PK201005	King pin kit 3eb 24-05060	2
17	PECJ02017	Load wheel tandem pn. 27631400(wheel)	1

(Sumber: Departemen Production Logistic PT Mercedes Benz Indonesia)

Jumlah komponen yang terpasang per unit menunjukkan jumlah kebutuhan suku cadang bila terjadi kerusakan atau break down. Semakin banyak komponen yang terpasang pada suku cadang maka semakin banyak

3.2.2 Waktu Antar Kerusakan Suku Cadang

Dalam menghitung waktu antar kerusakan suku cadang digunakan asumsi 1 tahun = 365 hari. Karena dalam satu minggu terdapat 5 hari kerja dan satu shift kerja dengan 8 jam kerja per hari. Maka asumsi yang digunakan adalah 1 tahun = $5/7 \times 8 \text{ jam} \times 365 = 2086 \text{ jam}$ atau 1 hari = $2086/365 = 5.71428 \text{ jam}$. Data waktu antar kerusakan (Time Between Failure/TBF) suku cadang dibuat dalam satuan jam operasi forklift. Setiap forklift memiliki pola kerusakan suku cadang yang berbeda tergantung pada jenis mesin, umur mesin, lokasi operasi, dan beban kerja. Untuk itu perlu dilakukan pengelompokan pada forklift yang identik dengan asumsi bahwa forklift dalam kelompok tersebut memiliki distribusi kerusakan yang sama seperti terlihat pada tabel 3.4 dibawah ini. Pengelompokan forklift dilakukan untuk tipe, umur, lokasi, dan beban kerja yang sama berdasarkan keterangan forklift pada tabel 3.1. Untuk forklift yang tidak dikelompokkan maka perhitungan dilakukan untuk masing-masing *equipment*.

Tabel 3.4 Pengelompokan Forklift

Kelompok	Equipment	Tipe Forklift
F2-DF-K10-004-(001,002)	F2-DF-K10-004-001	Forklift diesel
	F2-DF-K10-004-002	Forklift diesel
F2-DF-K10-006-(001,002)	F2-DF-K10-006-001	Forklift diesel
	F2-DF-K10-006-002	Forklift diesel
F2-DF-T05-001-(001,002,003)	F2-DF-T05-001-001	Forklift diesel
	F2-DF-T05-001-002	Forklift diesel
	F2-DF-T05-001-003	Forklift diesel
F2-EP-J02-001-(001-005)	F2-EP-J02-001-001	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-001-002	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-001-003	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-001-004	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-001-005	Electric stacker pallet
F2-EP-J02-(009-001,003-001)	F2-EP-J02-008-001	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-008-002	Electric stacker pallet
F2-EP-J02-(009-001,003-001)	F2-EP-J02-003-001	Electric stacker pallet
	F2-EP-J02-009-001	Electric stacker pallet
F2-EP-S10-002-(001,002)	F2-EP-S10-002-001	Electric stacker pallet
	F2-EP-S10-002-002	Electric stacker pallet

(Sumber: Facility, *Maintenance*, and Investment Department)

Sedangkan waktu antar kerusakan suku cadang per forklift atau kelompok forklift dapat dilihat pada lampiran. Satuan waktu antar kerusakan dinyatakan dalam satuan jam operasi dimana digunakan asumsi satu tahun sama dengan 2086 jam kerja.

3.2.3 Pengadaan Suku Cadang

Dalam pengendalian dan pengadaan suku cadang data-data yang dibutuhkan antara lain data biaya pembelian atau harga suku cadang, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan lead time pemesanan.

3.2.3.1 Biaya pembelian

Besarnya biaya pembelian adalah besarnya harga dari material atau suku cadang itu sendiri. Dalam menentukan harga pembelian maka data yang digunakan adalah data harga terakhir (*last price*). Data harga suku cadang kritis disajikan dalam tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Harga Suku Cadang Kritis Forklift

No	Nomor Part	Suku Cadang	Harga
1	PECG00017	TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	Rp 717,361.00
2	PECS09010	Drive wheel 343/136 pn. 83 652 35	Rp 6,940,131.00
3	PJ201013	Load whell 63.13124-for etva 12,5g	Rp 4,872,175.00
4	PECS09007	Wheel vullcolan pn.8 097 158	Rp 1,755,811.00
5	PJ201007	Drive wheel 63 210 590 (ejc 12,5)	Rp 2,331,853.00
6	PJ201020	Load wheel, 27.631 320 - for ece-20g	Rp 565,871.50
7	PJ201022	Support wheel, 27.637 400/ for ece-20g	Rp 1,341,624.00
8	PJ201015	Drive wheel 63.18548-for ejc-15g	Rp 2,061,722.00
9	PECS09008	Load wheel 310/102 pn. 83 653 02	Rp 5,830,038.00
10	PJ201021	Drive wheel, 63.215 600 - for ece-20g	Rp 1,893,788.00
11	PM301015	Drive wheel 055348000, for mic/a-200	Rp 2,803,615.50
12	PJ201014	Load wheel 63.213130- for etva 16ge	Rp 4,725,475.00
13	PJ201016	Support wheel 07 626 480-for ejc-15g	Rp 738,813.67
14	PJ201012	Load wheel 27 631 330 /ejc-15g	Rp 620,933.50
15	PJ201023	Support wheel, 27.634 500, for ejc-15g	Rp 448,172.00
16	PK201005	King pin kit 3eb 24-05060	Rp 607,500.00
17	PECJ02017	Load wheel tandem pn. 27631400(wheel)	Rp 1,363,714.00

(Sumber: Departemen Production Logistic PT Mercedes Benz Indonesia)

3.2.3.2 Biaya pemesanan

Biaya pemesanan biasanya terkait dengan proses pemesanan, dukungan kepegawaian, form, dan persediaan. Perhitungan biaya pemesanan dilakukan dengan menghitung rata-rata biaya untuk setiap transaksi atau setiap melakukan order. Dari departemen purchasing non production material dan cost centre PT Mercedes Benz Indonesia didapatkan data jumlah pemesanan untuk barang non production material adalah sebanyak 480 order selama tahun 2009 dengan besar biaya administrasi sebesar Rp 39,411,328.-. Dengan membagi total biaya administrasi dengan jumlah order didapatkan besarnya biaya pemesanan rata-rata yaitu Rp 82.106,-

3.2.3.3 Biaya penyimpanan

Biaya penyimpanan terkait dengan penanganan persediaan terhadap waktu. Biaya ini biasanya termasuk biaya operasional, asuransi, staf tambahan, dan pembayaran bunga. Berikut adalah perkiraan biaya penyimpanan PT Mercedes Benz Indonesia.

- Biaya *Opportunity Lost* yang diasumsikan IRR minimum bagi perusahaan untuk melakukan investasi. Berdasarkan wawancara didapatkan besarnya IRR minimum PT Mercedes Benz Indonesia kurang lebih 7 %.
- Biaya scrap atau kerusakan selama penyimpanan pada tahun 2009 dibandingkan dengan persediaan rata-rata yaitu sebesar 10.8 %.
- Biaya pengadaan fisik barang yang terdiri dari penyusutan asset gudang dan biaya operasional gudang yaitu sebesar 0.89 %.

Sehingga didapatkan total biaya inventori sebesar 18.69 %. Dari ketiga komponen tersebut didapatkan besarnya biaya penyimpanan untuk masing-masing suku cadang yang berasal dari persentase harga masing-masing suku cadang sebagai berikut:

Tabel 3.6 Biaya Penyimpanan per Suku Cadang

No	Nomor Part	Suku Cadang	Biaya Penyimpanan
1	PECG00017	TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	Rp 134,074.77
2	PECS09010	Drive wheel 343/136 pn. 83 652 35	Rp 1,297,110.48
3	PJ201013	Load whell 63.13124-for etva 12,5g	Rp 910,609.51
4	PECS09007	Wheel vullcolan pn.8 097 158	Rp 328,161.08
5	PJ201007	Drive wheel 63 210 590 (ejc 12,5)	Rp 435,823.33
6	PJ201020	Load wheel, 27.631 320 - for ece-20g	Rp 105,761.38
7	PJ201022	Support wheel, 27.637 400/ for ece-20g	Rp 250,749.53
8	PJ201015	Drive wheel 63.18548-for ejc-15g	Rp 385,335.84
9	PECS09008	Load wheel 310/102 pn. 83 653 02	Rp 1,089,634.10
10	PJ201021	Drive wheel, 63.215 600 - for ece-20g	Rp 353,948.98
11	PM301015	Drive wheel 055348000, for mic/a-200	Rp 523,995.74
12	PJ201014	Load wheel 63.213130- for etva 16ge	Rp 883,191.28
13	PJ201016	Support wheel 07 626 480-for ejc-15g	Rp 138,084.27
14	PJ201012	Load wheel 27 631 330 /ejc-15g	Rp 116,052.47
15	PJ201023	Support wheel, 27.634 500, for ejc-15g	Rp 83,763.35
16	PK201005	King pin kit 3eb 24-05060	Rp 113,541.75
17	PECJ02017	Load wheel tandem pn. 27631400(wheel)	Rp 254,878.15

3.2.3.4 Lead time pemesanan

Setiap item memiliki lead time pemesanan atau waktu yang dibutuhkan untuk menerima pesanan sejak pesanan dilakukan. Berikut adalah leadtime dari suku cadang kritis forklift.

Tabel 3.7 Lead Time Pemesanan Suku Cadang

No	Kode	Material	Lead Time (days)
1	PECG00017	TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	10
2	PECS09010	Drive wheel 343/136 pn. 83 652 35	75
3	PJ201013	Load whell 63.13124-for etva 12,5g	75
4	PECS09007	Wheel vullcolan pn.8 097 158	11
5	PJ201007	Drive wheel 63 210 590 (ejc 12,5)	30

Tabel 3.7 Lead Time Pemesanan Suku Cadang (sambungan)

No	Kode	Material	Lead Time (days)
6	PJ201020	Load wheel, 27.631 320 - for ece-20g	75
7	PJ201022	Support wheel, 27.637 400/ for ece-20g	75
8	PJ201015	Drive wheel 63.18548-for ejc-15g	75
9	PECS09008	Load wheel 310/102 pn. 83 653 02	75
10	PJ201021	Drive wheel, 63.215 600 - for ece-20g	70
11	PM301015	Drive wheel 055348000, for mic/a-200	49
12	PJ201014	Load wheel 63.213130- for etva 16ge	64
13	PJ201016	Support wheel 07 626 480-for ejc-15g	62
14	PJ201012	Load wheel 27 631 330 /ejc-15g	75
15	PJ201023	Support wheel, 27.634 500, for ejc-15g	70
16	PK201005	King pin kit 3eb 24-05060	114
17	PECJ02017	Load wheel tandem pn. 27631400(wheel)	75

(Sumber: Departemen Purchasing PT Mercedes Benz Indonesia)

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1 Kebutuhan Suku Cadang

Seperti yang telah dijelaskan dalam tinjauan pustaka, kebutuhan suku cadang dapat diketahui dari pola kerusakannya. Oleh karena itu setiap data historis harus terlebih dahulu diuji apakah telah mengikuti distribusi yang diasumsikan. Akan tetapi di dalam kenyataannya terdapat batasan data historis untuk memenuhi distribusi kerusakan itu sendiri baik dari kurangnya sample untuk diuji ataupun memang hasil pengujian dari set data tersebut ternyata tidak sesuai dengan distribusi yang diasumsikan. Oleh karena itu untuk komponen-komponen yang memiliki keterbatasan data akan dilakukan metode perhitungan secara konvensional yaitu rata-rata waktu antar kerusakan.

4.1.1 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pola distribusi waktu antar kerusakan suku cadang mengikuti distribusi yang diasumsikan yaitu distribusi weibull dua parameter. Pengujian dilakukan hanya untuk suku cadang yang memiliki $n \geq 3$. Pengujian akan dilakukan untuk setiap kelompok forklift yang telah dikelompokkan sebelumnya berdasarkan beberapa kondisi yang sama diantaranya manufaktur, model forklift, umur forklift, lokasi kerja, dan beban kerja dari forklift tersebut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Mann seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Hasil pengujian dari seluruh komponen kritis dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Dari hasil pengujian goodness of fit terhadap distribusi weibull dua parameter terlihat bahwa tidak semua $S_{uji} < S_{tabel}$. Hal ini berarti tidak semua kerusakan suku cadang memenuhi distribusi weibull dua parameter. Dari 36 set data terdapat 7 set data yang tidak diujikan karena jumlah sample yang kurang dari tiga. Dari 29 set data yang diujikan terdapat sebanyak 2 set data yang tidak memenuhi uji goodness of fit dari distribusi weibull dua parameter yaitu untuk suku cadang 14 pada *equipment* F2-EP-J02-004-001 dan suku cadang 16 pada *equipment* F2-DF-K10-006-002.

Tabel 4.1 Hasil Uji Statistik *Goodness of Fit 2 Parameter Weibull*

Suku Cadang	Kelompok / <i>Equipment</i>	S_{Uji}	S_{Tabel}	Ho
Item 1	F2-DF-K10-004-(001,002)	0.550	0.740	Terima
	F2-DF-K10-005-001	0.401	0.860	Terima
	F2-DF-K10-006-(001,002)	0.562	0.680	Terima
	F2-DF-T05-001-(001,002,003)	0.385	0.680	Terima
Item 2	F2-EP-S10-003-001	0.070	0.950	Terima
Item 3	F2-EF-J02-001-001	0.414	0.950	Terima
Item 4	F2-EP-S10-002-(001,002)	0.216	0.760	Terima
Item 5	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.687	0.730	Terima
	F2-EP-J02-004-001	-	-	Tolak
Item 6	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.457	0.650	Terima
Item 7	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.337	0.660	Terima
Item 8	F2-EP-J02-007-001	0.670	0.760	Terima
	F2-EP-J02-007-002	-	-	Tolak
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.397	0.760	Terima
Item 9	F2-EP-S10-003-001	0.436	0.760	Terima
Item 10	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.446	0.740	Terima
Item 11	F2-EP-J02-011-001	0.721	0.950	Terima
Item 12	F2-EF-J02-003-001	0.202	0.760	Terima
Item 13	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.445	0.710	Terima
Item 14	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.562	0.670	Terima
	F2-EP-J02-004-001	0.745	0.710	Tolak
	F2-EP-J02-004-002	-	-	Tolak
	F2-EP-J02-007-001	0.507	0.650	Terima
	F2-EP-J02-007-002	0.412	0.800	Terima
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.202	0.730	Terima
Item 15	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.541	0.73	Terima
	F2-EP-J02-004-001	0.416	0.79	Terima
	F2-EP-J02-004-002	-	-	Tolak
	F2-EP-J02-007-001	0.413	0.76	Terima
	F2-EP-J02-007-002	0.268	0.69	Terima
	F2-EP-J02-011-001	-	-	Tolak
	F2-EP-S10-001-002	0.810	0.95	Terima
	F2-EP-S10-002-(001,002)	-	-	Tolak
Item 16	F2-DF-K10-005-001	-	-	Tolak
	F2-DF-K10-006-002	0.707	0.68	Tolak
Item 17	F2-EP-J02-001-002	0.329	0.76	Terima

Tidak dipenuhinya distribusi weibull dua parameter pada dua set data tersebut mungkin disebabkan oleh ketidakcukupan jumlah sample sehingga kurang merepresentasikan seluruh kondisi keandalan yang mungkin terjadi dari suku cadang. Hal ini menyebabkan sebaran data yang terlalu lebar dan berada di wilayah tolak H_0 dengan uji coba dilakukan untuk nilai α sebesar 5%.

4.1.2 Menghitung Laju Kerusakan Suku Cadang

Setelah menguji kecocokan fungsi kerusakan suku cadang dengan distribusi weibull dua parameter, langkah selanjutnya adalah menentukan laju kerusakan setiap komponen. Dengan menggunakan metode regresi linear pada bab tinjauan pustaka akan dicari nilai parameter bentuk dan parameter skala untuk suku cadang pada kelompok *equipment* yang sama. Untuk komponen yang memenuhi distribusi weibull dua parameter, nilai parameter bentuk dan parameter skala masing-masing dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah.

Bervariasinya hasil perhitungan parameter skala untuk masing-masing suku cadang menunjukkan treatment yang berbeda yang diterima suku cadang tersebut pada kelompok *equipment* maupun *equipment* yang berbeda. Untuk nilai parameter bentuk (β) lebih dari 1 menunjukkan tingkat kerusakan suku cadang yang meningkat sebaliknya nilai parameter bentuk (β) kurang dari 1 menunjukkan tingkat kerusakan yang melambat.

Sebagai contoh untuk item 1 pada kelompok Komatsu F2-DF-K10-004-(001,002) parameter bentuk memiliki nilai lebih dari 2 dimana bentuk distribusinya mendekati distribusi normal. Namun pada kelompok Toyota Diesel Forklift F2-DF-T05-001-(001,002,003) Parameter bentuk bernilai kurang dari 1 dimana laju kerusakannya cenderung menurun seiring berjalannya waktu.

Tabel 4.2 Nilai Parameter Distribusi Weibull Suku Cadang

Suku Cadang	Kelompok / <i>Equipment</i>	Parameter Bentuk (β)	Parameter Skala (α)
Item 1	F2-DF-K10-004-(001,002)	2.406574755	2339.072147
	F2-DF-K10-005-001	1.076582627	2494.42297
	F2-DF-K10-006-(001,002)	1.315057406	2483.342502
	F2-DF-T05-001-(001,002,003)	0.936681878	3681.341038
Item 2	F2-EP-S10-003-001	1.593788423	4764.352455
Item 3	F2-EF-J02-001-001	0.77878471	3929.42908
Item 4	F2-EP-S10-002-(001,002)	1.772616219	3178.095645
Item 5	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.861817472	4128.257339
Item 6	F2-EP-J02-001-(001-005)	1.971846739	3476.374965
Item 7	F2-EP-J02-001-(001-005)	1.321080725	5206.731392
Item 8	F2-EP-J02-007-001	1.368762034	2513.893705
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.771576437	3996.808412
Item 9	F2-EP-S10-003-001	0.720314117	3207.797649
Item 10	F2-EP-J02-001-(001-005)	1.521132631	3274.823922
Item 11	F2-EP-J02-011-001	0.720314117	4181.1545
Item 12	F2-EF-J02-003-001	0.955639212	4348.766176
Item 13	F2-EP-J02-008-(001,002)	1.288489009	4174.034507
Item 14	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	1.019664714	2482.525226
	F2-EP-J02-007-001	0.722422518	683.8876345
	F2-EP-J02-007-002	0.596061383	2957.613892
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.897186845	5184.595346
Item 15	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.869914367	3839.051604
	F2-EP-J02-004-001	0.609989285	5491.655168
	F2-EP-J02-007-001	0.876547371	1328.369042
	F2-EP-J02-007-002	0.56157836	2714.312789
	F2-EP-S10-001-002	1.628547345	2215.305142
Item 17	F2-EP-J02-001-002	1.024748528	3723.729599

Setelah nilai parameter bentuk dan parameter skala diperoleh maka laju kerusakan untuk interval waktu tertentu dapat dihitung sesuai dengan rumus pada bab tinjauan pustaka. Dalam hal ini selang waktu yang ditentukan adalah selama satu tahun. Besarnya nilai laju kerusakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Laju Kerusakan Suku Cadang Distribusi Weibull Dua Parameter

Suku Cadang	Kelompok / Equipment	H(T)
Item 1	F2-DF-K10-004-(001,002)	0,0003639
	F2-DF-K10-005-001	0,0003954
	F2-DF-K10-006-(001,002)	0,0003812
	F2-DF-T05-001-(001,002,003)	0,0002816
Item 2	F2-EP-S10-003-001	0,0001285
Item 3	F2-EF-J02-001-001	0,0002928
Item 4	F2-EP-S10-002-(001,002)	0,0002273
Item 5	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0,0002662
Item 6	F2-EP-J02-001-(001-005)	0,0001751
Item 7	F2-EP-J02-001-(001-005)	0,0001432
Item 8	F2-EP-J02-007-001	0,0003713
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0,0002903
Item 9	F2-EP-S10-003-001	0,0003516
Item 10	F2-EP-J02-001-(001-005)	0,0002414
Item 11	F2-EP-J02-011-001	0,0002905
Item 12	F2-EF-J02-003-001	0,0002376
Item 13	F2-EP-J02-008-(001,002)	0,0001961
Item 14	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0,0004014
	F2-EP-J02-007-001	0,0010729
	F2-EP-J02-007-002	0,0003893
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0,0002118
Item 15	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0,0002646
	F2-EP-J02-004-001	0,0002202
	F2-EP-J02-007-001	0,0008769
	F2-EP-J02-007-002	0,0004487
	F2-EP-S10-001-002	0,0005342
Item 17	F2-EP-J02-001-002	0,0003141

Untuk komponen yang tidak memenuhi distribusi weibull dua parameter. Maka laju kerusakannya dianggap konstan atau memiliki parameter bentuk = 1. Laju kerusakan perjam adalah 1/rata-rata waktu antar kerusakan. Hasil dari perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Laju Kerusakan Suku Cadang Konstan

Suku Cadang	Kelompok / <i>Equipment</i>	MTBF	Hazard Rate
Item 5	F2-EP-J02-004-001	2433.333	0.000410959
Item 8	F2-EP-J02-007-002	9209.048	0.000108589
Item 14	F2-EP-J02-004-001	2328.988	0.000429371
	F2-EP-J02-004-002	1800.952	0.000555262
Item 15	F2-EP-J02-004-002	978.810	0.001021649
	F2-EP-J02-011-001	7416.667	0.000134831
	F2-EP-S10-002-(001,002)	6535	0.000153022
Item 16	F2-DF-K10-005-001	9462.381	0.000105682
	F2-DF-K10-006-002	1519.000	0.000658328

Setelah didapat laju kerusakan setiap komponen pada masing-masing *equipment* ataupun kelompok *equipment* yang identik, maka dapat diketahui total kebutuhan masing-masing komponen. Dugaan kebutuhan untuk masing-masing komponen dihitung dengan menggunakan persamaan 2.23. Hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.5 Kebutuhan Suku Cadang tahunan

Suku Cadang	Kelompok / <i>Equipment</i>	Laju Kerusakan	Unit / kelompok	D total
Item 1	F2-DF-K10-004-(001,002)	0.000363922	2.00	11.39≈12
	F2-DF-K10-005-001	0.000395442	1.00	
	F2-DF-K10-006-(001,002)	0.000381159	2.00	
	F2-DF-T05-001-(001,002,003)	0.000281588	3.00	
Item 2	F2-EP-S10-003-001	0.000128532	1.00	0.27≈11
Item 3	F2-EF-J02-001-001	0.000292758	1.00	1.22≈2
Item 4	F2-EP-S10-002-(001,002)	0.000227278	2.00	0.95≈1
Item 5	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.000266194	2.00	1.97≈2
	F2-EP-J02-004-001	0.000410959	1.00	
Item 6	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.000175108	5.00	3.65≈4
Item 7	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.000143181	5.00	1.49≈2
Item 8	F2-EP-J02-007-001	0.000371340	1.00	2.21≈3
	F2-EP-J02-007-002	0.000108589	1.00	
	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.000290264	2.00	
Item 9	F2-EP-S10-003-001	0.000351612	1.00	1.47≈2
Item 10	F2-EP-J02-001-(001-005)	0.000241399	5.00	2.52≈3

Tabel 4.5 Kebutuhan Suku Cadang tahunan (Sambungan)

Suku Cadang	Kelompok / <i>Equipment</i>	Laju Kerusakan	Unit / kelompok	D total
Item 11	F2-EP-J02-011-001	0.000290512	1.00	0.61≈1
Item 12	F2-EF-J02-003-001	0.000237568	1.00	0.99≈1
Item 13	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.000196128	2.00	0.82≈1
Item 14	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.000401439	2.00	15.33≈16
	F2-EP-J02-004-001	0.000429371	1.00	
	F2-EP-J02-004-002	0.000555262	1.00	
	F2-EP-J02-007-001	0.001072942	1.00	
	F2-EP-J02-007-002	0.000389320	1.00	
Item 15	F2-EP-J02-008-(001,002)	0.000211806	2.00	8.04≈9
	F2-EP-J02-(009-001,003-001)	0.000281992	2.00	
	F2-EP-J02-004-001	0.000265615	1.00	
	F2-EP-J02-004-002	0.001021649	1.00	
	F2-EP-J02-007-001	0.000712008	1.00	
	F2-EP-J02-007-002	0.000413496	1.00	
	F2-EP-J02-011-001	0.000134831	1.00	
	F2-EP-S10-001-002	0.000434660	1.00	
F2-EP-S10-002-(001,002)	0.000153022	2.00		
Item 16	F2-DF-K10-005-001	0.000105682	1.00	3.19≈4
	F2-DF-K10-006-002	0.000658328	1.00	
Item 17	F2-EP-J02-001-002	0.000264724	1.00	0.55≈1

4.2 Perhitungan Tingkat Persediaan Suku Cadang

Dalam menghitung tingkat persediaan suku cadang, faktor-faktor biaya yang diperhitungkan dalam model EOQ antara lain biaya penyimpanan dan biaya pengadaan. Dari data biaya-biaya yang diperoleh dan laju kerusakan suku cadang, akan dibuat model perhitungan yang mengoptimasi dua variable biaya tersebut. Perhitungan model EOQ meliputi jumlah pemesanan yang harus dilakukan dan titik pesan kembali ketika tingkat persediaan mencapai titik tersebut. Perhitungan EOQ disajikan dalam tabel 4.6 dibawah ini.

Asumsi yang dibuat adalah permintaan selama lead time relative konstan dan kecil sehingga nilai reorder point yang merupakan pembulatan ke atas dari permintaan selama lead time diasumsikan cukup untuk memenuhi variasi kebutuhan suku cadang. Pembulatan ini merupakan pembulatan yang berupa kelipatan terhadap suku cadang yang terpasang per unit nya. Misalkan kebutuhan selama lead time sama dengan 0.5 unit dikarenakan suku cadang itu memiliki komponen terpasang per unit sebanyak 2 unit maka dibulatkan menjadi 2. Selain

itu adanya back up unit menyebabkan perhitungan stock out cost diabaikan. Oleh karena itu perhitungan safety stock diabaikan dalam model ini.

Dari tabel Hasil Perhitungan EOQ terlihat untuk item 13 yaitu SUPPORT WHEEL 07 626 480-FOR EJC-15G pemesanan dilakukan lebih dari kebutuhan untuk 1 tahun. Hal ini dikarenakan harga suku cadang yang tidak terlalu mahal menyebabkan biaya persediaan yang tidak terlalu tinggi. Konsekuensi logisnya adalah memesan lebih dari kebutuhan untuk menghindari tingginya biaya pemesanan.

Biaya pemesanan yang relatif tinggi mungkin disebabkan banyaknya suku cadang yang bersifat impor sehingga timbul biaya administrasi yang cukup besar. Penurunan biaya pemesanan ini akan sangat berpengaruh terhadap perhitungan jumlah pesanan yang ekonomis.

Kebutuhan total dari seluruh unit forklift untuk suku cadang tertentu adalah jumlah dari ekspektasi jumlah kerusakan selama satu tahun. Besar biaya persediaan setiap tahun pun akan relatif berubah dan perhitungan harus selalu diupdate berdasarkan jumlah kebutuhan aktual di lapangan untuk dimasukkan ke sistem dan perhitungan EOQ.

Pendekatan model EOQ ini tentunya akan sangat bermanfaat dalam menentukan persediaan yang optimal sehingga dapat mengurangi resiko rusak atau menumpuknya barang di gudang serta meminimumkan biaya persediaan dan pemesanan. Model ini akan menjadi lebih baik jika kebutuhan pertahun lebih besar sehingga variasi yang akan terjadi dapat diprediksikan dengan baik.

Untuk suku cadang yang memiliki demand terbesar yaitu Load Wheel 27 631 330 /EJC-15G dengan ekspektasi kebutuhan sebesar 16 unit jumlah pemesanan optimal yang dilakukan adalah sebanyak 5 unit dengan titik pesan kembali sebesar 4 unit. Hal ini disebabkan akan lebih menguntungkan untuk melakukan pemesanan yang lebih sering dibanding membeli sesuai kebutuhan pertahun karena biaya inventori yang besar. Sedangkan untuk suku cadang yang memiliki biaya inventori rendah seperti Support Wheel 07 626 480-FOR EJC-15G maka pemesanan dilakukan melebihi kebutuhan per tahun karena dapat menekan biaya pemesanan dengan melakukan penyimpanan dalam jumlah yang lebih banyak.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan EOQ

No	Nomor Part	Nama Suku Cadang	Harga (Rupiah)	LT (Hari)	Ch (Rupiah)	Co (Rupiah)	D (Unit)	EOQ (Unit)	(K/Unit)	R (Unit)
1	PECG00017	TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	717361.00	10	134074.77	82106.00	12	4.00	2	0.33≈2
2	PECS09010	DRIVE WHEEL 343.136 PN. 83 652 35	6940131.00	75	1297110.48	82106.00	1	1.00	1	0.21≈1
3	PJ201013	LOAD WHEEL 63.13124-FOR ETVA 12,5G	4872175.00	75	910609.51	82106.00	2	1.00	2	0.41≈2
4	PECS09007	WHEEL VULLCOLAN PN.8 097 158	1755811.00	11	328161.08	82106.00	1	1.00	1	0.03≈1
5	PJ201007	DRIVE WHEEL 63 210 590(EJC 12,5)	2331853.00	30	435823.33	82106.00	2	1.00	1	0.16≈1
6	PJ201020	LOAD WHEEL, 27.631320 - FOR ECE-20G	565871.50	75	105761.38	82106.00	4	3.00	2	0.82≈2
7	PJ201022	SUPPORT WHEEL, 27.637400/ FOR ECE-20G	1341624.00	75	250749.53	82106.00	2	2.00	1	0.41≈1
8	PJ201015	DRIVE WHEEL 63.18548-FOR EJC-15G	2061722.00	75	385335.84	82106.00	3	2.00	1	0.62≈1
9	PECS09008	LOAD WHEEL 310/102.PN. 83 653 02	5830038.00	75	1089634.10	82106.00	2	1.00	2	0.41≈2
10	PJ201021	DRIVE WHEEL, 63.215 600 - FOR ECE-20G	1893788.00	70	353948.98	82106.00	3	2.00	1	0.58≈1
11	PM301015	DRIVE WHEEL 053348000, FOR MIG/A-200	2803615.50	49	523995.74	82106.00	1	1.00	1	0.13≈1
12	PJ201014	LOAD WHEEL 63.213130- FOR ETVA 16GE	4725475.00	64	883191.28	82106.00	1	1.00	2	0.18≈2
13	PJ201016	SUPPORT WHEEL 07 626 480-FOR EJC-15G	738813.67	62	138084.27	82106.00	1	2.00	1	0.17≈1
14	PJ201012	LOAD WHEEL 27.631 330/EJC-15G	620933.50	75	116052.47	82106.00	16	5.00	2	3.29≈4
15	PJ201023	SUPPORT WHEEL, 27.634 500, FOR EJC-15G	448172.00	70	448172.00	82106.00	9	2.00	1	1.73≈2
16	PK201005	KING PIN KIT 3EB 24-05060	607500.00	114	607500.00	82106.00	4	2.00	2	1.25≈2
17	PECJ02017	LOAD WHEEL TANDEM.PN. 27631400(wheel)	1363714.00	75	1363714.00	82106.00	1	1.00	1	0.21≈1

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari model pengadaan suku cadang yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa dengan mengetahui pola distribusi kerusakan kita dapat mengetahui kebutuhan suku cadang yang sebenarnya dari setiap *equipment*. Dari ekspektasi kebutuhan suku cadang per tahun didapatkan nilai order quantity dan reorder point sebagai berikut:

1. Suku cadang Tire Size 6.50 x 10.10 PR memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 12 unit. Jumlah order quantity sebesar 4 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
2. Suku cadang Drive Wheel 343/136 PN. 83 652 35 memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
3. Suku cadang Load Whell 63.13124-FOR ETVA 12,5G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 2 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
4. Suku cadang Wheel Vullcolan PN.8 097 158 memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
5. Suku cadang Drive Wheel 63 210 590 (EJC 12,5) memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 2 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
6. Suku cadang Load Wheel, 27.631 320 - FOR ECE-20G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 4 unit. Jumlah order quantity sebesar 3 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
7. Suku cadang Support Wheel, 27.637 400/ FOR ECE-20G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 2 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
8. Suku cadang Drive Wheel 63.18548-FOR EJC-15G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 3 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 1 unit.

9. Suku cadang Load Wheel 310/102 PN. 83 653 02 memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 2 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
10. Suku cadang Drive Wheel, 63.215 600 - FOR ECE-20G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 3 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
11. Suku cadang Drive Wheel 055348000, FOR MIC/A-200 memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
12. Suku cadang Load Wheel 63.213130- FOR ETVA 16GE memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
13. Suku cadang Support Wheel 07 626 480-FOR EJC-15G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 1 unit.
14. Suku cadang Load Wheel 27 631 330 /EJC-15G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 16 unit. Jumlah order quantity sebesar 5 unit dan reorder point sebesar 4 unit.
15. Suku cadang Support Wheel, 27.634 500, FOR EJC-15G memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 9 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
16. Suku cadang King Pin Kit 3EB 24-05060 memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 4 unit. Jumlah order quantity sebesar 2 unit dan reorder point sebesar 2 unit.
17. Suku cadang Load Wheel Tandem PN. 27631400 (wheel) memiliki ekspektasi kebutuhan pertahun sebesar 1 unit. Jumlah order quantity sebesar 1 unit dan reorder point sebesar 1 unit

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran dan masukan yang dapat dipertimbangkan oleh berbagai pihak:

1. Untuk perusahaan

Beberapa saran untuk perusahaan diantaranya:

- Perusahaan dapat menerapkan model ini untuk menghitung kebutuhan suku cadang *maintenance* sehingga jumlah persediaan yang menumpuk dan resiko kerusakan selama penyimpanan dapat dilakukan. Dalam menerapkan model ini analisa dan data yang lebih detail dibutuhkan untuk mendapatkan besaran biaya persediaan dan biaya pemesanan yang lebih valid.
- Pencatatan data historis yang baik dapat memperkecil persentase kesalahan perkiraan kebutuhan suku cadang dan meningkatkan kemampuan prediksi sistem.

2. Untuk penelitian selanjutnya

Jika penelitian yang serupa ingin dilakukan maka dapat dipertimbangkan untuk memasukkan risiko biaya jika suku cadang tidak ada di dalam model untuk merepresentasikan segala skenario yang mungkin terjadi. Variable ini dapat berupa gangguan terhadap proses produksi dan biaya emergency pengadaan suku cadang tersebut.

DAFTAR REFERENSI

- Blischke, Wallace R. & Prabhakar Murthy, D.N. (2003). *Case Studies in Reliability and Maintenance*. New Jersey: Wiley.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Hoyanto. (1994). *Optimasi Pengadaan Suku Cadang Utama di PT "XYZ" dengan Mempertimbangkan Keandalannya*. Depok: Tesis Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Meeker, W. Q., Escobar, L.A. (1998). *Statistical Method for Realibility Data*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Neubeck, K. (2004). *Practical Reliability Analysis*. United States of America: Pearson Prentice Hall.
- O'Connor, Patrick D.T. (1995). *Practical Reliability Engineering-3rd edition revised*. West Sussex: John Willey & Sons Ltd.
- Rao, S. Singiresu. (1992). *Reliability-Based Design*. United States of America: Mc Graw Hill.
- Ross, R. (1994). Grapical Methods for Plotting and Evaluating Weibull Distributed Data. *Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Application of Dielectric Materials*, paper 4122. Brisbane Australia.
- Smith, C. S. (1969). *Quality and Reliability: An Integrated Approach*. Great Britain: Pitman Press.
- Statsoft, Electronic Statistic Text Book. *Goodness of Fit Indices*. 16 Juni 2010. <http://www.statsoft.com/textbook/process-analysis/#wgoodness>
- Wang, L., Chu, J., dan Mao, W. (2008). An optimum condition-based replacement and spare provisioning policy based on Markov chains. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol.14,4, 387-401.

Lampiran 1
Time Between Failure Suku Cadang

Item 1	
TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-DF-K10-004-001	3536
F2-DF-K10-004-001	672
F2-DF-K10-004-001	1644
F2-DF-K10-004-001	1425
F2-DF-K10-004-001	1715
F2-DF-K10-004-001	2185
F2-DF-K10-004-002	3228
F2-DF-K10-004-002	2567
F2-DF-K10-004-002	2200
F2-DF-K10-004-002	1385
F2-DF-K10-004-002	1960
F2-DF-K10-005-001	4544
F2-DF-K10-005-001	365
F2-DF-K10-005-001	1169
F2-DF-K10-005-001	2128
F2-DF-K10-005-001	2397
F2-DF-K10-006-001	3963
F2-DF-K10-006-001	1989
F2-DF-K10-006-001	2154
F2-DF-K10-006-001	2735
F2-DF-K10-006-001	1621
F2-DF-K10-006-002	5320
F2-DF-K10-006-002	1710
F2-DF-K10-006-002	248
F2-DF-K10-006-002	718
F2-DF-K10-006-002	1607
F2-DF-K10-006-002	3111
F2-DF-K10-006-002	718
F2-DF-T05-001-001	3878
F2-DF-T05-001-001	1952
F2-DF-T05-001-001	1812
F2-DF-T05-001-001	100
F2-DF-T05-001-001	1721
F2-DF-T05-001-001	2641
F2-DF-T05-001-002	6126
F2-DF-T05-001-002	659
F2-DF-T05-001-002	4439

Item 1	
TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-DF-T05-001-003	4265
F2-DF-T05-001-003	4773
F2-DF-T05-001-003	3094

Item 2	
DRIVE WHEEL 343/136 PN. 83 652 35	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-S10-003-001	4872
F2-EP-S10-003-001	4955
F2-EP-S10-003-001	1889

Item 3	
LOAD WHELL 63.13124-FOR ETVA 12,5G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EF-J02-001-001	3670
F2-EF-J02-001-001	5010
F2-EF-J02-001-001	564

Item 4	
WHEEL VULLCOLAN PN.8 097 158	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-S10-002-001	3274
F2-EP-S10-002-002	4032
F2-EP-S10-002-002	1123
F2-EP-S10-002-002	2342

Lampiran 1 (lanjutan)

Item 5	
DRIVE WHEEL 63 210 590 (EJC 12,5)	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-003-001	829
F2-EP-J02-003-001	1929
F2-EP-J02-003-001	911
F2-EP-J02-004-001	2433
F2-EP-J02-009-001	1635
F2-EP-J02-009-001	4060
F2-EP-J02-009-001	15677

Item 6	
LOAD WHEEL, 27.631 320 - FOR ECE-20G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-004	2926
F2-EP-J02-001-004	13805
F2-EP-J02-001-005	917
F2-EP-J02-001-005	2664

Item 6	
LOAD WHEEL, 27.631 320 - FOR ECE-20G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-001	6083
F2-EP-J02-001-001	100
F2-EP-J02-001-001	1037
F2-EP-J02-001-001	2171
F2-EP-J02-001-001	510
F2-EP-J02-001-001	3476
F2-EP-J02-001-002	1288
F2-EP-J02-001-002	3174
F2-EP-J02-001-002	527
F2-EP-J02-001-002	969
F2-EP-J02-001-002	1715
F2-EP-J02-001-002	1348
F2-EP-J02-001-002	880
F2-EP-J02-001-002	3604
F2-EP-J02-001-003	3639
F2-EP-J02-001-003	570
F2-EP-J02-001-003	781
F2-EP-J02-001-003	1205
F2-EP-J02-001-003	254
F2-EP-J02-001-003	6815
F2-EP-J02-001-003	3579
F2-EP-J02-001-003	5029
F2-EP-J02-001-004	3744
F2-EP-J02-001-004	439
F2-EP-J02-001-004	1536
F2-EP-J02-001-004	504

Item 7	
SUPPORT WHEEL, 27.637 400/ FOR ECE-20G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-001	1043
F2-EP-J02-001-001	5320
F2-EP-J02-001-001	1373
F2-EP-J02-001-001	730
F2-EP-J02-001-001	8574
F2-EP-J02-001-001	1248
F2-EP-J02-001-002	9195
F2-EP-J02-001-003	3297
F2-EP-J02-001-003	1744
F2-EP-J02-001-003	4978
F2-EP-J02-001-003	7776
F2-EP-J02-001-004	6223
F2-EP-J02-001-004	3100
F2-EP-J02-001-005	7220
F2-EP-J02-001-005	2693
F2-EP-J02-001-005	9397

Lampiran 1 (lanjutan)

Item 8	
DRIVE WHEEL 63.18548-FOR EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-007-001	2920
F2-EP-J02-007-001	1727
F2-EP-J02-007-001	661
F2-EP-J02-007-001	2966
F2-EP-J02-007-002	3843
F2-EP-J02-007-002	14575
F2-EP-J02-008-001	1792
F2-EP-J02-008-001	3476
F2-EP-J02-008-001	433
F2-EP-J02-008-001	7850
F2-EP-J02-008-001	245
F2-EP-J02-008-002	3043
F2-EP-J02-008-002	510
F2-EP-J02-008-002	8140
F2-EP-J02-008-002	9332

Item 9	
LOAD WHEEL 310/102 PN. 83 653 02	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-S10-003-001	256
F2-EP-S10-003-001	1858
F2-EP-S10-003-001	2319
F2-EP-S10-003-001	6756

Item 10	
DRIVE WHEEL, 63.215 600 - FOR ECE-20G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-001	5231
F2-EP-J02-001-002	917
F2-EP-J02-001-002	10201
F2-EP-J02-001-003	3929
F2-EP-J02-001-003	1302
F2-EP-J02-001-003	12660
F2-EP-J02-001-004	6223
Item 10	

DRIVE WHEEL, 63.215 600 - FOR ECE-20G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-004	12184
F2-EP-J02-001-005	3912
F2-EP-J02-001-005	1320
F2-EP-J02-001-005	5992

Item 11	
DRIVE WHEEL 055348000, FOR MIC/A-200	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-011-001	2678
F2-EP-J02-011-001	4739
F2-EP-J02-011-001	3818

Item 12	
LOAD WHEEL 63.213130- FOR ETVA 16GE	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EF-J02-003-001	3345
F2-EF-J02-003-001	619
F2-EF-J02-003-001	4154
F2-EF-J02-003-001	5633

Item 13	
SUPPORT WHEEL 07 626 480-FOR EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-008-001	3501
F2-EP-J02-008-001	6297
F2-EP-J02-008-001	3753
F2-EP-J02-008-002	552
F2-EP-J02-008-002	3000
F2-EP-J02-008-002	1513
F2-EP-J02-008-002	7879
F2-EP-J02-008-002	2317

Lampiran 1 (lanjutan)

Item 14	
LOAD WHEEL 27 631 330 /EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-003-001	407
F2-EP-J02-003-001	422
F2-EP-J02-003-001	1715
F2-EP-J02-003-001	644
F2-EP-J02-003-001	6391
F2-EP-J02-003-001	1222
F2-EP-J02-003-001	1222
F2-EP-J02-003-001	1650
F2-EP-J02-003-001	3089
F2-EP-J02-004-001	986
F2-EP-J02-004-001	903
F2-EP-J02-004-001	510
F2-EP-J02-004-001	2701
F2-EP-J02-004-001	3568
F2-EP-J02-004-001	319
F2-EP-J02-004-001	1077
F2-EP-J02-004-001	8568
F2-EP-J02-004-002	1801
F2-EP-J02-007-001	1288
F2-EP-J02-007-001	23
F2-EP-J02-007-001	712
F2-EP-J02-007-001	17
F2-EP-J02-007-001	1772
F2-EP-J02-007-001	3790
F2-EP-J02-007-001	279
F2-EP-J02-007-001	202
F2-EP-J02-007-001	122
F2-EP-J02-007-001	46
F2-EP-J02-007-001	516
F2-EP-J02-007-001	353
F2-EP-J02-007-001	51
F2-EP-J02-007-001	419
F2-EP-J02-007-001	1812
F2-EP-J02-007-001	1652
F2-EP-J02-007-001	174
F2-EP-J02-007-001	943

Item 14	
LOAD WHEEL 27 631 330 /EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-007-002	1590
F2-EP-J02-007-002	1541
F2-EP-J02-007-002	3251
F2-EP-J02-007-002	74
F2-EP-J02-007-002	199
F2-EP-J02-007-002	5879
F2-EP-J02-007-002	3453
F2-EP-J02-008-001	8542
F2-EP-J02-008-001	3799
F2-EP-J02-008-002	552
F2-EP-J02-008-002	12919
F2-EP-J02-008-002	1442
F2-EP-J02-008-002	2046
F2-EP-J02-009-001	1635
F2-EP-J02-009-001	162
F2-EP-J02-009-001	2687
F2-EP-J02-009-001	3870
F2-EP-J02-009-001	8593

Lampiran 1 (lanjutan)

Item 15	
SUPPORT WHEEL, 27.634 500, FOR EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-003-001	407
F2-EP-J02-003-001	880
F2-EP-J02-003-001	12386
F2-EP-J02-003-001	3089
F2-EP-J02-004-001	2399
F2-EP-J02-004-001	3026
F2-EP-J02-004-001	168
F2-EP-J02-004-001	8545
F2-EP-J02-004-001	8568
F2-EP-J02-004-002	1801
F2-EP-J02-004-002	157
F2-EP-J02-007-001	760
F2-EP-J02-007-001	1077
F2-EP-J02-007-001	2556
F2-EP-J02-007-001	168
F2-EP-J02-007-002	2319
F2-EP-J02-007-002	2676
F2-EP-J02-007-002	71
F2-EP-J02-007-002	5249
F2-EP-J02-007-002	40
F2-EP-J02-007-002	405
F2-EP-J02-007-002	185
F2-EP-J02-007-002	7474
F2-EP-J02-007-002	3160
F2-EP-J02-007-002	707
F2-EP-J02-009-001	1798
F2-EP-J02-009-001	4112
F2-EP-J02-011-001	7417
F2-EP-S10-001-002	3020

Item 15	
SUPPORT WHEEL, 27.634 500, FOR EJC-15G	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-S10-001-002	926
F2-EP-S10-001-002	1670
F2-EP-S10-002-001	7021
F2-EP-S10-002-002	6049

Item 16	
KING PIN KIT 3EB 24-05060	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-DF-K10-005-001	9462
F2-DF-K10-006-002	4792
F2-DF-K10-006-002	2556
F2-DF-K10-006-002	590
F2-DF-K10-006-002	938
F2-DF-K10-006-002	2046
F2-DF-K10-006-002	447
F2-DF-K10-006-002	499
F2-DF-K10-006-002	832
F2-DF-K10-006-002	732
F2-DF-K10-006-002	2932
F2-DF-K10-006-002	1528
F2-DF-K10-006-002	342

Item 17	
LOAD WHEEL TANDEM PN. 27631400(wheel)	
<i>Equipment</i>	TBF
F2-EP-J02-001-002	969
F2-EP-J02-001-003	1205
F2-EP-J02-001-003	6815
F2-EP-J02-001-003	3744

(Sumber: Facility, Maintenance, and Investment Department)

Lampiran 2

Uji Goodness of Fit Distribusi Weibull Dua Parameter Item 1

F2-DF-K10-004-(001,002)						
No	Waktu TBF	t_i	$X_i = \ln(t_i)$	$X_{(i+1)} - X_i$	M_i	$\frac{(X_{(i+1)} - X_i)}{M_i}$
1	3535.714286	672.3809524	6.510825073	0.722458421	1.048411	0.689098474
2	672.3809524	1384.761905	7.233283494	0.0284765	0.522769	0.054472435
3	1644.285714	1424.761905	7.261759994	0.143301358	0.39141	0.366115731
4	1424.761905	1644.285714	7.405061353	0.042245828	0.314705	0.134239457
5	1715.238095	1715.238095	7.447307181	0.133392571	0.273245	0.488179367
6	2185.238095	1960	7.580699752	0.108780317	0.251386	0.432722258
7	3228.095238	2185.238095	7.68948007	0.00673257	0.243928	0.027600643
8	2567.142857	2200	7.696212639	0.154336191	0.251548	0.613545691
9	2200	2567.142857	7.850548831	0.229098702	0.283879	0.80702941
10	1384.761905	3228.095238	8.079647533	0.091023086	0.389071	0.233949809
11	1960	3535.714286	8.170670619			

3.846953276

2.114847811

S Uji	0.549746165
S Tabel	0.74
S	ya

F2-DF-T05-001-(001,002,003)						
No	Waktu TBF	t_i	$X_i = \ln(t_i)$	$X_{(i+1)} - X_i$	M_i	$\frac{(X_{(i+1)} - X_i)}{M_i}$
1	3877.619048	99.52380952	4.600396907	1.88967608	1.044137	1.809797067
2	1951.904762	658.5714286	6.490072987	0.960560139	0.547721	1.753739841
3	1812.380952	1720.952381	7.450633126	0.051763577	0.385338	0.134332915
4	99.52380952	1812.380952	7.502396703	0.074164273	0.307221	0.241403656
5	1720.952381	1951.904762	7.576560976	0.3025142	0.263737	1.147029805
6	2641.428571	2641.428571	7.879075175	0.158237196	0.238797	0.66264315
7	6125.714286	3094.285714	8.037312371	0.225664225	0.226264	0.997349226
8	658.5714286	3877.619048	8.262976597	0.095276687	0.224477	0.424438526
9	4439.047619	4265.238095	8.358253284	0.039941848	0.23563	0.169510879
10	4265.238095	4439.047619	8.398195132	0.072505254	0.269966	0.268571798
11	4772.857143	4772.857143	8.470700386	0.24955026	0.375386	0.664783078
12	3094.285714	6125.714286	8.720250647			

8.27359994

3.187296656

S Uji	0.38523698
S Tabel	0.68
S	ya

Lampiran 2 (lanjutan)

F2-DF-K10-006-(001,002)						
No	Waktu TBF	t_i	$X_i = \ln(t_i)$	$X_{(i+1)} - X_i$	M_i	$\frac{(X_{(i+1)} - X_i)}{M_i}$
1	3963.333333	248.0952381	5.513812697	1.062789507	1.044137	1.017864042
2	1988.571429	718.0952381	6.576602204	0	0.544721	0
3	2154.285714	718.0952381	6.576602204	0.805314715	0.385338	2.089891769
4	2735.238095	1606.666667	7.381916918	0.009145955	0.307221	0.029769955
5	1621.428571	1621.428571	7.391062874	0.052907263	0.263737	0.200606145
6	5319.52381	1709.52381	7.443970137	0.151201648	0.238797	0.633180685
7	1709.52381	1988.571429	7.595171785	0.080042708	0.226264	0.353758033
8	248.0952381	2154.285714	7.675214493	0.238759273	0.224477	1.063624663
9	718.0952381	2735.238095	7.913973766	0.128863481	0.235563	0.546889112
10	1606.666667	3111.428571	8.042837247	0.242003454	0.269966	0.89642197
11	3111.428571	3963.333333	8.284840701	0.294298368	0.375356	0.784051321
12	718.0952381	5319.52381	8.579139069			

7.616057696

4.277925785

S Uji	0.561698185
S Tabel	0.68
S	ya

F2-DF-K10-005-001						
No	Waktu TBF	t_i	$X_i = \ln(t_i)$	$X_{(i+1)} - X_i$	M_i	$\frac{(X_{(i+1)} - X_i)}{M_i}$
1	4544.285714	364.7619048	5.899244825	1.164292456	1.115718	1.043536499
2	364.7619048	1168.571429	7.063537281	0.599445324	0.645384	0.928819623
3	1168.571429	2128.095238	7.662982604	0.118851558	0.532445	0.223218469
4	2128.095238	2396.666667	7.781834162	0.639791674	0.583273	1.096899177
5	2396.666667	4544.285714	8.421625836			

3.292473768

1.320117646

S Uji	0.400950088
S Tabel	0.86
S	ya

Lampiran 3

Perhitungan Parameter dan Laju Kerusakan Item 1

F2-DF-K10-004-(001,002)							
No	TBF	ti	Xi=ln(ti)	R (ti)	Yi	XiYi	Xi^2
1	3535.7143	672.381	6.510825	0.938596	-2.75877	-17.9619	42.39084
2	672.38095	1384.762	7.233283	0.850877	-1.82333	-13.1886	52.32039
3	1644.2857	1424.762	7.26176	0.763158	-1.30826	-9.50026	52.73316
4	1424.7619	1644.286	7.405061	0.675439	-0.93549	-6.92737	54.83493
5	1715.2381	1715.238	7.447307	0.587719	-0.63204	-4.707	55.46238
6	2185.2381	1960	7.5807	0.5	-0.36651	-2.77842	57.46701
7	3228.0952	2185.238	7.68948	0.412281	-0.12098	-0.93028	59.1281
8	2567.1429	2200	7.696213	0.324561	0.118032	0.908402	59.23169
9	2200	2567.143	7.850549	0.236842	0.364894	2.86462	61.63112
10	1384.7619	3228.095	8.079648	0.149123	0.643424	5.198637	65.2807
11	1960	3535.714	8.170671	0.061404	1.026145	8.384292	66.75986

$$m = 2.406575$$

$$c = -18.669$$

$$\beta = m = 2.406575$$

$$\alpha = e^{-(c/\beta)} = 2339.072$$

$$\lambda = 0.000428$$

$$H = 0.000364$$

F2-DF-T05-001-(001,002,003)							
No	TBF	ti	Xi=ln(ti)	R (ti)	Yi	XiYi	Xi^2
1	3877.619	99.52381	4.600397	0.943548	-2.84546	-13.0902	21.16365
2	1951.9048	658.5714	6.490073	0.862903	-1.91425	-12.4236	42.12105
3	1812.381	1720.952	7.450633	0.782258	-1.40417	-10.462	55.51193
4	99.52381	1812.381	7.502397	0.701613	-1.0374	-7.78302	56.28596
5	1720.9524	1951.905	7.576561	0.620968	-0.74134	-5.61679	57.40428
6	2641.4286	2641.429	7.879075	0.540323	-0.48518	-3.82274	62.07983
7	6125.7143	3094.286	8.037312	0.459677	-0.25202	-2.02555	64.59839
8	658.57143	3877.619	8.262977	0.379032	-0.03032	-0.25054	68.27678
9	4439.0476	4265.238	8.358253	0.298387	0.190094	1.588856	69.8604
10	4265.2381	4439.048	8.398195	0.217742	0.42163	3.540933	70.52968
11	4772.8571	4772.857	8.4707	0.137097	0.68666	5.816494	71.75277
12	3094.2857	6125.714	8.720251	0.056452	1.055834		

$$m = 0.936682$$

$$c = -7.69113$$

$$\beta = m = 0.936682$$

$$\alpha = e^{-(c/\beta)} = 3681.341$$

$$\lambda = 0.000272$$

$$H = 0.000282$$

Lampiran 3 (lanjutan)

F2-DF-K10-006-(001,002)							
No	TBF	ti	$X_i = \ln(t_i)$	R (ti)	Yi	$X_i Y_i$	X_i^2
1	3963.3333	248.0952	5.513813	0.943548	-2.84546	-15.6893	30.40213
2	1988.5714	718.0952	6.576602	0.862903	-1.91425	-12.5892	43.2517
3	2154.2857	718.0952	6.576602	0.782258	-1.40417	-9.23467	43.2517
4	2735.2381	1606.667	7.381917	0.701613	-1.0374	-7.65803	54.4927
5	1621.4286	1621.429	7.391063	0.620968	-0.74134	-5.47927	54.62781
6	5319.5238	1709.524	7.44397	0.540323	-0.48518	-3.61163	55.41269
7	1709.5238	1988.571	7.595172	0.459677	-0.25202	-1.91412	57.68663
8	248.09524	2154.286	7.675214	0.379032	-0.03032	-0.23272	58.90892
9	718.09524	2735.238	7.913974	0.298387	0.190094	1.504401	62.63098
10	1606.6667	3111.429	8.042837	0.217742	0.42163	3.391103	64.68723
11	3111.4286	3963.333	8.284841	0.137097	0.68666	5.688871	68.63859
12	718.09524	5319.524	8.579139	0.056452	1.055834		

$$m = 1.315057$$

$$c = -10.2803$$

$$\beta = m = 1.315057$$

$$\alpha = e^{-(c/\beta)} = 2483.343$$

$$\lambda = 0.000403$$

$$H = 0.000381$$

F2-DF-K10-005-001							
No	TBF	ti	$X_i = \ln(t_i)$	R (ti)	Yi	$X_i Y_i$	X_i^2
1	4544.28571	364.7619	5.899245	0.87037	-1.97446	-11.6478	34.80109
2	364.761905	1168.5714	7.063537	0.685185	-0.97269	-6.8706	49.89356
3	1168.57143	2128.0952	7.662983	0.5	-0.36651	-2.80858	58.7213
4	2128.09524	2396.6667	7.781834	0.314815	0.144767	1.126556	60.55694
5	2396.66667	4544.2857	8.421626	0.12963	0.714455	6.016877	70.92378

$$m = 1.0765826$$

$$c = -8.4208277$$

$$\beta = m = 1.0765826$$

$$\alpha = e^{-(c/\beta)} = 2494.423 \quad \text{MTBF} = 2120.476$$

$$\lambda = 0.0004009$$

$$H = 0.0003954$$

Lampiran 4
Pemilihan Suku Cadang Kritis Forklift Kelas A dan B

Material	Material description	Q	Amt.in loc.cur.	% Cum.
PSD01019	ARM JAW, LOCK TURNING DEVICE	50	55100000	9,51
PGNG00026	FREON R22 " DUPONT"	570,45	33333592	15,26
PELG00098	REFRIGERATOR COMP.1.5 Pk-Type.2KS 220D	11	21175000	18,91
PELG00101	REFRIGERATOR COMP.2.5 Pk-Type.2JS 442D	7	19250000	22,23
PM110051	WELDING CABLE 1-CORE, 1X250/2,4.MTR LONG	7	17110417	25,18
PA203002	TOGGLE SWITCH, PN 15512101	36	16128000	27,96
PECG00017	TIRE SIZE 6.50 x 10.10 PR	28	15532974	30,64
PECG00020	TIRE&INNER TUBE 28 x 9 -15 "BRIDGESTONE"	9	15465000	33,31
PA201014	ELECTRODE HOLDER, UPPER 00 262 636	3	15410253	35,97
PECJ02011	DRIVE WHEEL PN.63138420	1	14844990	38,53
PC201041	REGULATOR, GAS CO2, 25-7-HARRIS	13	14305067	41,00
PECS09010	DRIVE WHEEL 343/136 PN. 83 652 35	2	13880262	43,39
PR101003	BRENNER KPL. 4M. 0311 15123-2	9	11822819	45,43
PSR01014	CAP NUT, M18 X 1,5, M 150 251 "PK 560"	35	11241642	47,37
PP301011	HEATER ELEMENT 4 x 6KW/380V, (Thread)	11	10560000	49,19
PJ201013	LOAD WHELL 63.13124-FOR ETVA 12,5G	2	9744350	50,88
PELG00099	REFRIGERATOR COMP.2 Pk- Type.2JS 356D	4	9120000	52,45
PD201093	DBL.SWITCHING ELEMENT.874810 44/ SED 2D	4	8688748	53,95
PGNG00009	CERAMIC TILE 3342. 300 x 300 mm	137	7477500	55,24
PECG00002	ELECTRODE WELD. ALLOYS TSP SIL 130 FC	56	7315000	56,50
PECS09007	WHEEL VULLCOLAN PN.8 097 158	4	7023247	57,71
PJ201007	DRIVE WHEEL 63 210 590 (EJC 12,5)	3	6995559	58,92
PJ201020	LOAD WHEEL, 27.631 320 - FOR ECE-20G	14	6803228	60,09
PJ201022	SUPPORT WHEEL, 27.637 400/ FOR ECE-20G	5	6708123	61,25
PELG00100	REFRIGERATOR COMP.1 Pk- Type.2PS 134D	4	6600000	62,39
PA201030	ELECTRODE HOLDER, LOWER 00 262 652	1	6243558	63,46
PJ201015	DRIVE WHEEL 63.18548-FOR EJC-15G	3	6185168	64,53
PT301001	COLLET D5, PN. M 066 684 FOR "PK 650"	21	5931206	65,55
PECS09008	LOAD WHEEL 310/102 PN. 83 653 02	1	5830038	66,56
PGNG00060	PLINCOATE	70	5797450	67,56
PJ201021	DRIVE WHEEL, 63.215 600 - FOR ECE-20G	3	5681364	68,54
PM301015	DRIVE WHEEL 055348000, FOR MIC/A-200	2	5607231	69,51
PECG00016	TIRE SIZE 28 x 9 - 15.12 PR	5	5454500	70,45
PSR01010	INSULATING SOCKET, M 076 739, "PK650"	18	5448610	71,39
PA201031	ELECTRODE HOLDER, LOWER 00 262 655	1	5405415	72,32
PT201017	COLLET D6 x 39, M 150 426, "PK 560"	27	5145262	73,21
PSR01019	COLLET Dia 5 MM X 39, M 150 421 "PK 560"	26	5115848	74,09
PM102067	ELEK.AUFNAHM F7 0450 0088 710 (5.10.1)	4	4732551	74,91
PJ201014	LOAD WHEEL 63.213130- FOR ETVA 16GE	1	4725475	75,72
PK101021	TRIGGER GUN 4 775-026.0	4	4490315	76,50
PJ201016	SUPPORT WHEEL 07 626 480-FOR EJC-15G	6	4432882	77,26
PECJ02023	SUPPORT WHEEL PN. 71840120	2	4394977	78,02
PECG06001	Threaded Mandrel GBM95 910, M5 -7279124	18	4253502	78,75
PJ201012	LOAD WHEEL 27 631 330 /EJC-15G	7	4181327	79,48
PM301009	SELENOID VLV,TEA1400-A160N, 200082 140	4	4129256	80,19

Lampiran 4 (lanjutan)

Material	Material description	Q	Amt.in loc.cur.	% Cum.
PJ201023	SUPPORT WHEEL, 27.634 500, FOR EJC-15G	9	4033548	80,88
PF101192	GEAR HOUSING 3 12 06 091 039	2	3811071	81,54
PGNG00088	Asphalt	400	3500000	82,15
PF101182	STATOR. 5 1 829 001 16 5	3	3309338	82,72
PC201042	REGULATOR, GAS OXYGEN 25-700	4	3297240	83,29
PT301002	COLLET D6, PN. M 062 379 "PK600"	20	3104193	83,82
PK201005	KING PIN KIT 3EB 24-05060	5	3037500	84,34
PSD01005	QUICK-ACT.CHUCK 16 /B16- 6 32 04 025 003	5	2960643	84,86
PM104091	ELEKT. HALTER F7 0450 0087 415. 90	3	2884044	85,35
PA201040	ELECTRODE HOLDER, UPPER P 911 001 054	1	2708781	85,82
PA301057	ROTOR 4112 0978 00/LST 30-S90	2	2583557	86,27
PP301001	HEATER ELEMENT 3 x 6 KW380V. (Flange)	2	2460000	86,69
PM301022	DRIVE WHEEL 058 259 000. MIC 220C/SILIC	2	2401844	87,10
PK101056	H-PRESSURE HOSE 10 M. 6 388-083	1	2166696	87,48
PC101005	PRESSURE REGULATOR EIR 400-SCM	1	2088730	87,84
PGNG00087	Cement 50 Kg	36	1800000	88,15
PGNG00089	Concrete Sand	6	1800000	88,46
PECS09006	ROLLER CPL. DIA 86,5 MM PN. 8 190 121	4	1781619	88,77
PECJ02003	CONTACT SET (REPAIR KIT) 28 524 290	2	1762771	89,07
PC201039	REGULATOR, GAS ARGON TYPE 801-13LM	2	1740590	89,37
PGNG00011	CERAMIC TILE 3343. 300 x 300 mm	34	1700000	89,66
PM105017	SCHWENK. NAHME B8 8371 0052 828.	1	1589047	89,94
PA203004	MICRO SWITCH, PN 15553111	2	1545300	90,21
PD201090	SWITCHING ELEMENT. 874195 44/ SES 2	4	1538240	90,47
PA301055	CYLINDER 4112 0976 80/LST 30-S90	1	1512893	90,73
PA203003	DEFAULT BOTTON KIT, PN 40198122	1	1502800	90,99
PECJ02019	ROLLER BEARING PN. 27815110	1	1483809	91,25
PSD01004	QUICK-ACT.CHUCK 13/B12 - 6 32 04 028 008	5	1481753	91,50
PF101138	ROTOR. 3 35 02 046 019	3	1391636	91,74
PECJ02017	LOAD WHEEL TANDEM PN. 27631400(wheel)	2	1363714	91,98
PK301005	COUPLING PUMP, B110. COMPLETE	7	1348000	92,21
PA301054	END PLATE 4112 0717 00/LST 30-S90	2	1339661	92,44
PA201039	ELECTRODE HOLDER, UPPER P 911 001 053	1	1336170	92,67
PF101190	GEAR HOUSING. 3 12 06 091 008	2	1331041	92,90
PM102005	ELEKTRODE F3 6500 0357 033 (5.2.1)	30	1315198	93,13
PI102003	REAR END PLATE 231-12 (For Type.231)	7	1226327	93,34
PF101176	STATOR. 5 1 802 001 160	1	1210813	93,55
PG201104	REPAIR KIT 238-286 "GRACO"	2	1207843	93,76
PGNG00010	CERAMIC TILE 33125. 300 x 300 mm	24	1176432	93,96
PECG06002	Threaded Mandrel GBM95 910, M6 -7279132	5	1173984	94,16
PK301002	RUBBER COUPLING B110, SET OF 6 PCS	18	1143600	94,36
PR101048	GASDUSE 12 MM. 0886 08150-0	32	1093281	94,55
PST01003	COLLET,CHUCK M5. 82.50.05, FOR HBS.STUD	8	1049941	94,73
PECN03002	CARBON BRUSH MOTOR Pn. 56503003	2	1044646	94,91
PSD01022	TEST PEN 100-500 VOLT "PHILLIPS"	69	1035000	95,09
PGNG00012	CERAMIC TILE 3306. 300 x 300 mm	19	1033810	95,27

Lampiran 4 (lanjutan)

Material	Material description	Q	Amt.in loc.cur.	% Cum.
PSR01006	FLASH SHIELD D25 X 53, M 062 366 "PK650"	3	978721	95,44
PST01004	COLLET.CHUCK M6. 82.50.06, FOR HBS.STUD	9	965531	95,60
PGNG00003	AQUASEAL BLACK	24	960000	95,77
PG201105	REPAIR KIT 205-647 "GRACO"	2	857569	95,92
PR101047	KONTAKROHRNAHME. 0886 06481-2	22	844271	96,06
PSB01029	BALL BEARING 6205-2Z	31	796136	96,20
PECG00009	INNER TUBE, SIZE 6.50 X 10	19	765093	96,33
PI102004	FRONT END PLATE 231-11(FOR TYPE.231)	5	756000	96,46
PK301006	COUPLING PUMP B140, COMPLETE	2	720000	96,59
PSR01018	LOADING PIN ISOL, M 156 234, "PK 650"	1	701065	96,71
PSD01002	3-JAW CHUCK 10 MM/ B12" 6 32 02 028 019	4	620998	96,81
PT301003	FLASH SHIELD D25, PN. M 0 62 364 "PK 600"	2	614139	96,92
PR101049	KONTAKTROHRE 1,0. 0886 23021-0	45	593063	97,02
PR101032	ISOLIERHULSE. 0851 06467-0	38	553107	97,12
PA301056	VANE KIT 4112 0977 90/LST 30-S90	2	548521	97,21
PK201001	BOLT, SERRATION 34B-24-11221	14	521673	97,30
PECG00008	INNER TUBE, SIZE 28 X 9 - 15	2	470000	97,38
PSB01013	BALL BEARING 6201-2Z	26	465206	97,46
PF101083	MOTOR HOUSING 3 19 01 062 009	2	439769	97,54
PJ202015	SILVER CONTACT 28.515 230/ ETV-A12,5G	2	430275	97,61
PSV01028	V-BELT 13 X 1400, CONTINENTAL	4	412000	97,68
PR101031	SIGNAL LAMP 380V. 0830 10238-1	4	407481	97,76
PR101021	UEBERWURFMUTTER. 0812 06229-0	22	393865	97,82
PA203005	MALE PLUG, PN 15443153	2	386750	97,89
PSB01068	BALL BEARING EE-4	5	375000	97,95
PK201004	CENTRE BEARING KIT 3EB 24-05050	1	350000	98,01
PR101029	STROMKABELSTECKER. 0837 10231-2	8	347576	98,07
PGNG00038	LOCKCASE FRAMED-119L/1400-F2 (ALMN)	2	346000	98,13
PJ201035	SWITCH 28 527 310, ECE-A20G	1	338647	98,19
PF101026	SWITCH,REPAIR SET 3 07 01 133 017	2	322523	98,25
PSB01018	BALL BEARING 6202-2Z	23	312596	98,30
PP101019	NUT RING 9321 313	2	311600	98,36
PSV01021	V-BELT 12,5 X 1175, CONTINENTAL	4	306500	98,41
PSB01030	BALL BEARING 6305-2Z	8	306264	98,46
PSD01023	CLAMPS, GROUND CABLE GC-200A "TWICO"	12	301920	98,51
PWG01017	CAP ADAPTOR TWS-092-90, 4-230975	2	298800	98,57
PJ201038	CONTACTOR 28 526 970, ECE-A20G	1	298155	98,62
PSV01029	V-BELT 9,5 X 1425	5	293524	98,67
PK201006	STARTER, SWITCH 3EB-55-1180	1	292500	98,72
PSD01008	QUICK-ACT.CHUCK.13 /B16- 6 32 04 017 001	1	272249	98,77
PI102010	VANE PACKET (SET OF 6) 231-42-6 Type 231	2	266000	98,81
PM102032	ELEKT.SCHAFT F7 0450 0027 116. (5.6.3)	4	252000	98,85
PK201007	BUSHING AXLE, 34A-42-11411	2	248220	98,90
PG201106	REPAIR KIT 237-498 "GRACO"	1	245749	98,94
PSD01010	3-JAW CHUCK 16 MM/ B16- 6 32 02 037 010	1	243360	98,98
PECG00010	INNER TUBE, SIZE 8.25 X 15	2	240000	99,02

Lampiran 4 (lanjutan)

Material	Material description	Q	Amt.in loc.cur.	% Cum.
PSB01041	BALL BEARING 6009-2Z	4	233200	99,06
PSB01020	BALL BEARING 6203-2Z	9	221645	99,10
PSD01003	3-JAW- CHUCK 8 MM/ B10- 6 32 02 043 010	3	217800	99,14
PJ201006	SUPPORT WHEEL, VULCANIZED, EJC-12,5GG	1	215000	99,18
PSB01038	BALL BEARING 6306-2Z	6	201226	99,21
PI103004	END PLATE GASKET 231-238 (FOR 2903)	8	197600	99,24
PSV01037	V-BELT 17 X 1150, CONTINENTAL	3	191550	99,28
PK301004	COUPLING PUMP B95, COMPLETE	1	170000	99,31
PSB01085	BALL BEARING 6311-2Z	1	165250	99,34
PF101032	SWITCH OFF 3 07 01 105 003	2	165128	99,36
PP101010	HIGH PRESSURE RING 9319 308	2	164593	99,39
PSV01008	V-BELT 12,5 X 1025	3	164555	99,42
PSB01039	BALL BEARING 6307-2Z	2	134000	99,44
PP101014	HIGH PRESSURE RING 9319 317	1	130111	99,47
PSB01096	ROLLER BEARING 32209-A	1	129600	99,49
PSB01012	BALL BEARING 6001-2Z	9	123731	99,51
PA102042	BULB, OPERATING PANEL18V/2W/D	5	120120	99,53
PD201100	RUBBER CAP 874 04544	6	117632	99,55
PSB01083	BALL BEARING 6310-2Z	1	116000	99,57
PSB01010	BALL BEARING 6200-2Z	8	114960	99,59
PK301003	RUBBER COUPLING B140, SET OF 7 PCS	6	114000	99,61
PSB01024	BALL BEARING 6204-2Z	5	108040	99,63
PSB01015	BALL BEARING 6301-2Z	6	97800	99,65
PSB01028	BALL BEARING 6005-2Z	4	94000	99,66
PSD01011	DRILL CHUCK 13MM/THREAD 1/2X20G.	1	92925	99,68
PK201008	SHIM, 304-27-31500	2	90000	99,69
PSB01016	BALL BEARING 6002-2Z	6	88052	99,71
PSV01011	V-BELT 12,5 X 1325	1	85975	99,72
PP101022	NUT RING 9321 602	2	79360	99,74
PSB01005	BALL BEARING 627-2Z	8	79200	99,75
PP101016	NUT RING 9321 306	2	76456	99,76
PSV01010	V-BELT 12,5 X 1125 "Continental"	1	73000	99,78
PSB01036	BALL BEARING 6300-2Z	4	72000	99,79
PSB01037	BALL BEARING 6206-2Z	2	71704	99,80
PSB01081	BALL BEARING 6006-2Z	3	71550	99,81
PF101012	Cover 3 24 27 064 003	2	60576	99,82
PSB01095	ROLLER BEARING 30207-A	1	52469	99,83
PSB01021	BALL BEARING 6303-2Z	3	51315	99,84
PR101035	WIPPSCHALTER 380V-ROT.0838.15969-1	1	50428	99,85
PK201003	NUT, HUB 300-22-31241	6	48600	99,86
PSB01025	BALL BEARING 6304-2Z	2	46400	99,87
PR101057	BUCHSE DIX 50E. 0838 10231-1	1	45945	99,88
PSB01031	BALL BEARING 6302-2Z	3	44456	99,88
PM102073	ELEKT. SCHAFT F7 0450 0027 132. (5.6.3)	3	43551	99,89
PK301007	RUBBER COUPLING B160, SET OF 7 PCS	2	42000	99,90

Lampiran 4 (lanjutan)

Material	Material description	Q	Amt.in loc.cur.	% Cum.
PK301001	RUBBER COUPLING B95, SET OF 6 PCS	2	41350	99,91
PK301010	RUBBER COUPLING B80, SET OF 6 PCS	2	40950	99,91
PSD01021	ARC-WELDING ELECTRODE HOLDER	2	40000	99,92
PSV01033	V-BELT 12,5 X 1725	3	37500	99,93
PSV01034	V-BELT 17 X 1372	1	37500	99,93
PIB01004	FRONT ROTOR BEARING 4U-97	2	37233	99,94
PSB01006	BALL BEARING 608-2Z SKF	3	33000	99,94
PSB01004	BALL BEARING 607-2Z	3	32400	99,95
PM102081	ELEKTRODE F3 6500 0357 064. (5.3.2)	1	31510	99,96
PA301051	VALVE 4112 0706 00 /LST 30-S90	1	28500	99,96
PM102055	ELEKT.SCHAFT F3 0450 0027 131.(5.6.3)	2	28066	99,97
PSB01049	ROLL BEARING NA 4909	1	27130	99,97
PM102030	ELEKT. SCHAFT F7 0450 0027 086. (5.6.1)	1	23550	99,97
PSB01080	BALL BEARING 16006	2	22780	99,98
PSB01003	BALL BEARING 626-2Z	4	19288	99,98
PJ202018	FUSE 28.516 730/ ETV-A12,5G	1	16292	99,98
PSB01009	BALL BEARING 6000-2Z (027740)	1	13197	99,99
PWG01009	ELEKTRODE 4-285336.FOR XO2-1-1855	1	12950	99,99
PSV01007	V-BELT 12,5 X 900 (BANDO A34)	2	12600	99,99
PSV01015	V-BELT 12,5 X 1250	1	12333	99,99
PF101120	TRIGGER 3 28 05 083 001	4	12017	99,99
PSV01009	V-BELT 12,5 X 1050	1	11013	100,00
PM110010	SCHEIBE 40 PZN.40.23	4	8816	100,00
PF101064	CABLE SLEEVE 3 14 13 164 009	4	8014	100,00
PF101220	AIR CONDUCTING 3 14 28 029 001	2	1678	100