



TESIS - 185471

**PENGELOLAAN SPARE PARTS INVENTORY DENGAN
METODE CONTINUOUS REVIEW, PERIODIC REVIEW
DAN RELIABILITY DI WAREHOUSE PT. XYZ**

DEDY ERMAWANTO
02411850077017

DOSEN PEMBIMBING
Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TESIS - 185471

**PENGELOLAAN SPARE PARTS INVENTORY DENGAN
METODE CONTINUOUS REVIEW, PERIODIC REVIEW
DAN RELIABILITY DI WAREHOUSE PT. XYZ**

DEDY ERMAWANTO
02411850077017

DOSEN PEMBIMBING
Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DEDY ERMAWANTO

NRP: 02411850077017

Tanggal Ujian: 5 Agustus 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing:

1. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 197504081998022001

Pengaji:

1. Prof. Ir. Moses Laksono Singgih.,M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D.

NIP: 195908171987031002

2. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 198407062009122007

Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



Nurhadi Ciswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D

NIP: 197005231996011001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGELOLAAN SPARE PARTS INVENTORY DENGAN METODE CONTINUOUS REVIEW, PERIODIC REVIEW DAN RELIABILITY DI WAREHOUSE PT. XYZ

Nama Mahasiswa : Dedy Ermawanto
Mahasiswa ID : 02411850077017
Pembimbing : Nani Kurniati., S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan di pulau Jawa. Peralatan produksi beroperasi secara berkelanjutan 24 jam untuk memenuhi permintaan konsumen. Salah satu hal yang memainkan peranan penting dalam *maintenance* peralatan utama produksi adalah ketersediaan *spare parts*. Karena permintaan untuk *spare parts* tidak diketahui terlebih dahulu secara pasti, maka harus disimpan di *warehouse*. Kondisi tersebut dapat memicu meningkatnya *inventory spare parts*. Di satu sisi ketersediaannya tetap dijaga untuk mengurangi biaya *downtime*, di sisi yang lain jumlahnya mempengaruhi biaya *inventory*. Permasalahan yang terjadi di *warehouse* PT. XYZ adalah tingkat ketersediaan *spare parts* yang sering terjadi *stockout* dan *overstock*. Peralatan utama berhenti karena *stockout* dari periode September 2017 sampai dengan September 2019 sebesar 790 jam atau setara dengan kerugian produksi sebesar IDR 128,9 Miliar. Di *warehouse* ada 1.111 item *stock number spare parts*, dengan nilai *inventory* di bulan September 2017 sebesar IDR 932,47 juta yang kemudian naik sebesar 87 kali sehingga *inventory* di bulan September 2019 sebesar IDR 81,91 miliar. Pengendalian *inventory* selama ini dilakukan dengan metode *min-max*, dimana formula untuk menentukan minimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis, sedangkan maksimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis ditambah dengan 70% *average* (rata-rata) dari *demand* historis, *reorder point* menggunakan acuan minimal *stock*. Dengan metode diatas, dalam prakteknya ketersedian *spare parts* masih belum optimal. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah klasifikasi ADI-CV, klasifikasi ABC, simulasi Monte Carlo, *periodic review* (R, s, S), *continuous review* (s, Q), dan juga mempertimbangkan aspek *reliability*. Performansi yang diamati yaitu *service level* dan total biaya persediaan. Hasil perbandingan *service level* dan total biaya persediaan antara kondisi awal perusahaan dengan berbagai metode tersebut untuk *spare parts* rutin (*consumable*) mengindikasikan kenaikan *service level* 3,08% dan adanya penghematan sebesar 41,40%, kemudian untuk *spare parts* non rutin terjadi kenaikan *service level* 6,54% dan adanya penghematan sebesar 23,88%. Penghematan yang dilakukan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 18.381.122.900 (25,99%) dan kenaikan *service level* sebesar 4,81% menjadi 97,69%.

Kata Kunci : klasifikasi ADI-CV, klasifikasi ABC, simulasi Monte Carlo, *periodic review* (R, s, S), *continuous review* (s, Q), dan *reliability*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

SPARE PARTS INVENTORY MANAGEMENT USING CONTINUOUS REVIEW, PERIODIC REVIEW AND RELIABILITY METHODS IN WAREHOUSE PT. XYZ

Name : Dedy Ermawanto
NRP : 02411850077017
Supervisor : Nani Kurniati., S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

PT. XYZ is one of the companies engaged in mining in Java. Production equipment operates 24 hours a day to meet consumer demand. One of the things that plays an important role in the maintenance of main production equipment is the availability of spare parts. Because the demand for spare parts is not known in advance for certain, it must be stored in the warehouse. These conditions can trigger an increase inventory spare parts. On one hand, availability is maintained to reduce the cost of downtime, on the other hand the amount affects inventory costs. Problems that occur in the warehouse of PT. XYZ is the level of spare parts availability which often happens in stockout and overstock. The main equipment stopped because of the stockout from the period September 2017 to September 2019 amounting to 790 hours or equivalent to a production loss of IDR 128,9 billion. In the warehouse there are 1.111 item stock number spare parts, with an inventory value in September 2017 of IDR 932,47 million which then increased by 87 times so that inventory in September 2019 amounted to IDR 81,91 billion. Inventory control has been done so far using the min-max method, where the formula for determining minimum stock is the average of the historical demand, while the maximum stock is the average of the historical demand plus the 70% average from historical demand, reorder points use a minimum reference stock. With the method above, in practice the availability of spare parts still does not optimal. The method used in this research is the ADI-CV classification, ABC classification, Monte Carlo simulation, periodic review (R, s, S), continuous review (s, Q), and also consider aspects of reliability. The observed performance is service level and total inventory costs. The observed performance is service level and total inventory costs. The results of comparison of service level and total inventory costs between the existing conditions of the company with various methods for routine spare parts (consumables) indicate an increase in service level of 3,08% and a saving of 41,40%, then for non-routine spare parts an increase in service level 6,54% and savings of 23,88%. The savings made to the total inventory costs for all spare parts were 18.381.122.900 (25,99%) and the service level increase was 4,81% to 97,69%.

Keywords: ADI-CV classification, ABC classification, Monte Carlo simulation, periodic review (R, s, S), continuous review (s, Q), and reliability.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis dengan judul “*Pengelolaan Spare Parts Inventory dengan Metode Continuous Review, Periodic Review, dan Reliability di Warehouse PT. XYZ*”. Shalawat serta salam juga senantiasa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulisan laporan tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-2 (S-2) di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama penggeraan tesis ini, penulis telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini, yaitu:

1. Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan masukan, memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan tesis.
2. Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji pada seminar proposal.
3. Bapak Prof. Ir. Moses Laksono Singgih., M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D. dan Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji pada sidang akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem dan Industri, khususnya Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS, Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Dr.Eng. Erwin Widodo, S.T., M.Eng. selaku Ketua Prodi S-2 atas arahannya untuk pemyempurnaan tesis ini.
5. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang telah memberikan beasiswa selama menempuh pendidikan.
6. Bapak Kusno Andriyono, Mbak Anis atas bantuan pengambilan data di *warehouse*.

7. Mbak Rahayu Wijayanti, Mbak Fitri Nuraini Setiowati, dan seluruh staf administrasi Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS yang telah membantu proses administrasi pelaksanaan tesis.
8. Kedua orang tua penulis, Ibu Sri Lestari dan Bapak Sarno yang selalu mendoakan dengan ikhlak dan memberikan nasehat agar penggerjaan tesis ini berjalan dengan lancar, serta keluarga besar penulis.
9. Istri tercinta Dian Ristanti , ketiga putra putri kesayangan penulis (Anindya Dedyan Rahima, Pradipta Dedyan Reswara, dan Ainayya Dedyan Kirana) yang dengan kesabaran, penuh perhatian, selalu memberikan dukungan dan dorongan semangat selama penggerjaan tesis.
10. Bapak Heri Suryo Atmojo, S.T., M.T., Ph.d. selaku sabahat penulis atas banyak masukannya selama ini dan surat rekomendasinya.
11. Ibu Astutik Nur Qomariyah dari perpus pusat ITS atas bantuannya selama ini.
12. Mas Asrur, Mas Rizal, dan Mbak Christine atas bantuan dan kesediaan waktunya untuk berdiskusi selama penggerjaan tesis.
13. Teman-teman seperjuangan KKI SMI atas bantuannya selama ini.
14. Semua pihak terlibat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari sepenuhnya penggerjaan laporan tesis masih kurang dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran akan membantu dan memperbaiki laporan atau tugas-tugas yang lain kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan dalam laporan ini.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Surabaya, 11 Agustus 2020

Dedy Ermawanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	9
1.3. Tujuan Penelitian.....	9
1.4. Manfaat Penelitian.....	9
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	10
1.5.1. Batasan Penelitian.....	10
1.5.2. Asumsi Penelitian.....	10
1.6. Sistematika Penulisan.....	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. <i>Inventory</i>	13
2.2. ADI – CV.....	17
2.3. Biaya-Biaya Persediaan.....	18
2.4. Sistem Persediaan Probabilistik.....	20
2.4.1. <i>Transcation Reporting System (Continuous Review Model)</i>	20
2.4.1.1. <i>Order-Point, Order-Quantity (s, Q) System</i>	22
2.4.1.2. <i>Order-Point, Order-Up-to-Level (s,S) System</i>	23
2.4.2. <i>Periodic Review</i>	24
2.4.2.1. <i>Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R, S) System</i>	25
2.4.2.2. <i>(R, s, S) System</i>	26
2.5. <i>Reliability</i>	27
2.6. Perkiraan <i>Demand</i> dengan Metode Simulasi Monte Carlo.....	28

2.7. Perkiraan <i>Demand</i> dengan <i>Reliability</i>	28
2.8. Distribusi Probabilitas Keandalan	30
2.8.1 Distribusi Normal.....	30
2.8.2 Distribusi <i>Lognormal</i>	31
2.8.3 Distribusi <i>Weibull</i>	31
2.8.4 Distribusi <i>Eksponensial</i>	32
2.9. <i>Preventive Maintenance</i> dan <i>Reliability</i>	33
2.10. Klasifikasi <i>Replacement</i>	34
2.11. Tindakan Penggantian (<i>Replacement Decision</i>).....	34
2.12. <i>Preventive Replacement Age of An Item Subject to Breakdown</i>	36
2.13. Perhitungan Pengendalian Persediaan <i>Spare Parts</i> (Berdasarkan <i>Reliability</i>)..	37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1. Tahap Awal.....	40
3.2. Tahap Pengumpulan Data, Pengolahan Data, dan Tahap Analisis.....	40
3.3. Tahap Kesimpulan.....	41
BAB 4 PENGELOLAAN DATA <i>DEMAND INVENTORY</i>	43
4.1. Data Penggunaan <i>Spare Parts</i>	43
4.2. Klasifikasi <i>Spare Parts</i> dengan Analisis ADI-CV.....	45
4.3. Klasifikasi <i>Spare Parts</i> dengan Analisis ABC.....	47
4.4. <i>Sample Data Spare Parts</i>	50
4.5. Data <i>Lead Time</i>	54
4.6. Biaya-Biaya dalam Persediaan.....	54
4.6.1. Biaya Pemesanan (<i>Ordering Cost</i>).....	54
4.6.2. Biaya Penyimpanan (<i>Holding Cost</i>).....	55
4.6.3. Biaya Kekurangan (<i>Stockout Cost</i>).....	55
4.7. <i>Service Level</i>	55
4.8. Simulasi Monte Carlo.....	56
4.8.1. Pembangkitan Bilangan Acak.....	56
4.8.2. Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak.....	60
BAB 5 PENGELOLAAN <i>INVENTORY</i> UNTUK <i>SPARE PARTS RUTIN</i> (<i>CONSUMABLE</i>).....	63

5.1 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Existing</i>	63
5.2 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Periodic Review</i>	68
5.3 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Continuous Review</i>	74
BAB 6 PENGELOLAAN INVENTORY UNTUK SPARE PARTS NON RUTIN.....	83
6.1. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Existing</i>	83
6.2. Perhitungan persediaan dan pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Periodic Review</i>	87
6.3. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Continuous Review</i>	93
6.4 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Reliability</i>	101
6.4.1. Pengumpulan Data.....	101
6.4.2. Penentuan <i>Spare Parts</i> Kritis.....	102
6.4.3. Pengujian Distribusi Data, Parameter, dan Perhitungan MTTF <i>Spare Parts</i>	103
6.4.4. Perhitungan Biaya.....	104
6.4.4.1. Biaya Tenaga Kerja.....	104
6.4.4.2. Biaya <i>Lost Production</i>	105
6.4.4.3. Biaya <i>Preventive Replacement</i> pada <i>Spare Parts</i> (C _p).....	105
6.4.4.4. Biaya <i>Corrective Replacement</i> pada <i>Spare Parts</i> (C _f).....	106
6.4.5. Perhitungan Interval Penggantian <i>Spare Parts</i> Optimal.....	107
6.4.6. Peramalan Jumlah <i>Spare Parts</i> yang Dibutuhkan.....	109
6.4.7. Perhitungan Pengendalian Persediaan <i>Spare Parts</i> (Berdasarkan <i>Reliability</i>).....	110
6.5. Perbandingan Total Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dan <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	119
6.6. Implikasi Manajerial.....	121

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
7.1. Kesimpulan.....	125
7.2. Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....	129
LAMPIRAN.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kerugian Akibat Menunggu <i>Spare Parts</i> pada <i>Weight Feeder Finish Mill</i>	4
Tabel 1.2 Kerugian Akibat Menunggu <i>Spare Parts</i> pada <i>Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill</i>	5
Tabel 1.3 Kerugian Akibat Menunggu <i>Spare Parts Electrical Brush Lifting Device (BLD)</i> pada <i>Motor Fan 341FN2 Raw Mill 7100 kW</i>	6
Tabel 2.1 Analisis ABC <i>Inventory</i> (Waters,2003).....	14
Tabel 4.1 Data Penggunaan <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) Agustus 2017 – September 2019.....	43
Tabel 4.2 Data Penggunaan <i>Spare Parts</i> Non Rutin Agustus 2017 – September 2019.....	44
Tabel 4.3 Resume Klasifikasi <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Analisis ADI-CV.....	45
Tabel 4.4 Resume Klasifikasi <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Analisis ADI-CV.....	46
Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi ABC pada <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>).....	47
Tabel 4.6 Resume Klasifikasi ABC pada <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>).....	48
Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi ABC pada <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	48
Tabel 4.8 Resume Klasifikasi ABC pada <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	49
Tabel 4.9 Sample Data <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Analisis ADI-CV....	50
Tabel 4.10 Sample Data <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Analisis ADI-CV.....	51
Tabel 4.11 Sample Data <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>).....	52
Tabel 4.12 Sample Data <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	53
Tabel 4.13 Biaya Pemesanan.....	54
Tabel 4.14 Biaya Penyimpanan (<i>Holding Cost</i>).....	55
Tabel 4.15 Frekuensi Nilai Parameter dengan Monte Carlo.....	56
Tabel 4.16 Frekuensi dan Probabilitas Kumulatif Monte Carlo.....	57
Tabel 4.17 Nilai Kelas Monte Carlo.....	57
Tabel 4.18 Generate Random Monte Carlo.....	58
Tabel 4.19 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak dengan Monte Carlo.....	58

Tabel 4.20 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL / CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	59
Tabel 4.21 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	59
Tabel 4.22 Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	61
Tabel 4.23 Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	61
Tabel 5.1 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) Metode <i>Existing</i> untuk 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	64
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) Kondisi <i>Existing</i>	66
Tabel 5.3 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Periodic Review</i> untuk 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	69
Tabel 5.4 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Periodic Review</i>	72
Tabel 5.5 Pengolahan Data <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Continuous Review</i> untuk 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	74
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan Metode <i>Continuous Review</i> untuk 119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	77
Tabel 5.7 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>) dengan metode <i>Continuous Review</i>	79
Tabel 5.8 Rekapitulasi Metode Eksisting, Metode <i>Periodic Review</i> , dan Metode <i>Continuous Review</i> untuk <i>Spare Parts</i> Rutin.....	82
Tabel 6.1 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Existing</i> untuk 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	84

Tabel 6.2 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Existing</i>	86
Tabel 6.3 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Periodic Review</i> untuk 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	88
Tabel 6.4 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Periodic Review</i>	91
Tabel 6.5 Pengolahan Data <i>Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Continuous Review</i> untuk 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	94
Tabel 6.6 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Continuous Review</i> untuk 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	97
Tabel 6.7 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Continuous Review</i>	99
Tabel 6.8 <i>Downtime</i> Berdasarkan Proses Produksi (September 2017 – September 2019).....	102
Tabel 6.9 Tabel <i>Spare Parts</i> Kritis.....	102
Tabel 6.10 Waktu Antar Penggantian untuk <i>Spare Parts</i> 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	103
Tabel 6.11 Hasil Pengujian Distribusi Data, Parameter, dan Perhitungan <i>MTTF Spare Parts</i>	104
Tabel 6.12 Biaya <i>Preventive Replacement</i> pada <i>Spare Parts</i> (<i>C_p</i>).....	106
Tabel 6.13 Biaya <i>Corrective Replacement</i> pada <i>Spare Parts</i> (<i>C_f</i>).....	106
Tabel 6.14 Interval Penggantian <i>Spare Parts</i> Optimal.....	109
Tabel 6.15 Jumlah <i>Spare Parts</i> yang Dibutuhkan.....	109
Tabel 6.16 Pengendalian Persediaan <i>Spare Parts</i>	112
Tabel 6.17 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Reliability</i> untuk 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	113
Tabel 6.18 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan <i>Service Level Spare Parts</i> Non Rutin dengan Metode <i>Reliability</i>	115

Tabel 6.19 Rekapitulasi Metode Exsisting, Metode <i>Periodic Review</i> , Metode <i>Continuous Review</i> , dan Metode <i>Reliability</i> untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	118
Tabel 6.20 Rekapitulasi <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>).....	119
Tabel 6.21 Rekapitulasi <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	119
Tabel 6.22 Rekapitulasi Keseluruhan <i>Spare Parts</i>	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permintaan dan <i>Stock Spare Parts Plate Steel</i>	2
Gambar 1.2 Permintaan dan <i>Stock Spare Parts Electrode Welding</i>	3
Gambar 1.3 <i>Problem</i> di Area <i>Weight Feeder Finish Mill, Spare Parts Shaft</i> dan <i>Plate Steel</i> Mengalami <i>Stockout</i>	4
Gambar 1.4 <i>Problem</i> di Area <i>Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill, Spare Parts Bearing</i> Mengalami <i>Stockout</i>	5
Gambar 1.5 <i>Problem</i> di area <i>Motor Fan 341FN2 Raw Mill 7100 kW, Spare Parts Electrical Brush Lifting Device (BLD)</i> Mengalami <i>Stockout</i>	6
Gambar 1.6 Penyebab <i>Downtime</i> Peralatan.....	7
Gambar 1.7 Nilai <i>Inventory Spare Parts</i> (September 2017 – September 2019).....	8
Gambar 2.1 Klasifikasi ABC <i>Inventory</i> (Waters,2003).....	14
Gambar 2.2 Mekanisme <i>Demand</i> dan Pengaruh <i>Inventory Spare Parts</i>	15
Gambar 2.3 Grafik <i>Availability</i> -Biaya (Sherbrooke, 2004).....	15
Gambar 2.4 <i>Confidence Level for Spare Parts Availability</i> (Slater, 2010).....	16
Gambar 2.5 <i>Demand Patterns</i>	17
Gambar 2.6 <i>Inventory Cycle</i>	20
Gambar 2.7 Dua Tipe dari Sistem <i>Continuous Review</i> (Silver, 2017).....	24
Gambar 2.8 (R.S) Sistem, <i>Order</i> Ditempatkan Setiap 10 Periode, <i>Lead Time</i> 2 Periode (Silver, 2017).....	25
Gambar 2.9 <i>Rules of Thumb</i> untuk Memilih Bentuk dari Kebijakan <i>Inventory</i> (Silver, 2017).....	26
Gambar 2.10 <i>Bathtub Diagram</i> (Ebeling, 1997).....	29
Gambar 2.11 Perbedaan Tiap Fase <i>Bathtub</i> (Ebeling, 1997).....	29
Gambar 2.12 Distribusi <i>Normal</i>	31
Gambar 2.13 Distribusi <i>Lognormal</i>	31
Gambar 2.14 Distribusi <i>Weibull</i>	32
Gambar 2.15 Distribusi <i>Exponensial</i>	33
Gambar 2.16 Pengaruh dari <i>Preventive Maintenace</i> Terhadap <i>Reliability</i> (Lewis, 1994).....	33

Gambar 2.17 Kecenderungan Biaya Operasi.....	34
Gambar 2.18 Kebijakan <i>Age Based</i> , Termasuk Durasi dari <i>Replacement</i> (Jardine, 2013).....	36
Gambar 2.19 Siklus <i>Age Based Replacement</i> , Termasuk Durasi <i>Replacement</i> (Jardine, 2013).....	37
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	39
Gambar 4.1 Analisis ADI-CV untuk <i>Spare Parts</i> Rutin (<i>Consumable</i>).....	45
Gambar 4.2 Analisis ADI-CV untuk <i>Spare Parts</i> Non Rutin.....	46
Gambar 6.1 Pareto <i>Downtime</i> Berdasarkan Proses Produksi (September 2017 – September 2019).....	102
Gambar 6.2 Nilai C (tp) untuk <i>Spare Parts</i> 307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	108
Gambar 6.3 <i>Service Level</i>	122
Gambar 6.4 Total Biaya.....	122
Gambar 6.5 <i>Flow Chart</i> Pengelolaan <i>Spare Parts</i>	123

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

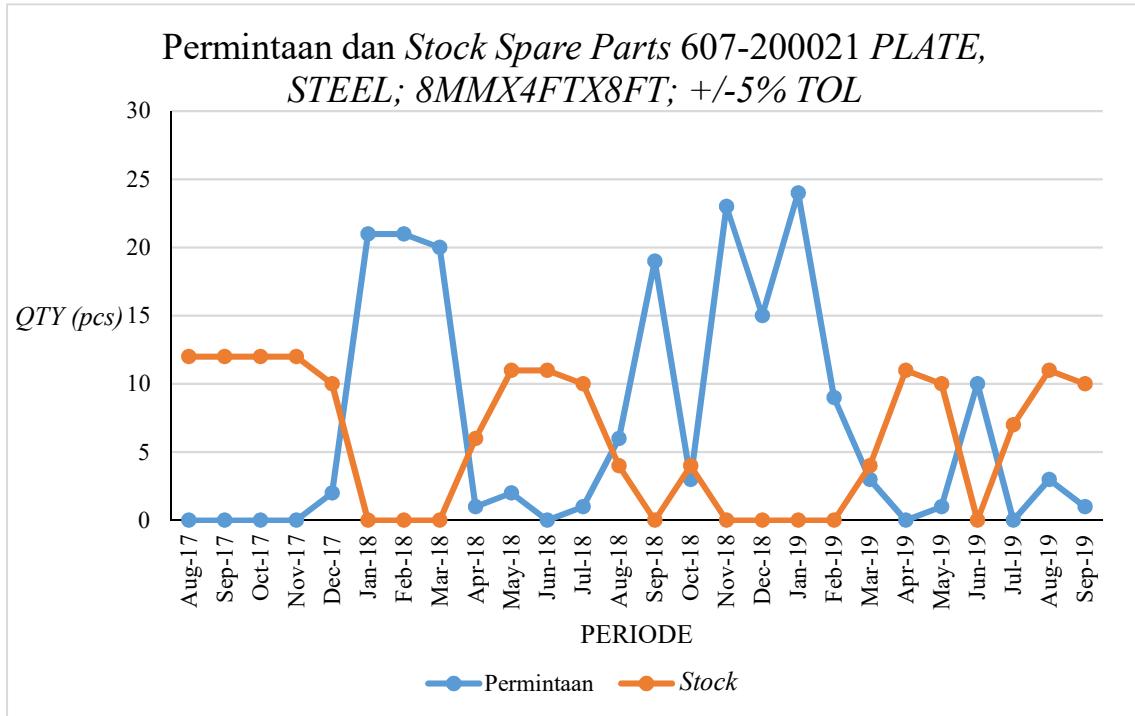
Manajemen *inventory* (persediaan) merupakan aspek penting dalam mengelola perusahaan. Salah satu persediaan yang berdampak langsung pada efisiensi peralatan produksi adalah persediaan *spare parts* (Eloff & Carstens, 2013). *Spare parts* disimpan dalam *warehouse* untuk mendukung pemeliharaan operasional dan untuk *recovery* apabila terjadi kerusakan peralatan. Disamping itu, menyimpan *spare parts* juga berfungsi sebagai *buffer* (penyangga) untuk mengantisipasi ketidakpastian harga dan permintaan. Motivasi ini bisa membawa perusahaan pada kecenderungan untuk menyimpan barang- dalam jumlah besar, sehingga pada akhirnya dapat membebani perusahaan karena biaya penyimpanan. Karena ada ribuan *spare parts* dalam persediaan, sangat sulit untuk mengelola dan mengendalikannya secara individual. Selain itu, permintaan atau konsumsi bagian-bagian ini tidak menentu dan tidak teratur, sehingga sulit untuk memperkirakan konsumsi bulanan atau tahunan dan untuk menetapkan tingkat persediaan yang optimal. Juga banyak *spare parts* ini yang sangat spesifik untuk mesin atau proses, sehingga sulit ditemukan pemasoknya dan *lead time*-nya yang tinggi, mungkin lebih dari satu tahun (Pacheco & Barba, 2016).

Apabila *spare parts* tidak segera tersedia, waktu tunggu yang diperlukan dapat menyebabkan kerugian signifikan pada biaya produksi. Di sisi lain, permintaan *spare parts* biasanya terjadi karena kebutuhan *preventive* atau *korektif*. Hal ini sulit diprediksi berdasarkan data historis penggunaan *spare parts* sebelumnya, namun diketahui bahwa biaya perawatan berhubungan dengan ketersediaan *spare parts*. Oleh karena itu, persediaan *spare parts* harus dipertimbangkan bersama untuk mencapai biaya yang efisien. Selama beberapa dekade terakhir, manajemen *inventory* dan perawatan *spare parts* telah mendapat perhatian besar para peneliti untuk mengoptimalkan *inventory spare parts* dan telah mengembangkan banyak model.

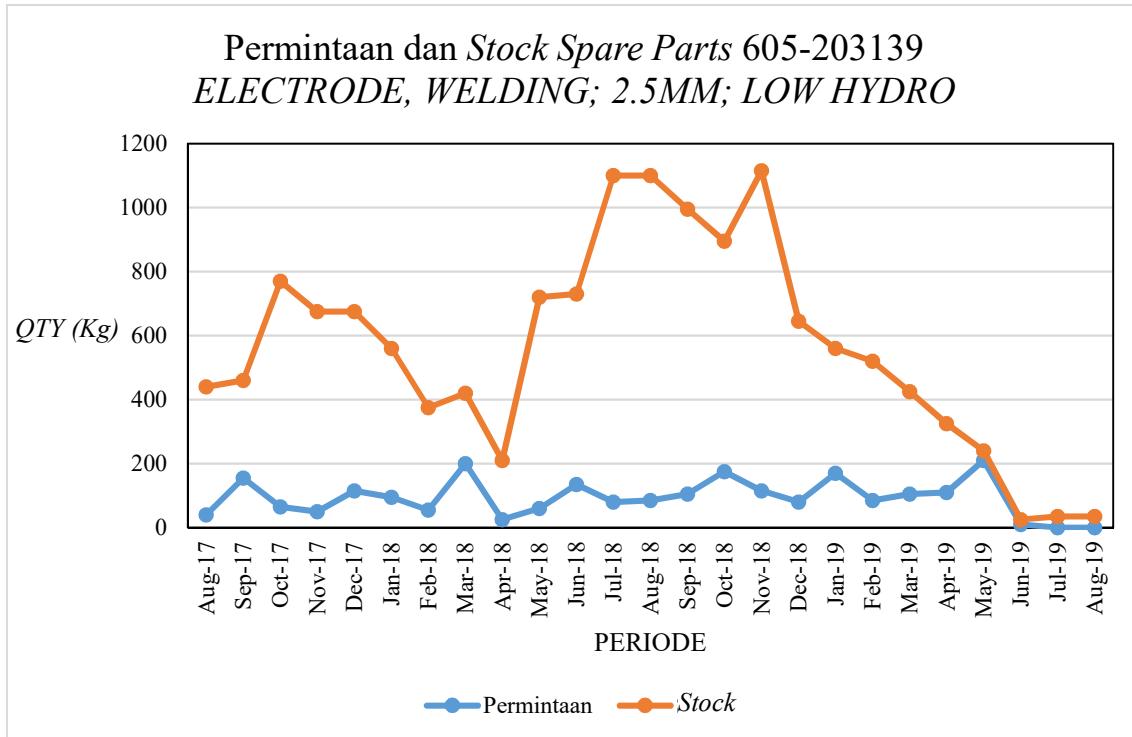
Pada industri yang beroperasi secara kontinu, dukungan dari ketersediaan *spare parts* untuk *maintenance* merupakan hal yang penting. Agar dapat bertahan dalam persaingan, salah satu hal utama yang harus dilakukan perusahaan adalah menghasilkan

produk dengan biaya yang efisien. Untuk menjadi efisien perusahaan dituntut untuk bisa menjalankan operasional secara *excellent*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), *downtime*, dan biaya pemeliharaan sesuai *Key Performance Indikator* (KPI) yang telah ditetapkan, yaitu MTBF minimal 250 jam, *downtime* maksimal 5 persen, dan biaya pemeliharaan \$ 2,5 per ton produk akhir. Dengan operasi peralatan produksi 24 jam, laju keausan (*wearing rate*) dan *lifetime spare parts* menjadi krusial. *Warehouse* dan unit pemeliharaan yang bertugas untuk menjaga ketersediaan *spare parts* mempunyai peran vital untuk menjaga peralatan beroperasi dengan lancar.

Pengelompokan *spare parts* di perusahaan tersebut dibagi menjadi dua, yaitu *spare parts* rutin (*consumable*) dan *spare parts* non rutin. *Spare parts* rutin (*consumable*) adalah *spare parts* yang dikelola oleh *warehouse*, dimana pengambilan *spare parts* (*good issued*) di *warehouse* bisa dilakukan oleh *all user*. *Spare parts* rutin (*consumable*) biasanya lebih sering digunakan untuk kegiatan pemeliharaan berkala peralatan produksi. Untuk pengambilan *spare parts* (*good issued*) *spare parts* non rutin dari *warehouse* hanya bisa dilakukan oleh *user* terkait. Sedangkan *spare parts* non rutin adalah *spare parts* untuk peralatan produksi yang permintaan pembelian dilakukan oleh masing-masing unit kerja sesuai dengan bidangnya (mekanik, elektrik, dan instrumentasi).



Gambar 1. 1 Permintaan dan Stock Spare Parts Plate Steel



Gambar 1. 2 Permintaan dan Stock Spare Parts Electrode Welding

Pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 dapat dilihat *spare parts* mengalami *stockout* dan *overstock*. Pengendalian *inventory* selama ini dilakukan dengan metode *min-max*, dimana formula untuk menentukan minimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis, sedangkan maksimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis ditambah dengan 70% *average* (rata-rata) dari *demand* historis, *reorder point* menggunakan acuan minimal *stock*. Dengan metode diatas, dalam prakteknya ketersediaan *spare parts* masih belum menenuhi kebutuhan unit pemeliharaan peralatan produksi. *Downtime* peralatan menjadi tinggi dan kerugian produksi karena menunggu *spare parts* atau sementara menunggu rekondisi dari *spare parts* yang mengalami kerusakan karena *stockout* agar peralatan bisa beroperasi kembali.

Kerugian produksi yang cukup besar karena menunggu *spare parts* produksi terjadi di area *Finish Mill* pada bulan September 2019. Gambar 1.3, menunjukkan posisi *shaft* dan *plate steel* pada *Weight Feeder Finish Mill* yang mengalami kerusakan *shaft* dan *plate steel* yang tidak tersedia di gudang menyebabkan dilakukan tindakan perbaikan sementara dengan fabrikasi dan *machining* di bengkel mesin dengan spesifikasi *shaft* dibawah *Original Equipment Manufacturing* (OEM) agar peralatan sementara bisa

beroperasi sambil menunggu part OEM. Sedangkan kerugian akibat kondisi *stockout* dapat dilihat pada Tabel 1.1.



Gambar 1.3 Problem di Area *Weight Feeder Finish Mill*, *Spare Parts Shaft* dan *Plate Steel* Mengalami Stockout

Tabel 1.1 Kerugian Akibat Menunggu Spare Parts pada *Weight Feeder Finish Mill*

a	b	c	a x b x c
Downtime (Jam)	Capacity (Ton / Jam)	Cost of Production (Rupiah / Ton)	Total Lost (Rupiah)
12	190	435.000	1.014.942.000

Dari Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa kerugian akibat menunggu *spare parts* pada *Weight Feeder Finish Mill* yaitu sebesar Rp 1.014.942.000,- . Selanjutnya di bulan April 2019 terjadi permasalahan di area *Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill* karena *spare parts bearing* mengalami *stockout*. Peralatan tersebut merupakan salah satu peralatan yang kritikal sehingga apabila terjadi problem maka proses produksi berhenti. Ketidaktersediaan *spare parts bearing* tersebut mengakibatkan perusahaan meminjam *spare parts* ke *plant* lain dan memerlukan proses perizinan sampai ke tingkat Direktur Produksi *Holding*. Kerusakan *spare parts bearing* tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.4



Gambar 1.4 Problem di Area Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill, Spare Parts Bearing Mengalami Stockout

Hal ini tentu menimbulkan kerugian yang besar. Dari Tabel 1.2 menunjukkan kerugian akibat menunggu *spare parts* pada *Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill* sebesar Rp 24.048.344.500,-. Hal tersebut dikarenakan peralatan utama berhenti produksi selama 146 jam.

Tabel 1.2 Kerugian Akibat Menunggu *Spare Parts* pada *Fan Main Bag Filter 341FN3 Raw Mill*

a	b	c	a x b x c
Downtime (Jam)	Capacity (Ton / Jam)	Cost of Production (Rupiah / Ton)	Total Lost (Rupiah)
146	333	490.000	23.798.344.500
Biaya Heating Up Peralatan Setelah Stop			250.000.000
			24.048.344.500

Kemudian pada bulan Maret 2019 terjadi permasalahan di area *Motor Fan 341FN2 Raw Mill* 7100 kW, karena *spare parts Electrical Brush Lifting Device (BLD)*

tidak tersedia. Pengadaan *spare parts* tersebut memerlukan *delivery time* sekitar 12-13 bulan, sehingga untuk sementara digunakan *spare parts* yang dibongkar dari peralatan *Finish Mill* dimana sebenarnya peralatan tersebut masih beroperasi. Kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.5.



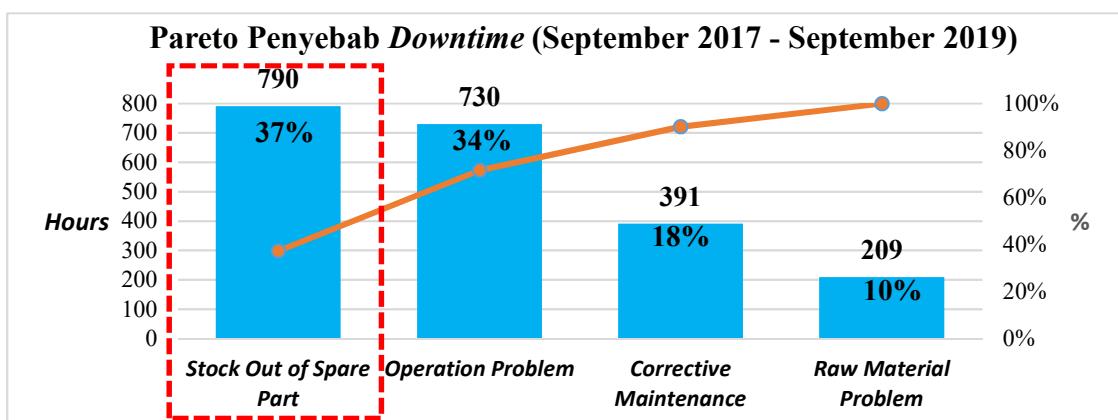
Gambar 1.5 *Problem di area Motor Fan 341FN2 Raw Mill 7100 kW, Spare Parts Electrical Brush Lifting Device (BLD) Mengalami Stockout*

Tabel 1.3 menunjukkan kerugian akibat menunggu *spare parts* pada *Motor Fan 341FN2 Raw Mill 7100 kW* sebesar Rp 15.091.943.200,- . Kerugian sebagian besar diakibatkan karena peralatan *Kiln* berhenti kehabisan bahan baku yang disuplai oleh *Raw Mill* selama 91 Jam atau setara dengan 30.303 Ton produk.

Tabel 1.3 Kerugian Akibat Menunggu *Spare Parts Electrical Brush Lifting Device (BLD)* pada *Motor Fan 341FN2 Raw Mill 7100 kW*

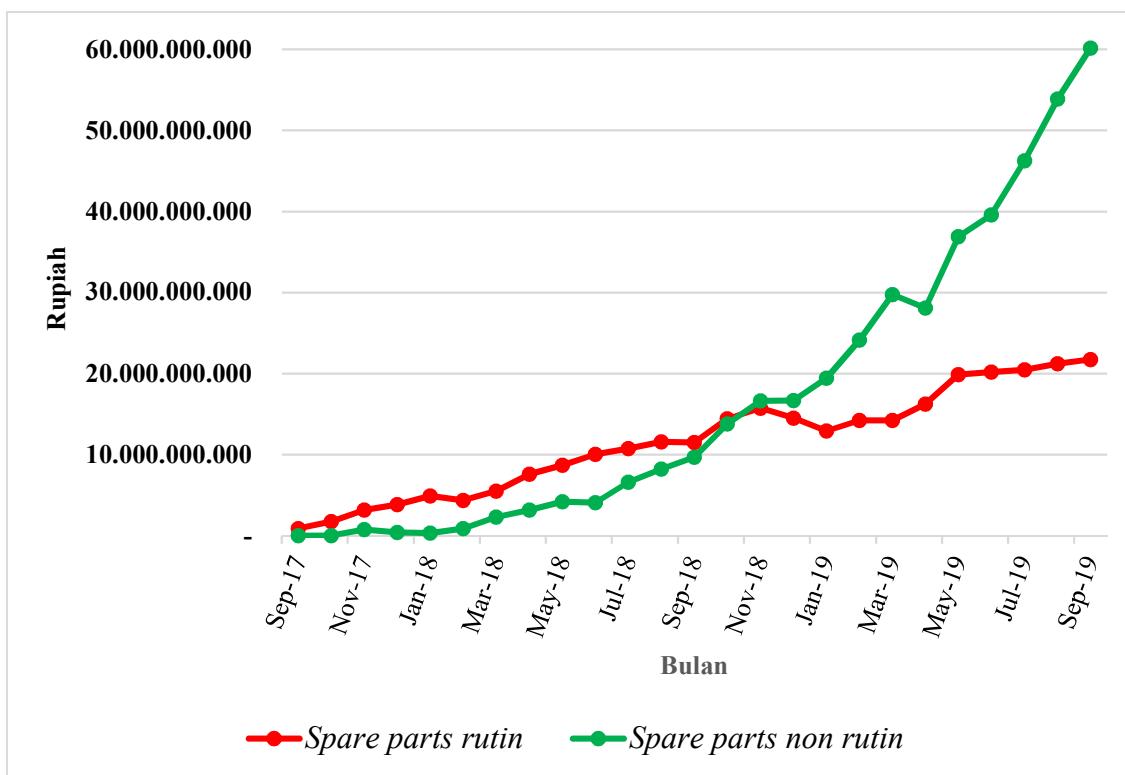
a	b	c	a x b x c
Downtime (Jam)	Capacity (Ton / Jam)	Cost of Production (Rupiah / Ton)	Total Lost (Rupiah)
91	333	490.000	14.841.943.200
Biaya Heating Up Peralatan Setelah Stop		250.000.000	
		15.091.943.200	

Pada Gambar 1.6 menunjukkan bahwa dari hasil *pareto diagram*, *spare parts stockout* merupakan faktor utama yang menyebabkan *downtime* peralatan yaitu selama 790 jam. Berdasarkan diskusi dan wawancara lebih mendalam dengan *unit maintenance*, masalah ketersediaan *spare parts* terjadi karena setelah proyek pembangunan pabrik tersebut selesai, *two years spare parts Original Equipment Manufacturer (OEM)* yang semestinya sudah termasuk paket proyek, tidak dilanjutkan pengadaannya karena anggaran proyek sudah *over budget*. Hal tersebut menjadikan tantangan tersendiri bagi unit pemeliharaan untuk menjaga kesiapan peralatan dalam rangka memenuhi permintaan produksi.



Gambar 1. 6 Penyebab *Downtime* Peralatan

Pada Gambar 1.7 Menunjukkan bahwa nilai *inventory spare parts* mengalami *trend* meningkat dari periode september 2017 sampai dengan september 2019, nilai *inventory spare parts rutin* pada periode september 2017 sebesar Rp.897.070.185,- dan naik pada periode september 2019 sebesar Rp.21.756.931.548,-, kemudian nilai *inventory spare parts non rutin* pada periode september 2017 sebesar Rp.35.400.000,- dan naik pada periode september 2019 sebesar Rp.60.156.213.717,-. Apabila kondisi tersebut tidak dikendalikan dengan baik maka nilai *inventory spare part* akan terus mengalami kenaikan.



Gambar 1.7 Nilai *Inventory Spare Parts* (September 2017 – September 2019)

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis menggunakan tiga metode pengelolaan persediaan, yaitu yang pertama metode *periodic review* (R,s,S), dengan metode tersebut sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar *deviasi* dari *demand*, target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dan periode untuk pengecekan barang dengan interval waktu yang sama, dimana dilakukan pemesanan dengan jumlah dinamis untuk mencapai *level* maksimal. Dengan metode *periodic review* (R, s, S) merupakan salah satu sistem terbaik karena menghasilkan total biaya *order*, pengangkutan, dan ketidak ketersediaan barang yang lebih rendah daripada sistem lainnya, namun upaya komputasi menjadi tantangannya. Yang kedua dengan metode *continuous review* (s, Q), dengan , metode tersebut sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar *deviasi* dari *demand*, target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dan secara kontinu dilakukan pengecekan barang dengan jumlah pemesanan tetap. Dengan metode *continuous review* (s, Q) mudah diterapkan dan sederhana. Yang terakhir yaitu metode *reliability age replacement* yang digunakan untuk *spare parts* non rutin, dimana dengan metode tersebut lebih memperhatikan permintaan terkait dengan karakteristik *spare parts maintenance*. *Spare parts* dipicu oleh kegagalan peralatan yang

membutuhkan tindakan penggantian. Kegagalan tersebut terjadi secara acak terkait dengan karakteristik penuaan dan kerusakan peralatan produksi yang dianggap sebagai peristiwa stokastik. Metode *reliability age replacement* merupakan pendekatan yang fokus terhadap penetapan interval perawatan *preventive* yang dan biaya perawatan yang optimal.

Untuk meramalkan permintaan *spare parts* yang akan datang akan dilakukan sesuai dengan hasil pengelompokan nilai ADI dan CV. Metode peramalan yang biasa digunakan seperti *moving average*, *exponential smoothing*, dan *time series* tidak bisa digunakan untuk meramalkan *lumpy demand*. Untuk meramalkan permintaan yang akan datang digunakan simulasi Monte Carlo dimana mampu menghasilkan analisis kehandalan dan ketersediaan dari suatu sistem yang kompleks, serta mempunyai fleksibilitas yang tinggi dan membutuhkan pembatasan asumsi-asumsi yang sedikit, sehingga hasil simulasi yang realistik didapatkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang yang ada, maka diperoleh permasalahan yang akan dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu : bagaimana menerapkan pengelolaan *spare parts inventory* di perusahaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pola *demand spare parts*.
2. Menentukan metode pengendalian *inventory* sesuai dengan pola *demand*.
3. Melakukan *prediksi demand spare parts* rutin dan non rutin
4. Membandingkan performansi *inventory* (*service level* dan total *biaya spare parts inventory*) dari berbagai metode pengendalian *inventory*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan rekomendasi kepada perusahaan mengenai manajemen pengelolaan *spare parts*.
2. Mengoptimalkan *service level* dan total biaya *spare parts inventory*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian pada tesis ini terdiri dari batasan dan asumsi, yang dijelaskan sebagai berikut.

1.5.1 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat batasan sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dilakukan di *warehouse spare parts* PT. XYZ.
2. Data yang digunakan adalah periode tahun 2017 sampai dengan 2019.
3. Yang dianalisis hanya *spare parts* yang dalam kelompok *major*.
4. Kebijakan manajemen terhadap *spare parts inventory* yang terkait dengan *service level* adalah ditetapkan minimal sebesar 95%.

1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ialah sebagai berikut :

1. Tidak terjadi perubahan biaya-biaya yang digunakan dalam perhitungan perencanaan persediaan. Biaya pemesanan (*ordering cost*) sebesar Rp.4.340.000,-, biaya penyimpanan (*holding cost*) adalah sebesar 25% per tahun atau 2,08 % per bulan/unit dari harga *spare parts*, dan biaya kekurangan (*stockout cost*) menggunakan asumsi kerugian tetap sebesar Rp.10.000.000,- .
2. *Lead time* pemesanan *spare parts* bersifat tetap dalam kurun waktu tertentu. Untuk *spare parts* rutin (*consumable*) adalah 1 bulan dan *spare parts* non rutin adalah 5 bulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tesis ini disusun secara sistematik dalam 7 (tujuh) bab dengan penjelasan singkat masing-masing bab sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini disajikan pendahuluan penelitian, meliputi latar belakang pentingnya dilakukannya penelitian, formulasi permasalahan yang ingin diselesaikan, tujuan, serta ruang lingkup penelitian. .

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka dijelaskan mengenai ulasan atau kajian terhadap pustaka yang terkait dengan penelitian ini. *Review* terhadap pustaka tentang *inventory* (persediaan), utamanya metode *continuous review*, metode *periodic review*, metode Monte Carlo beserta detail langkahnya, dan pendekatan *reliability*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan bagaimana penelitian ini dilakukan, dinyatakan dalam metodologi atau langkah yang sistematik. Penjelasan singkat pada setiap langkahnya bertujuan untuk memastikan bahwa tujuan penelitian akan dapat dicapai melalui setiap langkah.

BAB 4 PENGELOLAAN DATA *DEMAND INVENTORY*

Pada bab pengelolaan data *demand inventory* dilakukan pengumpulan dan pengolahan data-data yang diperlukan dalam penelitian. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis sesuai dengan metode pengerjaan penelitian yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terkait hasil klasifikasi ADI-CV, klasifikasi ABC, dan metode Monte Carlo.

BAB 5 PENGELOLAAN *INVENTORY* UNTUK *SPARE PARTS* RUTIN (*CONSUMABLE*)

Pada bab pengelolaan *inventory* untuk *spare parts* rutin (*consumable*) ini analisis yang dilakukan terkait metode persediaan berdasarkan kondisi *existing*, analisis dengan menggunakan metode *periodic review*, dan metode *continuous review*.

BAB 6 PENGELOLAAN *INVENTORY* UNTUK *SPARE PARTS* NON RUTIN

Pada bab pengelolaan *inventory* untuk *spare parts* non rutin analisis menggunakan metode persediaan berdasarkan kondisi *existing*, analisis dengan menggunakan metode *periodic review*, metode *continuous review*, dan metode *reliability*

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan selama melakukan penelitian, baik yang menjawab tujuan penelitian maupun pembelajaran yang didapatkan selama dalam proses penelitian. Sedangkan pada saran akan diberikan evaluasi dan ide untuk memperbaiki penelitian sekaligus potensi pengembangan untuk penelitian lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

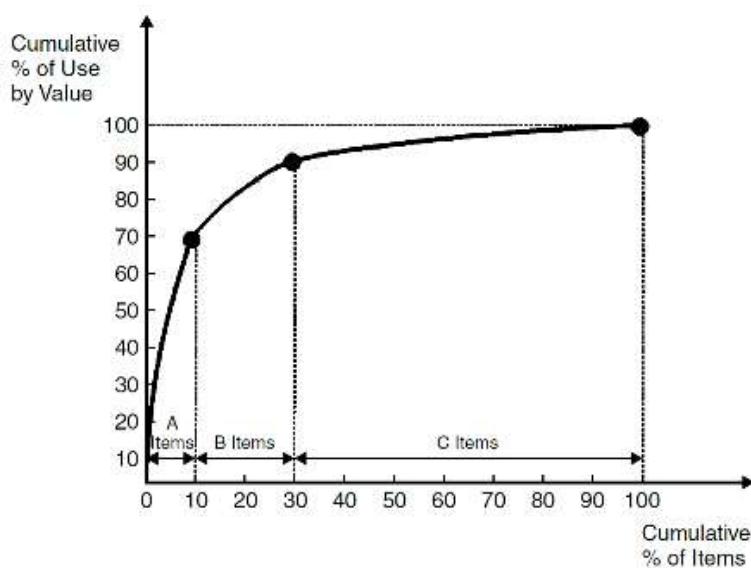
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Inventory*

Inventory bisa terjadi karena sudah direncanakan atau sebagai akibat dari ketidakakuratan informasi. *Inventory* juga mempunyai konsekuensi terhadap kinerja keuangan perusahaan (Pujawan, 2017). Manajemen *inventory* sering kali harus dibedakan menurut karakteristik masing-masing item. Klasifikasi ABC adalah salah satu metode penggolongan yang biasa digunakan dalam pengklasifikasikan *inventory*, berdasarkan peringkat nilai dari nilai tertinggi hingga terendah, dan dibagi menjadi 3 kelompok besar yang disebut kelompok A, B dan C. Klasifikasi dibuat berdasarkan sebuah konsep yang dikenal dengan nama Hukum Pareto (*Pareto's Law*), dari nama ekonom Italia yaitu Vilfredo Pareto. Analisis tersebut dapat membantu manajemen untuk menentukan pengendalian yang tepat untuk masing-masing klasifikasi *inventory* dan menentukan *inventory* mana yang mendapatkan prioritas untuk ditangani, dimana item-item dikelompokkan menjadi tiga kelas sebagai berikut :

- Item A adalah beberapa *inventory* mahal yang perlu penanganan khusus.
- Item B adalah *inventory* biasa yang membutuhkan penanganan standar.
- Item C adalah sejumlah besar *inventory* yang memiliki *value* rendah yang perlu sedikit penanganan.

Analisis ABC dimulai dengan mengambil setiap item dan mengalikan jumlah unit yang digunakan dalam satu tahun. Hal ini memberikan total penggunaan *inventory* tahunan dari segi nilai. Biasanya, beberapa *inventory* mahal yang dihitung tersebut banyak digunakan, sementara banyak item yang murah dan tidak banyak digunakan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Klasifikasi ABC *Inventory* (Waters,2003).

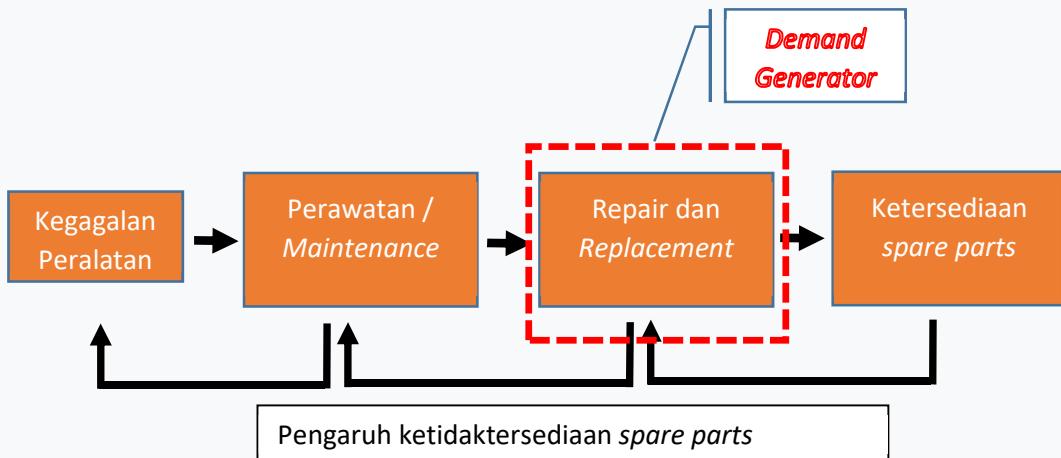
Tabel 2.1 Analisis ABC *Inventory* (Waters,2003).

Category	Percentage of items	Cumulative percentage of items	Percentage of use by value	Cumulative percentage of use by value
A	10	10	70	70
B	20	30	20	90
C	70	100	10	100

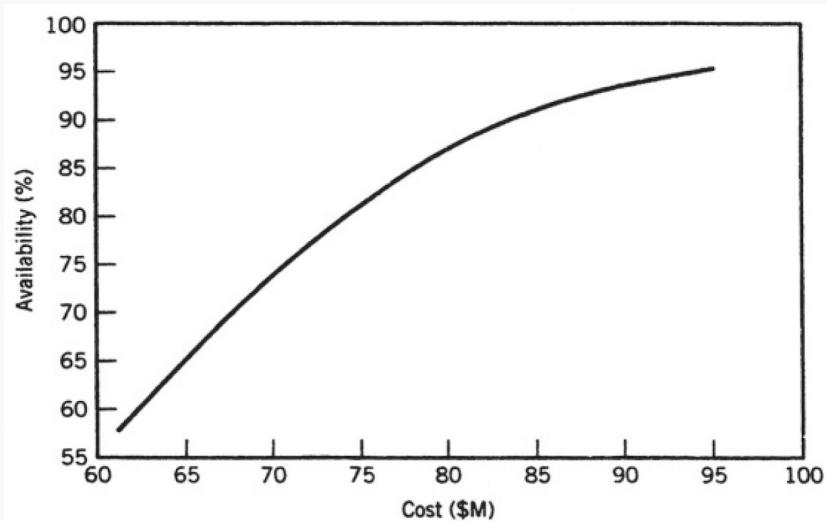
Metode ABC kategorisasi item *inventory* memungkinkan untuk fokus pada item yang paling mahal (barang-barang bersifat strategis bagi perusahaan). Hasil analisis itu dapat membantu mengidentifikasi mesin dan peralatan ini yang paling rentan mengalami kegagalan. Penggunaan metode ABC memungkinkan perencanaan permintaan material terhadap sebagian besar peralatan produksi penghasil laba dengan tingkat rotasi *stock* yang lebih tinggi (Katarzyna Grondys, 2014).

Spare parts adalah komponen dari sistem atau mesin yang saling bekerjasama (berinteraksi) untuk menjalankan sistem agar dapat menjalankan fungsi dan memenuhi performansi, artinya gangguan pada salah satu *spare parts* akan mempengaruhi performansi sistem. *Inventory spare parts* merupakan *idle resource* yang menunggu proses berikutnya yaitu tindakan penggantian (*replacement*). Manajemen *spare parts inventory* dilakukan untuk menentukan dan mengalokasikan jenis dan jumlah *spare parts* untuk menjamin operasional peralatan, pada periode waktu tertentu dengan biaya yang

minimal. Keterkaitan *spare parts inventory* dengan kegiatan *maintenance* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



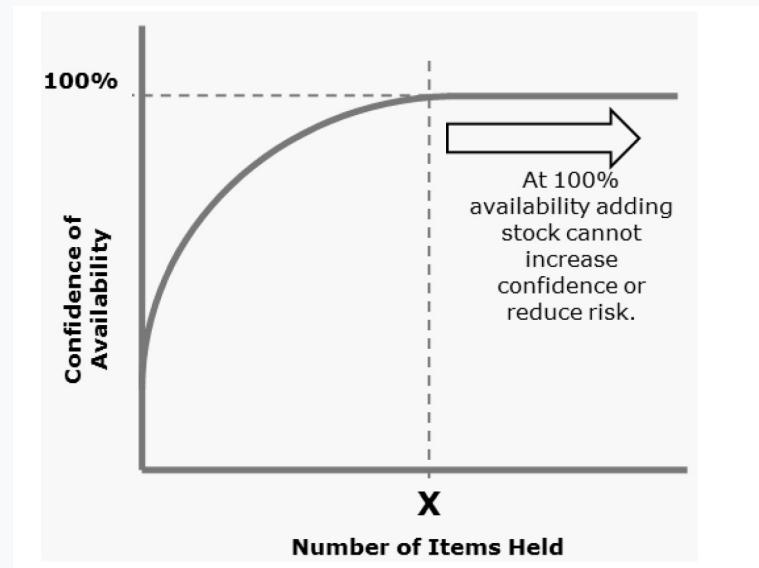
Gambar 2.2 Mekanisme *Demand* dan Pengaruh *Inventory Spare Parts*



Gambar 2.3 Grafik *Availability-Biaya* (Sherbrooke, 2004).

Pada Gambar 2.3 dapat diketahui bahwa menurut teori *inventory* tradisional yang menggunakan pendekatan item, di mana *spare parts* untuk suatu item ditentukan oleh formula sederhana yang menyeimbangkan *holding cost*, *ordering cost*, dan *stockout*. *Availability* dan target investasi seharusnya menjadi input dalam proses pengambilan keputusan. Semakin tinggi *availability* maka semakin tinggi biaya *spare parts* yang dikeluarkan, karena peralatan utama industri biasanya memiliki *spare parts* dengan

spesifikasi dan *lead time* tertentu yang tidak langsung tersedia di pasar, dimana hal ini menyebabkan harga *spare parts* menjadi mahal.



Gambar 2.4 *Confidence Level for Spare Parts Availability* (Slater, 2010).

Gambar 2.4 menunjukkan tingkat kepercayaan ketersediaan suku cadang diplot terhadap jumlah suku cadang yang dimiliki. Dalam contoh ini, jika perusahaan memegang X jumlah suku cadang maka kepercayaan diri ketersediaan mereka akan 100%. Dan tidak ada yang lebih besar dari 100%, jadi jika perusahaan tersebut memegang lebih dari X suku cadang, maka tingkat kepercayaan masih akan 100%. Karena itu, ketika membeli lebih banyak dari X suku cadang maka akan terjadi biaya *inventory* yang tidak bermanfaat.

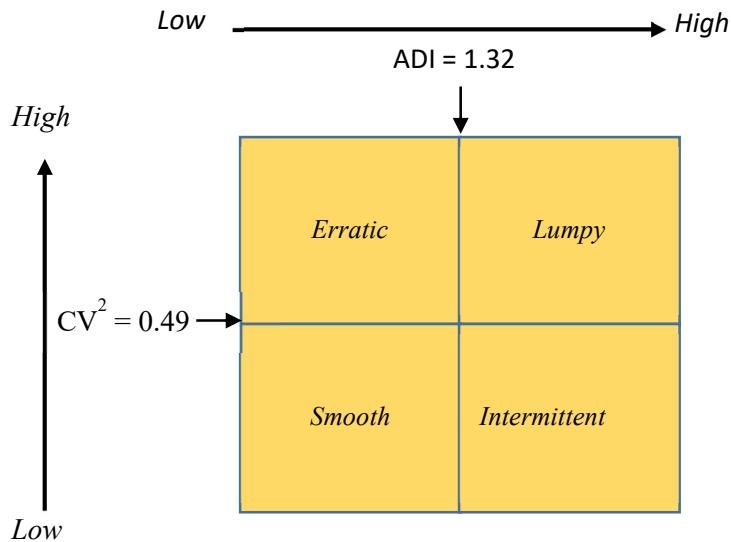
Pemilihan keputusan *inventory spare parts* akan tergantung pada *maintenance policy* (*corrective maintenance, preventive maintenance, predictive maintenance*) dan *stockout effect*, serta tergantung kategori ABC. Keputusan *spare parts* meliputi *qualitative aspect* (*spare parts* mana yang harus disimpan, disimpan dimana, bagaimana cara membelinya, dibeli dari mana) dan *quantitative aspect* (berapa perkiraan *demand*, berapa yang harus dibeli, kapan membelinya, menggunakan teknik pengelolaan *inventory* yang mana, berapa biaya *inventory*, dan sebagainya).

Untuk mengetahui perkiraan *demand*, ada beberapa hal yang harus dilakukan yaitu :

1. Mengenali pola *demand spare parts* dengan cara :
 - a. Historis pola *demand* diasumsikan berulang pada periode mendatang, perlu menirukan *demand* historis kemudian estimasi *demand* mendatang
 - b. Perkiraan *demand spare parts* berdasarkan *reliability* peralatan
2. Pola *demand spare parts* akan menentukan cara mengestimasi *demand* masa datang

2.2. ADI-CV

Average Demand of Interval (ADI) dan *Coefficient of Variations* (CV) merupakan metode yang digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap *spare parts* berdasarkan pola *demand spare part*, yaitu interval antar *demand* dan variasi tingkat *demand* yang muncul (Ghobbar & Friend, 2002). Nilai ADI menunjukkan interval *demand* rata-rata pada periode tertentu dan nilai CV menunjukkan variasi tingkat *demand*.



Gambar 2.5 *Demand Patterns*

Terdapat dua kategori dalam pola *demand* yaitu *continuous* dan *intermittent*. Item yang bersifat *continuous* merupakan item *fast moving* karena terdapat *demand* atau pemakaian item tersebut pada setiap periode waktu. Sedangkan item yang bersifat *intermittent* memiliki tingkat *demand* atau pemakaian yang jarang. Item yang memiliki pola *demand intermittent* diklasifikasikan menjadi empat kategori yakni *intermittent*

demand, erratic demand, lumpy demand dan *slow moving (smooth)* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5 (Ghobbar & Friend, 2002).

1. *Slow Moving* : tidak ada variasi besar pada jumlah dan interval *demand*
2. *Intermittent* : tidak ada variasi pada jumlah tetapi banyak periode dimana tidak ada *demand*
3. *Erratic* : jumlah *demand* setiap periode *irregular*
4. *Lumpy* : jumlah *demand* nol pada beberapa periode tetapi di periode lain *demand* sangat signifikan

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai ADI digunakan persamaan berikut (Kurniyah R., Rusdiansyah, & Arvitrida, 2010).

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} t_i}{N} \quad (2.1)$$

Kemudian nilai CV dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$CV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{\bar{\varepsilon}}} \quad (2.2)$$

Dengan ε dapat diperoleh dengan persamaan

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} \varepsilon_i}{N} \quad (2.3)$$

Keterangan :

N untuk ADI = jumlah periode tanpa nol

N untuk CV = keseluruhan jumlah periode

t_i = interval antara dua periode permintaan tidak nol berturut-turut

2.3. Biaya-Biaya Persediaan

Di dalam persediaan *spare parts* terdapat biaya yang mempengaruhi pengendalian persediaan. Biaya tersebut adalah :

1. Biaya Pembelian (*procurement cost*)

Biaya pembelian adalah harga pembelian per unit item apabila item tersebut diperoleh dari sumber eksternal atau biaya produksi per unit apabila item tersebut diproduksi secara internal.

2. Biaya Pengadaan, terbagi menjadi dua yaitu:

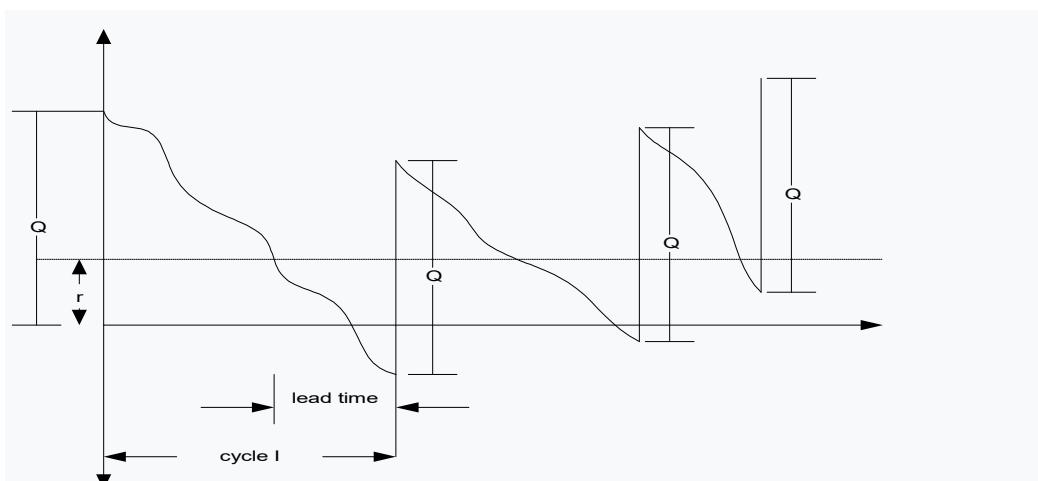
- 2.1. Biaya pemesanan (*ordering cost*), yaitu semua pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar. Biaya tersebut meliputi:
 - a. Biaya untuk menentukan pemasok (*supplier*)
 - b. Pengetikan pesanan, pengiriman pesanan
 - c. Biaya pengangkutan
 - d. Biaya penerimaan dan lainnya
- 2.2. Biaya pembuatan (*setup cost*), yaitu semua pengeluaran yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang. Biaya tersebut meliputi :
 - a. Biaya menyusun peralatan produksi
 - b. Menyetel mesin
 - c. Mempersiapkan gambar kerja dan lainnya
3. Biaya Penyimpanan (*holding cost* atau *carrying cost*)
Biaya Penyimpanan adalah semua pengeluaran yang timbul akibat menyimpan barang.
Biaya tersebut meliputi:
 - a. Biaya memiliki persediaan (biaya modal)
 - b. Biaya gudang
 - c. Bab 4 kerusakan dan penyusutan
 - d. Biaya kadaluwarsa (*absolence*)
 - e. Biaya asuransi
 - f. Biaya administrasi dan pemindahan
4. Biaya Kekurangan Persediaan (*shortage cost* atau *penalty cost* atau *stockout cost*)
Biaya kekurangan persediaan adalah biaya atas kerugian karena terganggunya proses produksi dan kehilangan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan akibat habisnya persediaan, biaya ini dapat diukur dari:
 - a. Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi, hal tersebut diukur dari keuntungan yang hilang karena tidak dapat memenuhi permintaan atau kerugian akibat terhentinya proses produksi.
 - b. Waktu pemenuhan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk memenuhi gudang dengan satuan waktu.
 - c. Biaya pengadaan darurat, adalah biaya yang ditimbulkan akibat dilakukannya pengadaan darurat yang biasanya menimbulkan biaya yang lebih besar dari pengadaan normal.

2.4. Sistem Persediaan Probabilistik

Dalam *inventory* terjadi fenomena dimana *demand* tidak dapat diketahui jumlahnya dan probabilitasnya, salah satu fenomena ini dapat ditemukan pada *demand spare parts*. Terdapat dua metode untuk menentukan model sistem *inventory control* dengan demand yang stokastik yaitu *transaction reporting system (continuous review model)* dan *periodic review*.

2.4.1. Transcation Reporting System (Continuous Review Model)

Dalam sistem persediaan *transcation reporting system (continuous review model)* selalu dilakukan *monitoring* dan pemantauan tingkat *inventory* secara terus menerus. Ketika suatu persediaan mencapai titik *reorder level* atau dibawahnya maka akan dilakukan *order*. Sistem ini memiliki tujuan menentukan nilai optimal kuantitas pemesanan (Q) dan kuantitas *Reorder Point* (ROP). Pada sistem ini memiliki kelebihan yaitu kecil kemungkinan adanya kekurangan *stock* maupun kelebihan *stock* karena posisi stok selalu ditinjau setiap saat. Namun, peninjauan terus-menerus dapat menyebabkan beban kerja karyawan lebih besar dan beban kerja kurang dapat diprediksi. Pengelolaan *inventory* dengan model *continuous review* terlihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 *Inventory Cycle*

Pencarian solusi dengan pendekatan *continuous review* menggunakan metode Hadley-Within dimana nilai q^* dan r ini diperoleh dengan cara sebagai berikut :

1. Hitung nilai q_{01} awal dengan nilai q_{0W} dengan formula Wilson

$$q_{01} = q_{0w} = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (2.4)$$

dengan :

A = Biaya pesan (Rp)

D = Permintaan *spare parts* (unit)

h = Biaya simpan (Rp/unit)

2. Berdasarkan nilai q_{01} yang diperoleh akan dapat dicari besarnya kemungkinan kekurangan *inventory* α dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{h q_0}{Cu D} \quad (2.5)$$

dengan :

D = Permintaan *spare parts* (unit)

h = Biaya simpan (Rp/unit)

Cu = Biaya kekurangan (Rp/unit)

α = Probabilitas kekurangan *inventory*

3. Mencari nilai $Z\alpha$ yang dapat dicari dari tabel berdistribusi normal. Maka dapat dihitung nilai r_1 dengan persamaan berikut :

$$r_1 = DL + Z\alpha \sigma_D \sqrt{L} \quad (2.6)$$

dengan :

S = Standar Deviasi *Demand*

D = Permintaan *spare parts* (unit)

L = *Leadtime* (tahun)

4. Dengan diketahui r_1 yang diperoleh, kemudian akan dihitung nilai q_{02} berdasarkan formula berikut :

$$q_{02} = \sqrt{\frac{2D [A+Cu \cdot N]}{h}} \quad (2.7)$$

5. Menghitung nilai N, Dimana

$$N = \sigma DL [f(Z\alpha) - Z\alpha\psi(Z\alpha)] \quad (2.8)$$

6. Hitung kembali besarnya nilai $\alpha = \frac{h q_0}{Cu D}$ dan nilai r_2 dengan rumus

$$r_1' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} \quad (2.9)$$

7. Bandingkan nilai r_1 dan r_2 , jika nilai r_2 relatif sama dengan r_1 iterasi selesai dan akan diperoleh $r_1 = r_2$, jika tidak kembali ke rumus 2.7 dan 2.9 dengan menggantikan nilai $r_1 = r_2$ dan $q_{01} = q_{02}$.

8. Maka kebijakan persediaan optimal dapat ditentukan dari pemesanan optimal dan titik pemesanan ulang dari iterasi terpilih, yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan *safety stock* (SS) dan maksimal *lot size* (S) dari rumus berikut :

$$SS = Z \alpha S \sqrt{L} \quad (2.10)$$

$$S = q + r \quad (2.11)$$

2.4.1.1 *Order-Point, Order-Quantity (s, Q) System*

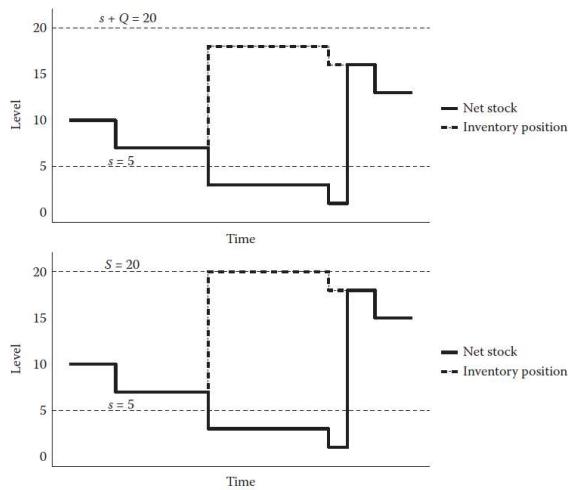
Order-Point, Order-Quantity (s, Q) System adalah sistem *continuous-review* (yaitu, $R = 0$). Kuantitas tetap Q di *order* setiap kali posisi *inventory* turun ke titik *reorder point* s atau lebih rendah. Dalam sistem ini bahwa posisi *inventory* digunakan untuk memicu *order*. Posisi *inventory* termasuk *stock on-order* juga memperhitungkan *spare parts* yang diminta tetapi belum diterima dari pemasok. Sebaliknya, jika *net stock* digunakan untuk tujuan *order*, kita mungkin tidak perlu melakukan *order* lain hari ini meskipun pengiriman besar akan tiba besok. Contoh *order* yang baik berdasarkan posisi *inventory* adalah cara seseorang minum obat untuk meredakan sakit kepala. Setelah minum obat, tidak perlu minum lagi setiap 5 menit sampai sakit kepala hilang. Sebaliknya, dapat dipahami bahwa bantuan itu sesuai *order*.

Sistem (s, Q) sering disebut sistem *dua-bin* karena satu bentuk fisik implementasi adalah memiliki dua bin untuk penyimpanan item. Selama unit tetap berada di *bin* pertama, permintaan terpenuhi darinya. Jumlah di tempat *bin* kedua sesuai dengan *order point*. Oleh karena itu, ketika *bin* kedua ini dibuka, pengisian dipicu. Ketika pengisian ulang tiba, *bin* kedua diisi ulang dan sisanya dimasukkan ke *bin* pertama. Perlu dicatat bahwa sistem *dua-bin* fisik akan beroperasi dengan baik hanya ketika tidak ada lebih dari satu *order* pengisian ulang yang *outstanding* pada suatu titik waktu. Jadi, untuk

menggunakan sistem ini, mungkin perlu menyesuaikan Q ke atas sehingga itu jauh lebih besar dari permintaan rata-rata selama *lead time*. Keuntungan dari sistem *fixed order-quantity* (s, Q) adalah cukup sederhana, terutama dalam bentuk dua-*bin*, untuk dipahami oleh petugas *stock*, bahwa kesalahan cenderung terjadi, dan bahwa persyaratan produksi untuk pemasok dapat diprediksi. Kerugian utama dari sistem (s, Q) adalah bahwa dalam bentuk yang tidak dimodifikasi, mungkin tidak dapat secara efektif mengatasi situasi di mana transaksi individu besar, khususnya jika transaksi yang memicu pengisian dalam sistem (s, Q) cukup besar, maka, pengisian ukuran Q bahkan tidak akan menaikkan posisi *inventory* di atas *reorder point*. (Sebagai ilustrasi numerik, pertimbangkan nilai $Q = 10$ bersama dengan transaksi permintaan ukuran 15 yang terjadi ketika posisi hanya 1 unit di atas.) Tentu saja, dalam situasi seperti itu, seseorang dapat memesan kelipatan bilangan bulat Q di mana bilangan bulat itu cukup besar untuk menaikkan posisi *inventory* di atas s (Silver, 2017).

2.4.1.2 *Order-Point, Order-Up-to-Level (s, S) System*

Sistem ini mengasumsikan *continuous review* seperti sistem (s, Q), penggantian dilakukan setiap kali posisi *inventory* turun ke titik *reorder point* atau lebih rendah. Namun, berbeda dengan sistem (s, Q), kuantitas pengisian *variabel* yang digunakan. *Order* dilakukan untuk meningkatkan *inventory* ke *order-up-to-level* S . Jika semua transaksi permintaan dalam ukuran unit, kedua sistem tersebut terlihat identik karena permintaan pengiriman akan selalu dilakukan ketika posisi *inventory* tepat pada s , dimana $S = s + Q$. Jika transaksi bisa lebih besar dari ukuran unit, kuantitas pengisian dalam sistem (s, S) menjadi *variabel*. Perbedaan antara sistem (s, Q) dan (s, S) dapat dilihat pada Gambar 2.7. Sistem (s, S) sering disebut sebagai sistem *min-max* karena posisi *inventory* tersebut, kecuali kemungkinan penurunan sesaat ke bawah titik *reorder point* selalu berada antara nilai minimum s dan nilai maksimum S .



Gambar 2.7 Dua Tipe dari Sistem *Continuous Review* (Silver, 2017).

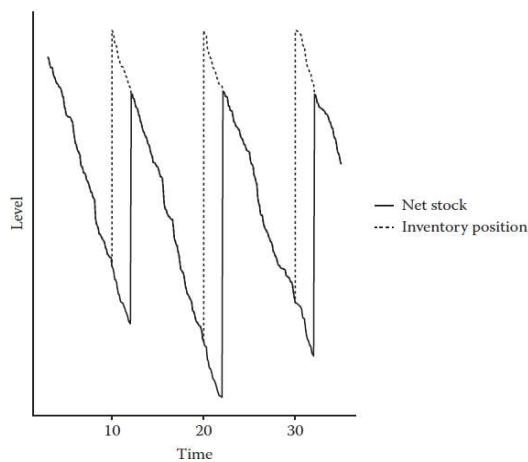
Sistem (s, S) yang optimal dapat ditunjukkan dari total biaya pengisian ulang, *carrying inventory*, dan *stockout* yang tidak lebih besar dari pada yang ada pada sistem (s, Q) sistem. Namun, upaya komputasi untuk menemukan pasangan (s, S) terbaik jauh lebih mahal. Dengan demikian, (s, Q) mungkin merupakan pilihan yang lebih baik, kecuali mungkin ketika berhadapan dengan item di mana penghematan dirasa cukup besar. Kekurangan dari metode ini optimasi matematis relatif lebih sulit dilakukan. Kelemahan sistem (s, S) lainnya adalah kuantitas *order* barang. Dari pemasok lebih sering terjadi kesalahan karena pihak pemasok lebih suka prediksi kuantitas *order* yang tetap, terutama jika ukuran *lot* yang telah ditentukan dapat mudah dipenuhi oleh pemasok.

2.4.2. *Periodic Review*

Pada sistem persediaan *periodic review* dilaksanakan *monitoring* dan kontrol terhadap tingkat interval pada *inventory* pada *interval* waktu (T) yang sama. Biaya dari *monitoring* lebih murah karena dilakukan secara berkala. Tetapi, apabila terjadi kekurangan *stock* saat tidak terjadi *monitoring* maka tidak dapat dilakukan tindakan apapun sehingga akan terjadi *shortage*. Sehingga, untuk menghindari adanya *stockout* harus disediakan *stock* pengaman dalam jumlah besar. Namun, *safety stock* dalam jumlah besar akan berpengaruh terhadap biaya penyimpanan yang dikeluarkan oleh perusahaan.

2.4.2.1 Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R, S) System

Sistem ini juga dikenal sebagai *replenishment cycle system* yang biasanya digunakan pada perusahaan tanpa kontrol komputer yang modern. Hal tersebut juga sering terlihat ketika barang dipesan dari pemasok yang sama atau ketika saat membutuhkan pembagian sumber daya. Prosedur pengendalian adalah ketika setiap unit R dari waktu (pada setiap tinjauan instan) cukup diperintahkan untuk menaikkan posisi *inventory* ke level S.



Gambar 2. 8 (R,S) Sistem, *Order Ditempatkan Setiap 10 Periode, Lead Time 2 Periode* (Silver, 2017).

Ciri khas dari sistem tersebut dapat dilihat di gambar 2.8. Karena *periodic-review property*, sistem ini lebih disukai untuk memesan sistem poin dalam hal mengoordinasikan penambahan item terkait. Misalnya, ketika memesan dari luar negeri, seringkali perlu mengisi *shipping container* untuk menjaga agar biaya pengiriman tetap terkendali. Koordinasi yang diberikan oleh *periodic-review property* dapat memberikan penghematan yang signifikan. Selain itu, sistem (R, S) menawarkan kesempatan reguler (setiap unit R dari waktu) untuk menyesuaikan *order-up-to-level* S, properti yang diinginkan jika pola permintaan berubah seiring waktu. Kerugian utama dari sistem (R, S) adalah bahwa jumlah pengisian bervariasi dan biaya angkut lebih tinggi daripada jika dibandingkan dengan *continuous-review systems*.

2.4.2.2 (R, s, S) System

Sistem ini adalah kombinasi dari sistem (s, S) dan (R, S). dengan setiap unit R waktu dilakukan pemeriksaan posisi *inventory*. Jika berada pada titik *reorder point* atau barang yang ada pada *inventory* dibawah titik tersebut maka dilakukan *order* untuk menaikkannya ke S. Sistem (s, S) merupakan kasus khusus di mana R = 0, dan (R, S) adalah juga kasus khusus di mana s = S - 1. Atau dapat diartikan sistem (R,s,S) sebagai versi berkala dari sistem (s, S). Sistem (R, S) dapat dilihat sebagai implementasi periodik dari (s, S) dengan s = S - 1. Sistem (R, s, S) merupakan sistem terbaik karena menghasilkan total biaya *order*, pengangkutan, dan ketidak ketersediaan barang yang lebih rendah daripada sistem lainnya. Namun, upaya komputasi untuk mendapatkan nilai terbaik dari tiga parameter kontrol lebih sulit dari sistem lainnya.

	<i>Continuous Review</i>	<i>Periodic Review</i>
A items	(s, S)	(R, s, S)
B items	(s, Q)	(R, S)

Gambar 2.9 *Rules of Thumb* untuk Memilih Bentuk dari Kebijakan *Inventory* (Silver, 2017).

Oleh karena itu untuk penjadwalan barang yang sederhana dan penurunan biaya penjadwalan tidak berpengaruh signifikan maka metode yang lebih sederhana sering digunakan untuk menentukan kebijakan *inventory* barang. Sistem ini juga lebih sulit untuk dipahami daripada beberapa sistem yang lainnya. Gambar 2.9 menunjukkan cara untuk menentukan kebijakan *inventory*. Untuk item B kebijakan yang biasa digunakan adalah secara manual dengan pendekatan *simple*, yakni (s, Q) atau (R, S) sistem. Dengan usaha tidak terlalu besar tetapi penghematan biaya juga tidak terlalu besar.

Perhitungan yang digunakan dalam sistem (R, s, S) ini adalah (Waters, 2003).

$$\begin{aligned} \text{Safety stock} &= Z \times \text{standard deviation of demand over } T + LT \\ &= Z \times \sigma \times \sqrt{T + LT} \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\text{Target stock level} = D \times (T+LT) + Z \times \sigma \times \sqrt{T + LT} \quad (2.13)$$

$$\text{Order quantity} = \text{target stock level} - \text{stock on hand} - \text{stock on order} \quad (2.14)$$

dimana :

Z = bilangan *inverse* dari normal distribusi sesuai dengan *service level*

T = periode pengecekan barang

LT = *Lead Time*

D = permintaan rata – rata

Target stock level = Maksimum stock

2.5. Reliability

Keandalan atau *reliability* merupakan besarnya probabilitas suatu *spare parts* atau sistem untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya dalam jangka waktu dan kondisi waktu tertentu (Lewis, 1994). Hal tersebut dapat ditunjukkan dari *random variable t* (*the time-to-system-failure*). *Probability Density Function* (PDF), $f(t)$ mempunyai makna fisik.

$$f(t) \Delta t = P\{t < t \leq t + \Delta t\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{probability that failure} \\ \text{takes place at a time} \\ \text{between } t \text{ and } t + \Delta t \end{array} \right\} \quad (2.15)$$

CDF (*Cumulative Distribution Function*) , $F(t)$ mempunyai arti

$$F(t) = P\{t \leq t\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{probability that failure} \\ \text{takes place at a time} \\ \text{less than or equal to } t \end{array} \right\} \quad (2.16)$$

Nilai keandalan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.17 berikut.

$$R(t) = P\{t > t\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{probability that a system} \\ \text{operates without failure} \\ \text{for length of time} \end{array} \right\} \quad (2.17)$$

Karena sistem tidak *fail* untuk $t \leq t$, harus gagal pada $t > t$,

$$\text{sehingga } R(t) = 1 - F(t) \quad (2.18)$$

dimana :

$F(t)$ = *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$R(t)$ = *Reliability Function*

$f(t)$ = *Probability Density Function* (PDF)

Evaluasi keandalan dapat ditentukan dengan menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif.

2.6. Perkiraan *Demand* dengan Metode Simulasi Monte Carlo

Pendekatan Monte Carlo digunakan untuk menghasilkan variabel input dalam simulasi seperti waktu antar kedatangan, waktu proses dan variabel input lainnya yang sesuai dengan distribusi yang diinginkan. Teknik ini menggunakan bilangan random yang berdistribusi *uniform* untuk kemudian mengkonversinya menjadi distribusi probabilitas yang diinginkan. Sebelum dapat mengaplikasikan metode ini maka terlebih dahulu harus mengetahui distribusi beserta parameternya dari sistem nyata yang kemudian akan dihasilkan kembali dalam model. Hal ini biasanya memerlukan suatu observasi terhadap objek pengamatan misalnya dengan menerapkan studi pengukuran kerja dan waktu standar.

Menirukan *demand* historis dilakukan dengan *generate* bilangan *random* kemudian nilai padanannya dengan *demand* disesuaikan dengan *Histogram* frekuensi *demand*. Selanjutnya estimasi *demand* masa datang dapat dilakukan sesuai dengan periode perencanaan yang diinginkan.

Secara manual metode ini mempunyai langkah-langkah sebagai berikut :

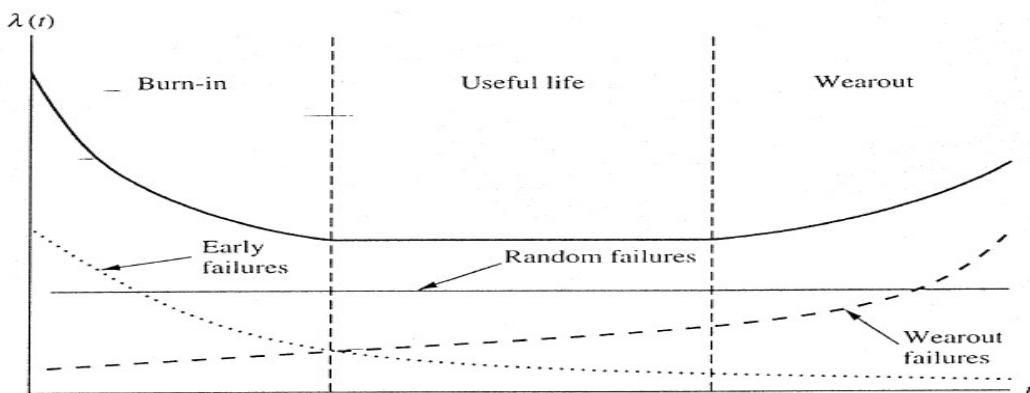
1. Lakukan observasi terhadap parameter yang akan dimodelkan
2. Hitung frekuensi tiap-tiap nilai parameter
3. Hitung distribusi frekuensi kumulatif dan distribusi probabilitas kumulatif
4. Pasangkan nilai kelas dari tiap parameter dengan bilangan *random* dengan *range* antara 00 sampai 99
5. Tarik suatu bilangan *random* dengan menggunakan tabel *random*
6. Dapatkan nilai parameter yang sesuai dengan memasangkan bilangan random yang dihasilkan.

2.7. Perkiraan *Demand* dengan *Reliability*

Keandalan sangat erat kaitannya dengan kualitas suatu produk dan sering dianggap sebagai subset kualitas. Kualitas dapat didefinisikan secara kualitatif sebagai jumlah dimana produk memenuhi persyaratan pengguna (pelanggan). Kualitas produk sebagian merupakan fungsi dari desain dan kesesuaian dengan spesifikasi desain. Dalam

hal ini juga tergantung pada sistem produksi dan pada kepatuhan pada prosedur dan toleransi pembuatan. Kualitas dicapai melalui program jaminan kualitas yang baik. Jaminan kualitas adalah serangkaian proses dan prosedur yang direncanakan yang diperlukan untuk mencapai kualitas produk yang tinggi.

Di sisi lain, keandalan berkaitan dengan berapa lama produk terus berfungsi begitu produk tersebut mulai beroperasi. Namun, seperti yang telah kita lihat, keandalan mungkin tergantung pada faktor-faktor eksternal dan bukan hanya kualitas produk itu sendiri. Namun demikian, reliabilitas dapat dipandang sebagai kualitas kinerja operasional produk, dan dengan demikian dapat meningkatkan kualitas ke dalam domain waktu.



Gambar 2.10 *Bathtub Diagram* (Ebeling, 1997).

	<i>Characterized by</i>	<i>Caused by</i>	<i>Reduced by</i>
<i>Burn-in</i>	<i>DFR</i>	<i>Manufacturing defects: welding flaws, cracks, defective parts, poor quality control, contamination, poor workmanship</i>	<i>Burn-in testing</i> <i>Screening</i> <i>Quality control</i> <i>Acceptance testing</i>
<i>Useful life</i>	<i>CFR</i>	<i>Environtment</i> <i>Random loads</i> <i>Human error "Acts of God"</i> <i>Chance events</i>	<i>Redundancy</i> <i>Excess strength</i>
<i>Wear-out</i>	<i>IFR</i>	<i>Fatigue</i> <i>Corrosion</i> <i>Aging</i> <i>Friction</i> <i>Cyllical loading</i>	<i>Derating</i> <i>Preventive maintenance</i> <i>Parts replacement</i> <i>Technology</i>

Gambar 2.11 Perbedaan Tiap Fase *Bathtub* (Ebeling, 1997).

Bentuk dari fungsi *hazard rate* ditunjukkan pada Gambar. 2.10, yang biasa disebut kurva *bathtub*. Sistem yang memiliki fungsi tingkat bahaya ini mengalami penurunan tingkat kegagalan di awal siklus hidupnya, kemudian diikuti oleh tingkat kegagalan yang hampir konstan (masa manfaat), selanjutnya diikuti oleh tingkat kegagalan yang meningkat (kelelahan). Kurva ini dapat diperoleh sebagai gabungan dari beberapa distribusi kegagalan. Di Gambar 2.11 dirangkum beberapa fitur yang membedakan kurva *bathtub* (Ebeling, 1997).

2.8. Distribusi Probabilitas Keandalan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan *variable random*. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan maka perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Berikut ini merupakan beberapa distribusi yang umumnya digunakan dalam menghitung tingkat keandalan suatu peralatan. Distribusi laju kegagalan terbagi menjadi 4 jenis yang akan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

2.8.1 Distribusi Normal

Untuk distribusi *normal* dapat dilihat pada gambar 2.12. PDF dari distribusi *normal* dapat ditulis seperti Persamaan 2.19 berikut (Lewis, 1994).

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.19)$$

Persamaan CDF adalah :

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{(t'-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt' \quad (2.20)$$

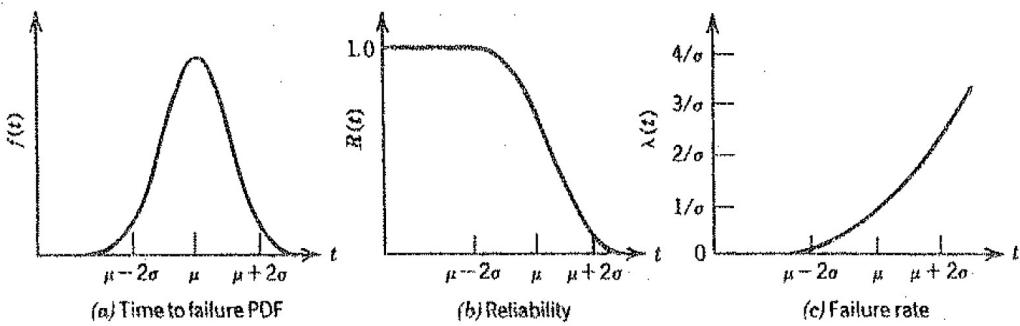
Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi *normal*, maka :

a. Fungsi keandalan distribusi *normal* adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.21)$$

b. Laju kegagalan distribusi *normal* adalah :

$$\lambda(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \left[1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \right]^{-1} \quad (2.22)$$



Gambar 2.12 Distribusi Normal

2.8.2 Distribusi Lognormal

Untuk distribusi *lognormal* dapat dilihat pada gambar 2.13 . Fungsi kerapatan peluang untuk distribusi *lognormal* ditunjukkan pada Persamaan 2.23 berikut (Lewis, 1994).

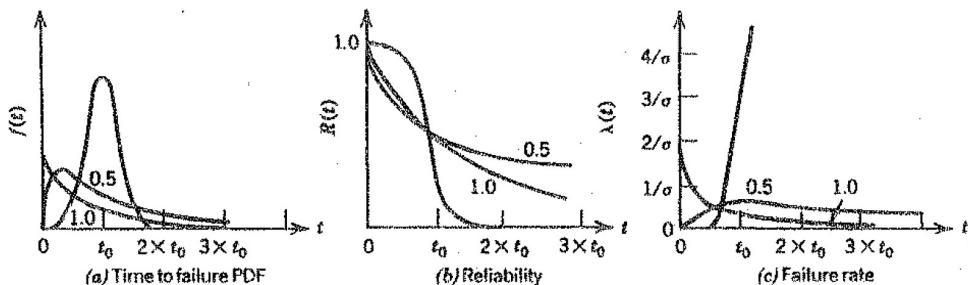
$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\omega t} \exp \left\{ -\frac{1}{2\omega^2} \left[\ln \left(\frac{t}{t_0} \right) \right]^2 \right\} \quad (2.23)$$

Persamaan CDF adalah :

$$F(t) = \Phi \left[\frac{1}{\omega} \ln \left(\frac{t}{t_0} \right) \right] \quad (2.24)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *lognormal* adalah

$$\text{MTTF} = \mu = t_0 \exp (\omega^2 / 2) \quad (2.25)$$



Gambar 2.13 Distribusi Lognormal

2.8.3 Distribusi Weibull

Distribusi *weibull* dapat dilihat pada gambar 2.14. PDF distribusi *weibull* ditunjukkan pada Persamaan 2.26 berikut (Lewis, 1994).

$$f(t) = \frac{m}{\theta} \left[\left(\frac{t}{\theta} \right)^{m-1} \right] \exp \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^m \right] \quad (2.26)$$

Persamaan CDF adalah :

$$F(t) = 1 - \exp [-(t/\theta)^m] \quad (2.27)$$

Jika distribusi waktu kegagalan suatu komponen, subsistem, ataupun sistem mengikuti distribusi *weibull*, maka (Lewis, 1994).

a. Fungsi keandalan distribusi *weibull* adalah:

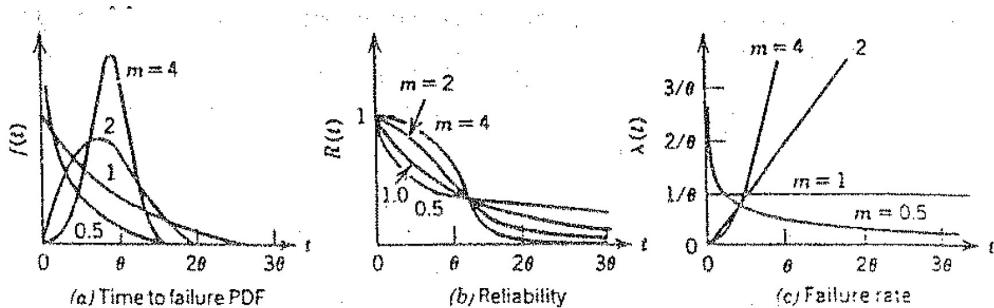
$$R(t) = \exp [-(t/\theta)^m] \quad (2.28)$$

b. Laju kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$\lambda(t) = \frac{m}{\theta} \left[\left(\frac{t}{\theta} \right)^{m-1} \right] \quad (2.29)$$

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$MTTF = \mu = \theta \Gamma(1 + 1/m) \quad (2.30)$$



Gambar 2.14 Distribusi *weibull*

2.8.4 Distribusi *Eksponensial*

Distribusi *eksponensial* dapat dilihat pada gambar 2.15. PDF distribusi *eksponensial* ditunjukkan pada Persamaan 2.31 berikut (Lewis, 1994).

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.31)$$

Persamaan CDF sbb :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.32)$$

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi *eksponensial*, maka (Lewis, 1994).

a. Fungsi keandalan distribusi *eksponensial* adalah:

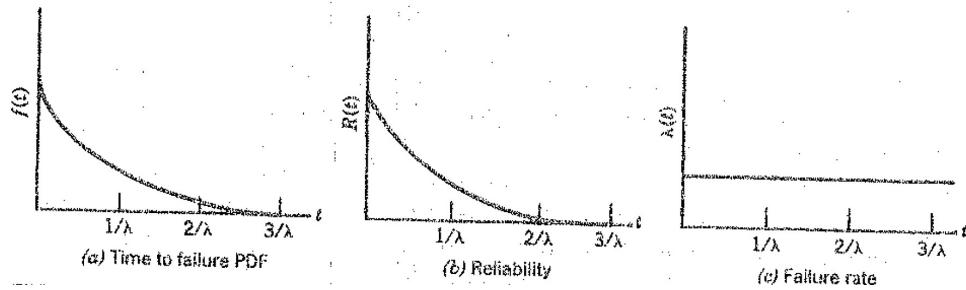
$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.33)$$

b. Laju kegagalan distribusi *eksponensial* adalah:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.34)$$

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi *eksponensial* adalah:

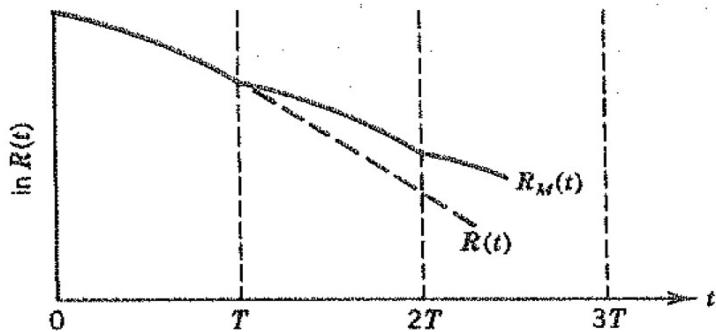
$$MTTF = 1/\lambda \quad (2.35)$$



Gambar 2.15 Distribusi Exponensial

2.9. Preventive Maintenance dan Reliability

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebelum *spare parts* mengalami kerusakan. Kegiatan ini penting dilakukan untuk mencegah gangguan pada proses produksi akibat kerusakan *spare parts*. Misalkan kita menunjukkan keandalan dari sebuah sistem tanpa *maintenance* sebagai $R(t)$, dimana t adalah waktu operasi dari sistem, hal ini hanya termasuk *interval* ketika sistem secara aktual beroperasi, dan tidak termasuk *interval* selama *shut down*. Apabila kita melakukan *maintenance* di sistem pada *interval* T , seperti terlihat pada Gambar 2.16 maka untuk $t < T$ *maintenance* tidak akan mempunyai pengaruh terhadap *reliability*. Tetapi setelah kita lakukan *maintenance* pada T , melakukan rekondisi sistem sebaik mungkin, maka mempunyai implikasi dengan meningkatnya *reliability*, terutama untuk peralatan dimana *aging* atau *wear* bertambah seiring dengan waktu (Lewis, 1994).

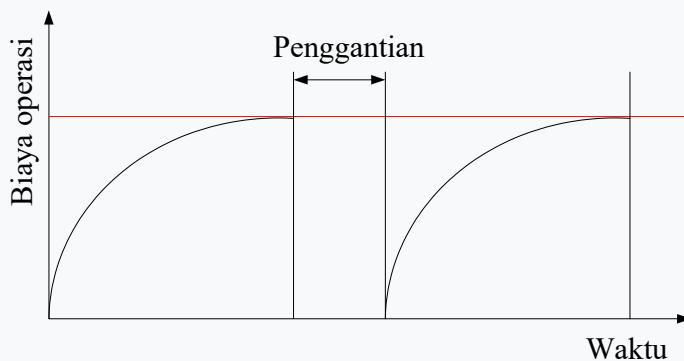


Gambar 2.16 Pengaruh dari *Preventive Maintenance* Terhadap *Reliability* (Lewis, 1994).

2.10. Klasifikasi *Replacement*

Terdapat 2 klasifikasi untuk *replacement* yaitu sebagai berikut.

1. *Replacement* Deterministik : bila waktu dan hasil dari kegiatan penggantian diasumsikan telah diketahui, contoh : untuk alat yang memiliki ongkos operasi yang meningkat jika digunakan. Untuk mengurangi ongkos operasi maka dilakukan penggantian. Setelah penggantian, kecenderungan ongkos operasi dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2. 17 Kecenderungan Biaya Operasi

2. *Replacement* probabilistik : waktu dan hasil dari kegiatan penggantian bersifat tidak pasti. Secara sederhana digambarkan sebagai “sukses” dan “gagal”, *failure* pemicu *replacement* merupakan suatu *variable random* yang distribusinya mengikuti suatu distribusi kerusakan

2.11. Tindakan Penggantian (*Replacement Decision*)

Berdasarkan waktu pelaksanaan terdapat 2 jenis tindakan penggantian pencegahan yaitu :

1. *Block Replacement*, adalah model penggantian pencegahan yang dilakukan pada interval waktu yang tetap. Meskipun pada interval tersebut *spare parts* telah mengalami kerusakan. Model *block replacement* memiliki formulasi sebagai berikut:

$$C(t_p) = \frac{c_p + c_f H(t_p)}{t_p} \quad (2.36)$$

dimana:

C_p = Biaya penggantian pencegahan

C_f = Biaya penggantian kerusakan

$H(t_p)$ = Nomor ekspektasi terjadi kegagalan pada interval $(0, t_p)$

t_p = Panjang siklus

2. *Age Replacement* (Jardine, 2013), adalah model penggantian pencegahan ini dilakukan tergantung pada umur pakai *spare parts*. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval pencegahan berikutnya sesuai dengan interval waktu yang ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut penggantian. Persamaan total biaya penggantian per satuan waktu $C(tp)$ adalah

$$C(t_p) = \frac{\text{Ekpektasi total biaya penggantian per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}} \quad (2.37)$$

Ekspektasi total biaya penggantian per siklus :

= (biaya siklus *preventive* x probabilitas siklus *preventive*) + (biaya siklus *failure* x probabilitas siklus *failure*).

$$= C_p R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)] \quad (2.38)$$

Ekspektasi panjang siklus :

= (panjang siklus *preventive* x probabilitas siklus *preventive*) + (ekspektasi panjang siklus *failure* x probabilitas siklus *failure*).

$$= [(t_p + T_p) x R(t_p)] + [(ekpektasi panjang siklus failure M(t_p)+T_f)x (1-R(t_p))] \quad (2.39)$$

Model *Age Replacement* memiliki formulasi sebagai berikut :

$$C(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)]} \quad (2.40)$$

atau

$$C(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p)R(t_p) + \int_0^{t_p} t \cdot f(t) dt + T_f [1 - R(t_p)]} \quad (2.41)$$

dimana:

$C(t_p)$ = Total biaya penggantian persatuan waktu jika penggantian dilakukan dalam interval (t_p)

$R(t_p)$ = Nilai *reliability* pada saat (t_p)

C_p = Biaya penggantian pencegahan per siklus

C_f = Biaya penggantian kerusakan per siklus

$M(t_p)$ = Nilai rata-rata waktu terjadinya kerusakan

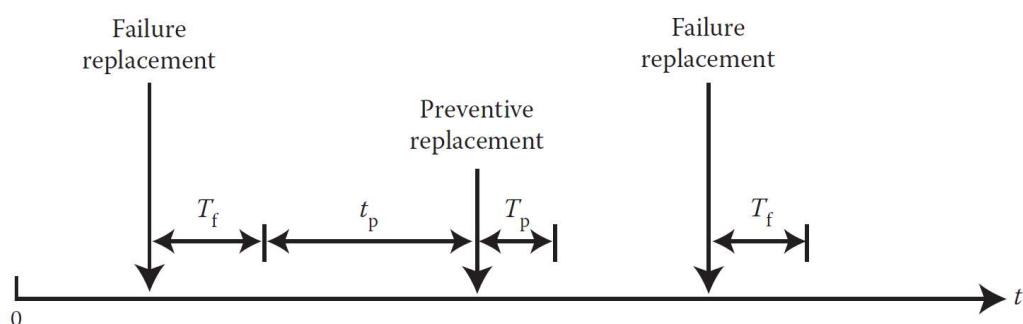
T_f = Waktu penggantian kerusakan

T_p = Waktu penggantian pencegahan

t_p = Interval waktu penggantian pencegahan

2.12. Preventive Replacement Age of An Item Subject to Breakdown

Merupakan kebijakan *replacement* ketika peralatan tersebut mencapai umur tertentu (t_p) dan melakukan penggantian jika terjadi kerusakan. Tujuan dari metode ini adalah untuk menyeimbangkan biaya *replacement preventive* terhadap manfaatnya, dengan menentukan usia *replacement preventive* yang optimal untuk meminimalkan total biaya *replacement* yang diharapkan per unit waktu (Jardine, 2013).

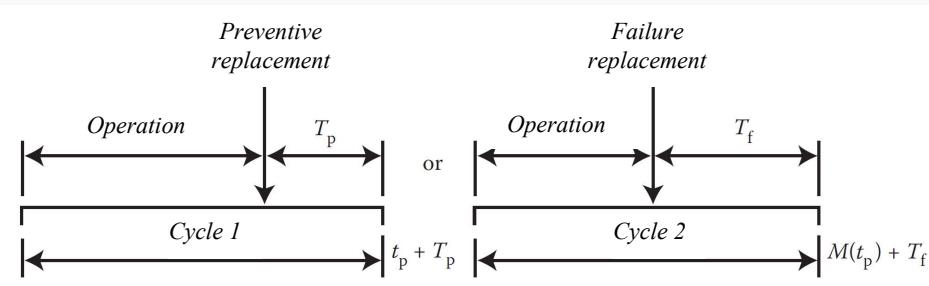


Gambar 2. 18 Kebijakan *Age Based*, Termasuk Durasi dari *Replacement* (Jardine, 2013).

Pada Gambar 2.18 dapat dilihat bahwa melakukan kebijakan *replacement preventive* pada item ketika telah mencapai usia tertentu (t_p) , ditambah *replacement failure* apabila diperlukan. Ada dua kemungkinan yaitu :

1. *Replacement* dilakukan setelah mencapai umur *replacement* yang telah ditetapkan (t_p) (siklus 1)
2. *Replacement* dilakukan pada saat *failure* sebelum waktu *replacement* terjadwal (siklus 2)

Kedua kemungkinan tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2. 19 Siklus *Age Based Replacement*, termasuk durasi *replacement* (Jardine, 2013).

Apabila *spare parts* terlalu sering diganti adalah tidak ekonomis karena belanja *spare parts* menjadi mahal. Sebaliknya bila jarang diganti, ada kemungkinan *spare parts* tersebut rusak pada saat peralatan sedang dipakai, dimana dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar untuk biaya tambahan akibat kerusakan.

2.13. Perhitungan Pengendalian Persediaan Spare Parts (Berdasarkan Reliability)

Mean Time Between Replacement (MTBR) adalah :

$$MTBR = \int_0^S e^{-\left(\frac{s}{\eta}\right)^{\beta}} ds \quad (2.42)$$

Kebutuhan rata-rata *spare parts* selama interval penggantian s (N) adalah :

$$N = \frac{t \cdot R(s) + t \cdot [1 - R(s)]}{MTBR}$$

(2.43)

Kebutuhan maksimum dengan resiko kehabisan α adalah kumulatif dari $P_n(t)$ untuk $n = 0, \dots, N_{\max}$, dimana jumlah kumulatifnya harus lebih besar atau sama dengan $(1-\alpha)$ sesuai persamaan :

$$\sum_{n=0}^{N_{\max}} \frac{H^n(t)}{n!} \cdot e^{-H^n(t)} \geq 1 - \alpha$$

$$\sum_{n=0}^{N_{\max}} \frac{\left(\int_0^t \frac{c\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} dt \right)^n}{n!} \cdot e^{-\left(\int_0^t \frac{c\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} dt \right)} \geq 1 - \alpha \quad (2.44)$$

Safety Stock (SS) selama interval penggantian pencegahan s adalah :

$$SS = N_{\max} - N \quad (2.45)$$

Kebutuhan pada saat *lead time* adalah :

$$D_L = \frac{LT}{MTBR} \quad (2.46)$$

$$c = MTTF + LT \quad (2.47)$$

Reorder Point adalah :

$$ROP = SS + D_L \quad (2.48)$$

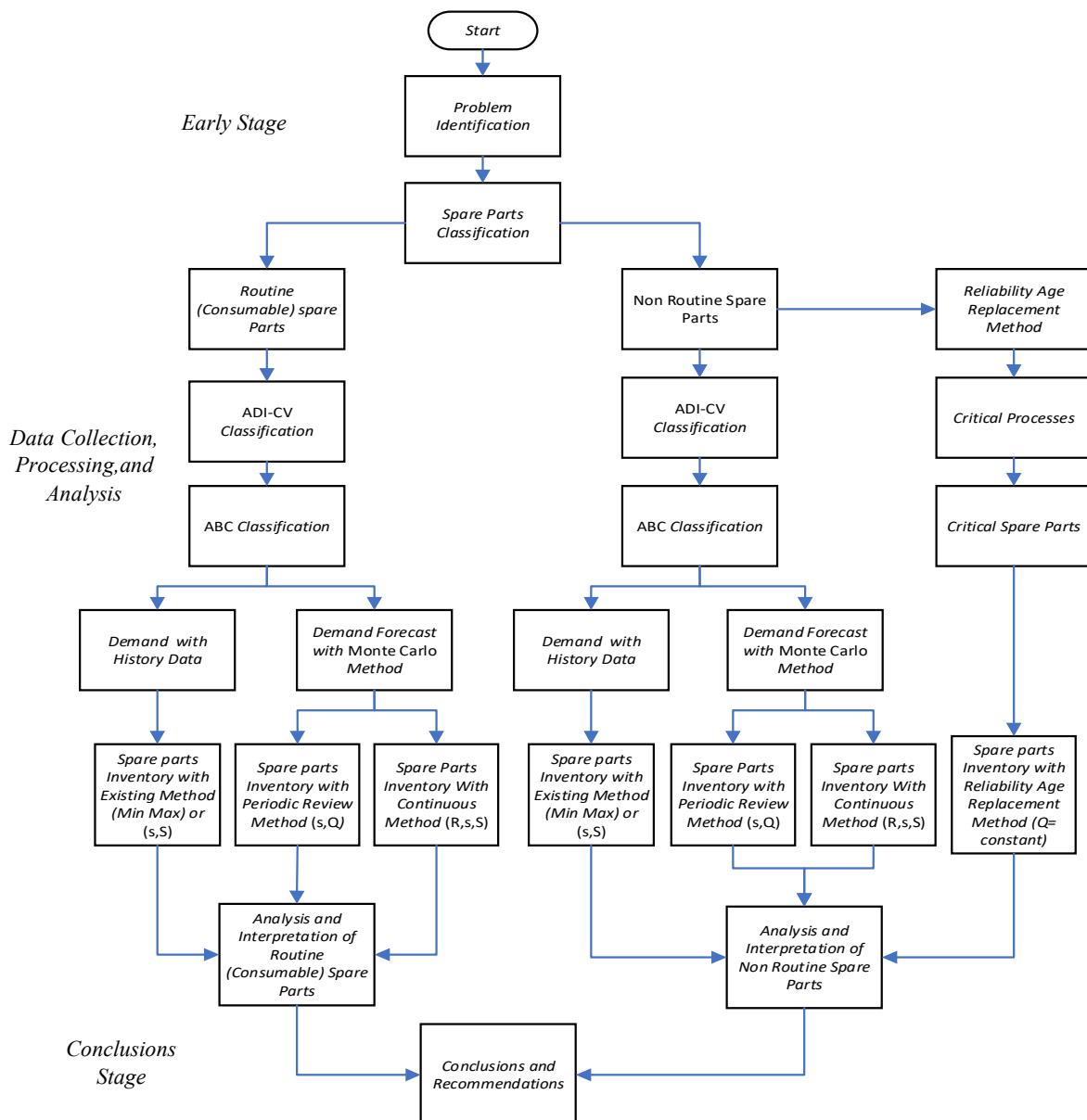
Order quantity (jumlah yang harus dipesan) adalah :

$$Q = N_{\max} - ROP \quad (2.49)$$

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan langkah-langkah yang ditempuh dalam melaksanakan penelitian. Langkah-langkah penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap awal, tahap pengumpulan data, pengolahan data, tahap analisis, dan tahap kesimpulan. Penjelasan lebih lanjut diagram alir dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.1 Tahap Awal

Tahap ini berisi pengenalan dan identifikasi sistem pada perusahaan. Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah-masalah yang terjadi dalam perusahaan. Pengidentifikasiannya dilakukan dengan pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak intern perusahaan.

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur dan lapangan. Untuk studi literatur dilakukan pencarian literatur baik melalui buku, jurnal, maupun tugas yang telah dikerjakan sebelumnya terutama mengenai *spare parts inventory management*, simulasi Monte Carlo, metode *periodic review* (R, s, S), metode *continuous review* (s, Q), dan *reliability*. Untuk studi lapangan dilakukan pengamatan secara langsung pada perusahaan. Pengamatan yang dilakukan adalah mengamati dan memahami proses pengadaan dan pengelolaan *spare parts*.

3.2 Tahap Pengumpulan Data, Pengolahan Data, dan Tahap Analisis

Setelah masalah dalam perusahaan teridentifikasi, selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara proses wawancara dengan pihak internal perusahaan dan data historis perusahaan. Adapun data yang dibutuhkan meliputi:

- Data jenis *spare parts*
- Data pemakaian *spare parts*
- Data harga *spare parts*
- Data *lead time spare parts*
- Data ukuran pemesanan
- Data historis produksi dan *maintenance* peralatan produksi

Data-data yang telah dikumpulkan akan diolah sehingga didapatkan klasifikasi pada *spare parts*. *Spare parts* tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan karakteristik *demand* menggunakan analisis *Average Demand Interval* (ADI) - *Coefficient of Variations* (CV). Selanjutnya dengan menggunakan metode ABC akan diambil 10 item *major spare parts*, dimana ditentukan parameter persediaan dengan asumsi normal. Metode Monte Carlo digunakan untuk *generate demand spare parts*. *Demand* dari data

historis dan *demand* hasil dari metode Monte Carlo dilakukan uji validitas dengan *software Minitab17*.

Untuk *spare parts* rutin (*consumable*) dilakukan perhitungan dengan metode *existing*. Metode *existing* menggunakan data *demand spare parts* historis untuk mengetahui total biaya dan *service level*. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *periodic review* dan *continuous review*. Metode *periodic review* dan *continuous review* menggunakan data *demand spare parts* hasil Monte Carlo. Tahap selanjutnya dilakukan analisis mengenai perbandingan *service level* dan total biaya dengan metode *existing*, metode *periodic review* dan metode *continuous review*.

Untuk *spare parts* non rutin juga dilakukan perhitungan dengan metode *existing*. Metode *existing* menggunakan data *demand spare parts* historis untuk mengetahui total biaya dan *service level*. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *periodic review* dan *continuous review*, juga digunakan pendekatan *reliability*. Pendekatan *reliability* dengan *Age Replacement* menggunakan bantuan *software Weibull++6* dan *Mathcad Prime 5.0*. Didalam pendekatan *reliability* selanjutnya akan dilakukan perhitungan interval penggantian *spare parts*, biaya *preventive replacement*, biaya *corrective replacement*, dan prediksi kebutuhan *spare parts*. Tahap selanjutnya dilakukan analisis mengenai perbandingan *service level* dan total biaya dengan metode *existing*, metode *periodic review*, metode *continuous review*, dan manajemen *inventory* dengan pendekatan *reliability*.

3.3 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan secara umum dari hasil yang telah diperoleh maupun proses pemecahan masalah itu sendiri, disertai pula dengan saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PENGELOLAAN DATA DEMAND INVENTORY

Pada bab ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data-data yang diperlukan dalam penelitian. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis sesuai dengan metode penggerjaan penelitian yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terkait hasil klasifikasi ADI-CV, klasifikasi ABC, dan metode Monte Carlo.

4.1 Data Penggunaan *Spare Parts*.

Berikut merupakan data penggunaan *spare parts* rutin (*consumable*) dan *spare parts* non rutin. Data penggunaan *spare parts* yang ditampilkan merupakan data selama 2 tahun yaitu dari bulan Agustus 2017 hingga bulan September 2019. Data penggunaan masing-masing *spare parts* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Data Penggunaan *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) Agustus 2017 – September 2019

No.	<i>Spare parts</i>	1	2	3	4	5	...	24	25	26	Total
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	0	0	0	0	20	...	0	0	0	85
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	0	0	0	0	0	...	0	0	0	160
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	0	0	0	0	0	...	0	0	0	4.150
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	0	0	2	10	26	...	6	4	0	149
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA	0	0	0	1	2	...	0	0	0	15
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	0	0	0	0	0	...	0	0	0	10
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	0	0	0	0	2	...	0	3	1	185
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	0	0	0	0	2	...	3	4	1	145
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	0	0	0	0	2	...	0	0	0	8
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; META ARAMID	0	0	0	0	0	...	0	0	0	1.000
11	608-200319 - PLATE, WEAR RESIST; 2 ON 3; 1500X3000MM	0	0	0	0	0	...	0	0	0	18
...
637	631-202650 - CABLE, SHOES; 2.5MM2; FORK	0	0	0	0	0	...	0	100	0	150
638	628-200359 - LAMP, SOFTONE; 100W 230V	0	0	0	0	0	...	0	0	0	5
639	615-200518 - BOLT, HEX HD; NUT; M16X35MM; GRD. 5	0	0	0	0	0	...	0	0	0	10
640	631-202856 - CABLE, SHOES; 1.5MM2; FORK	0	0	0	0	0	...	0	50	0	100
641	631-202655 - CABLE, SHOES; 4.0MM2; RING	0	0	0	0	0	...	0	0	0	80

Tabel 4.1 Data Penggunaan *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) Agustus 2017 – September 2019 (Lanjutan)

No.	Spare parts	1	2	3	4	5	...	24	25	26	Total
642	615-200497 - BOLT, HEX HD; NUT; M6X35MM; GRD. 5	0	0	0	0	0	...	0	0	0	39
643	611-201112 - ELBOW, PVC; 3/4IN; 900	0	0	0	0	0	...	0	0	0	10
644	615-201837 - BOLT, SOCKET HD; M8; 1.25MMX20MM; GRD.8	0	0	0	0	0	...	0	0	0	5
645	611-201540 - TEE, PVC; 1IN	0	0	0	0	0	...	0	0	0	3
646	611-201113 - ELBOW, 1IN; 900; PVC	0	0	0	0	0	...	0	0	0	3

Tabel 4.2 Data Penggunaan *Spare Parts* Non Rutin Agustus 2017 – September 2019

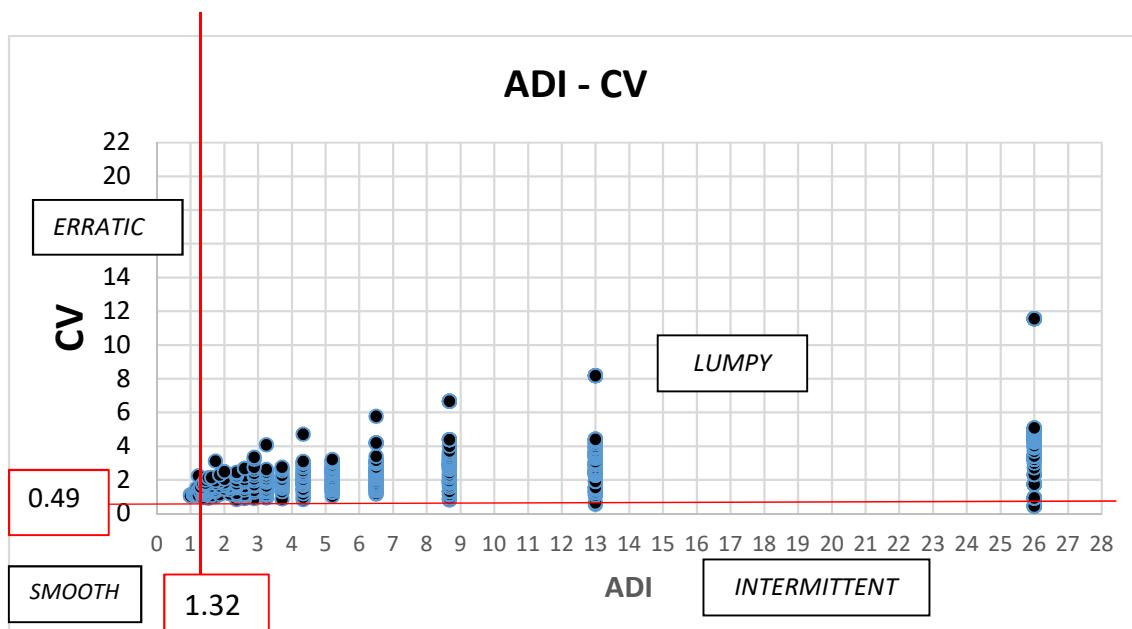
No.	Spare parts	1	2	3	4	5	...	24	25	Total
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	0	0	0	0	0	0	0	0	130
2	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	0	0	0	0	0	0	140	0	862
3	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	0	0	1	0	0	0	0	0	7
4	633-200003 - PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	0	0	0	0	0	1	0	1	15
5	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	0	0	0	0	0	41	0	0	118
6	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	0	0	0	0	0	0	63	0	319
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE: ECS.SO4.032.001	0	0	0	22	0	0	0	0	115
8	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	0	0	0	0	0	0	0	0	4,500
9	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	0	0	41	0	0	39	0	0	377
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	0	0	0	0	0	0	0	0	156
..
456	631-202935 - CABLE, LUG; 25MM2	0	0	0	0	0	0	0	0	10
457	631-202830 - CABLE, NYAF; 0.75 MM2; BLUE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
458	631-202835 - CABLE, NYAF; 0.75 MM2; YELLOW	0	0	0	0	0	0	0	0	1
459	631-203287 - NETVIEL FUSION SLEEVE; 30MM	0	0	0	0	0	0	0	0	100
460	616-600537 - SEAL, OIL; 155MM IDX180MM ODX15MM	0	0	0	0	0	0	0	0	2
461	631-203392 - ADAPTER COUPLER; NVL – ST-MM-AC-SPX	0	0	0	0	0	0	0	0	4
462	318-200129 - SPRING, COMPRESSION; POS.1820.1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
463	631-200486 - CABLE, SHOES; RING; 95MM2	0	0	0	0	0	0	0	0	8
464	616-600538 - SEAL, OIL; 130MM IDX160MM ODX12MM	0	0	0	0	0	0	0	0	2
465	307-200020 - SHAFT STEEL, SOLID DIA.10MM x LG.3000MM,	0	0	0	0	0	0	0	0	1

4.2 Klasifikasi Spare Parts dengan Analisis ADI-CV

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi *spare parts* dengan analisis ADI-CV dan ABC. Pada sub bab ini untuk mengenali pola *demand spare parts* dilakukan berdasarkan historis *demand*, dimana hal tersebut akan menentukan cara mengestimasi *demand* masa datang. *Inventory spare parts* pada dasarnya dikategorikan menjadi dua, yang pertama yaitu deterministik dengan ciri khas *demand* diketahui secara pasti dan tidak memiliki variasi ($S=0$) dan yang kedua yaitu probabilistik dengan ciri khas fenomena *demand* tidak diketahui secara pasti, ekspektasi, variansi, dan pola distribusi kemungkinannya dapat diprediksi ($S\neq0$), untuk *inventory* probabilistik metode pengendalian *inventory* menggunakan *Fixed Order Quantity* atau *Fixed Order Interval*. Dan dalam penelitian ini juga menggunakan Metode *Reliability* untuk *spare parts* non rutin. Hasil klasifikasi ADI-CV dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 4.3 Resume Klasifikasi Spare Parts Rutin (*Consumable*) dengan Analisis ADI-CV

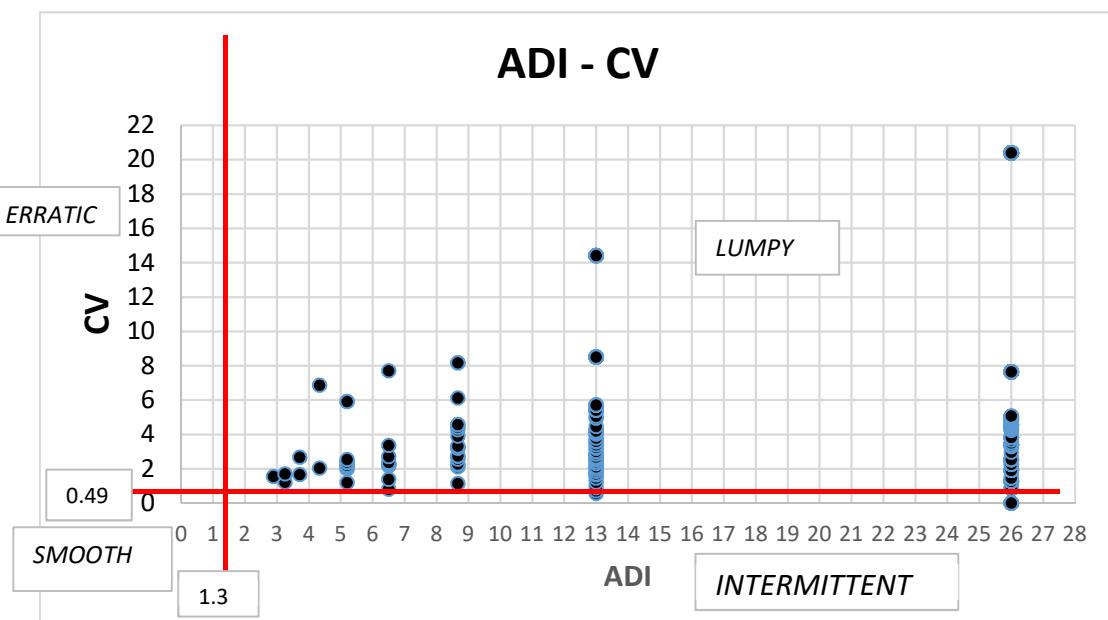
No.	KATEGORI	QTY	%
1	SMOOTH	0	0%
2	ERRATIC	15	2,3%
3	INTERMITTENT	11	1,7%
4	LUMPY	620	96,0%
		646	100%



Gambar 4.1 Analisis ADI-CV untuk Spare Parts Rutin (*Consumable*)

Tabel 4.4 Resume Klasifikasi *Spare Parts* Non Rutin dengan Analisis ADI-CV

No.	KATEGORI	QTY	%
1	<i>SMOOTH</i>	0	0%
2	<i>ERRATIC</i>	0	0%
3	<i>INTERMITTENT</i>	14	3%
4	<i>LUMPY</i>	451	97%
		465	100%



Gambar 4.2 Analisis ADI-CV untuk *Spare Parts* Non Rutin

Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 sesuai pada tinjauan pustaka yang telah dijabarkan pada bab dua, dengan analisis ADI-CV akan diketahui di kuadran mana *spare parts* tersebut berada (*smooth*, *erratic*, *intermittent*, dan *lumpy*). Berdasarkan hasil klasifikasi nilai ADI-CV untuk *spare parts* rutin tidak ada yang masuk dalam kategori *smooth* ($ADI \leq 1.32$; $CV \leq 0.49$), 15 jenis atau 2.3% masuk kategori *erratic* ($ADI \leq 1.32$; $CV > 0.49$), 11 jenis atau 1.7 % masuk kategori *intermittent* ($ADI > 1.32$; $CV \leq 0.49$) dan 620 jenis atau 96.0 % masuk kategori *lumpy* ($ADI > 1.32$; $CV > 0.49$). Kemudian untuk *spare parts* non rutin tidak ada yang masuk dalam kategori *smooth* ($ADI \leq 1.32$; $CV \leq 0.49$) dan *erractic* ($ADI \leq 1.32$; $CV > 0.49$), 14 jenis atau 3.0 % masuk kategori *intermittent* ($ADI > 1.32$; $CV \leq 0.49$), dan 451 jenis atau 97.0 % masuk kategori *lumpy* ($ADI > 1.32$; $CV > 0.49$).

4.3 Klasifikasi Spare Parts dengan Analisis ABC

Klasifikasi ABC disebut juga sebagai analisis Pareto atau 'aturan 80-20', dimana 20 persen dari item *inventory* membutuhkan 80 persen perhatian khusus dan mempunyai dampak signifikan terhadap penggunaan biaya. Berikut tabel klasifikasi ABC untuk *spare parts* tersebut.

Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi ABC pada *Spare Parts* Rutin (*Consumable*)

No.	Spare Parts	Qty	Harga	Oty x Harga	(%)	Kum. (%)	Kat.
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	85	8.736.200	742.577.000	3,28%	3,28%	A
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	160	4.526.000	724.160.000	3,20%	6,48%	A
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	4150	136.500	566.475.000	2,50%	8,98%	A
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	149	3.800.000	566.200.000	2,50%	11,48%	A
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA	15	30.744.000	461.160.000	2,04%	13,52%	A
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	10	41.184.000	411.840.000	1,82%	15,34%	A
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/- 5% TOL	185	2.123.626	392.870.810	1,74%	17,08%	A
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/- 5% TOL	145	2.613.320	378.931.400	1,67%	18,75%	A
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	8	44.080.000	352.640.000	1,56%	20,31%	A
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; META ARAMID	1000	340.000	340.000.000	1,50%	21,81%	A
...
75	201-200228 - ANCHOR, DOUBLE Y; 12MMX320MM; SUS-310 - C	310	284.000	88.040.000	0,39%	70,16%	B
76	318-200006 - BELLOWS, SUCTION (RUBBER SUCKER); POS 800 - C	170	516.500	87.805.000	0,39%	70,55%	B
77	334-600076 - SEPARATOR, ELEMENT; P/N.22219174 - C	4	21.661.690	86.646.760	0,39%	70,93%	B
78	334-600076 - SEPARATOR, ELEMENT; P/N.22219174 - C	4	21.661.690	86.646.760	0,39%	71,32%	B
79	608-200167 - PLATE, WEAR RESIST; 20MMX1500MMX3000MM - C	5	16.800.000	84.000.000	0,37%	71,69%	B
80	119-200101 - OIL, KLUBER; WOLFRACOAT C-FLUID - C	8	10.380.000	83.040.000	0,37%	72,06%	B
81	635-200054 - PNEUMATIC POSITIONER; BURKERT; 8792 - C	3	26.260.080	78.780.240	0,35%	72,42%	B
82	605-201404 - SHOES, SAFETY; DARWIN - C	180	431.000	77.580.000	0,35%	72,76%	B
83	608-200211 - PLATE, STEEL; 20MMX6FTX20FT; +/- 5% TOL - C	5	15.226.000	76.130.000	0,34%	73,10%	B
84	607-200016 - PLATE, STEEL; 2MMX4FTX8FT; +/- 5% TOL - C	137	543.028	74.394.836	0,33%	73,43%	B
...
185	618-200048 - DISC, CUTTING WHEEL; 100MMX1.2MMX16MM - C	1.108	17.350	19.223.800	0,09%	90,19%	C
186	605-203578 - ELECTRODE, WELDING; 3.2MM; MG NOX 21 - C	130	147.100	19.123.000	0,09%	90,27%	C
187	611-201234 - FLANGE, 8IN; RAISED FACE SLIP ON - C	40	473.500	18.940.000	0,08%	90,36%	C
188	611-200010 - PIPE, GALV; 1-1/4INX6M; MEDIUM-A - C	52	364.000	18.928.000	0,08%	90,44%	C

Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi ABC pada *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) (Lanjutan)

No.	Spare Parts	Qty	Harga	Qty x Harga	(%)	Kum. (%)	Kat.
189	605-203847 - GOGGLES, KING'S DIVISA; TYPE: KY2224 - C	260	72.000	18.720.000	0,08%	90,53%	C
190	605-203188 - APPRON, LEATHER; F/WELDER KINCO - C	80	232.000	18.560.000	0,08%	90,61%	C
191	201-200232 - ANCHOR, Y; 8MMX170MM; SUS-310; TWQ - C	400	46.100	18.440.000	0,08%	90,69%	C
192	SI00000048 - BEARING,BALL:DG;1R;220MM ID:6044;C3 - C	2	9.208.700	18.417.400	0,08%	90,77%	C
193	119-200085 - ATLAS COPCO LUBRICANTS ROTO - Z; 2908 85 - C	4	4.565.034	18.260.136	0,08%	90,86%	C
194	619-200063 - DEGREASER, NEUTRAL; F-904; 30L - C	8	2.275.350	18.202.800	0,08%	90,94%	C
...
645	611-201540 - TEE, PVC; 1IN - C	3	4.000	12.000	0,00%	100,00%	C
646	611-201113 - ELBOW, 1IN; 900; PVC - C	3	3.300	9.900	0,00%	100,00%	C

Tabel 4.6 Resume Klasifikasi ABC pada *Spare parts* Rutin (*Consumable*)

Category	Qty Item	percent of items	percentage of use by value	value (Rupiah)
A	74	11,46%	69,76%	15.643.005.582
B	110	17,03%	20,34%	4.561.024.966
C	462	71,52%	9,90%	2.219.112.657
<i>SUM</i>	646	100,00%	100,00%	22.423.143.205

Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi ABC pada *Spare Parts* Non Rutin

No.	Spare Part Item Number	Qty	Harga	Qty x Harga	(%)	Kum. (%)	Kat.
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	122	71.800.000	8.759.600.000	14,06%	14,06%	A
2	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	862	9.000.000	7.758.000.000	12,34%	26,51%	A
3	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	7	678.917.500	4.752.422.500	7,56%	34,14%	A
4	633-200003 - PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	15	270.000.000	4.050.000.000	6,44%	40,64%	A
5	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	118	34.000.000	4.012.000.000	6,38%	47,08%	A
6	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	319	8.900.000	2.839.100.000	4,51%	51,63%	A
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE: ECS.SO4.032.001	115	21.000.000	2.415.000.000	3,84%	55,51%	A
8	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	4500	235.000	1.057.500.000	1,68%	57,21%	A
9	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	377	2.700.000	1.017.900.000	1,62%	58,84%	A
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	156	5.009.400	781.466.400	1,24%	60,09%	A

Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi ABC pada *Spare Parts* Non Rutin (Lanjutan)

No.	Spare Part Item Number	Qty	Harga	Qty x Harga	(%)	Kum. (%)	Kat.
...
20	631-600661 - LOADCELL; P/N 4290488	8	64.850.000	518.800.000	0,83%	70,64%	B
21	119-200173 - OIL, CASTROL; ALPHA SP 320	80	6.374.500	509.960.000	0,81%	71,46%	B
22	316-200924 - COVER LOCK; HP-ID-CM-SI-RBG-CL-MMC-COVER	260	1.900.000	494.000.000	0,79%	72,25%	B
23	318-200032 - DRYER, ULTRAPAC; 2000-0080 (STANDARTD)	6	67.000.000	402.000.000	0,64%	72,90%	B
24	624-200062 - REDUCER, PLANETARY; SL6003/MP1/80.6/	1	381.900.000	381.900.000	0,61%	73,51%	B
25	334-201286 - REFRIGERANT AIR DRYER, FAD 60M3/MIN	1	375.000.000	375.000.000	0,60%	74,11%	B
26	626-205439 - VAR SPEED DRIVE, ABB ACS880-07-0505A-3	1	370.000.000	370.000.000	0,59%	74,71%	B
27	317-200625 - C-PROFILE 1190, HP-SI-TB2-CL-CP1190L	120	2.970.000	356.400.000	0,57%	75,28%	B
28	624-600170 - REDUCER, PLANETARY; SL4004/MP1/200/MM20.	1	332.000.000	332.000.000	0,53%	75,81%	B
29	317-200448 - PLATE, AIR DISTRIBUTION PLATE UPPER	125	2.600.000	325.000.000	0,52%	76,34%	B
...
82	626-204826 - PRESSURE AIR COMPRESSOR; 20HP/15KW	1	81.747.000	81.747.000	0,13%	89,99%	C
83	631-203148 - CONTROLLER; CCN: 23711288	1	80.000.000	80.000.000	0,13%	90,12%	C
84	301-200499 - VALVE, DUALINE; DDC-228; CIRVAL	10	7.861.400	78.614.000	0,13%	90,25%	C
85	334-200049 - EXCHANGER, HEAT; P/N.273-SUR-HE-1701005	1	78.400.000	78.400.000	0,12%	90,37%	C
86	621-600064 - PULLEY; DIA 630MMX1600MMX140MM; 47029118	1	76.566.000	76.566.000	0,12%	90,50%	C
87	339-200032 - SCREEN PLATE, TRANSVERSALLY TENSIONED	4	18.850.000	75.400.000	0,12%	90,62%	C
88	317-200412 - REGULATOR, REGULATOR 90904 S	8	9.260.000	74.080.000	0,12%	90,74%	C
89	616-201363 - SEAL, FOR ROTARY KILN TYRE I&III	1	74.060.000	74.060.000	0,12%	90,85%	C
90	611-201522 - PIPE, STAINLESS STEEL; 4INX6M; SCH.80	6	12.250.000	73.500.000	0,12%	90,97%	C
91	632-200053 - BELT WEIGHER, INTECONT TERSUS	1	69.750.000	69.750.000	0,11%	91,08%	C
...
464	616-600538 - SEAL, OIL; 130MM IDX160MM ODX12MM	2	38.000	76.000	0,00%	100,00%	C
465	307-200020 - SHAFT STEEL, SOLID DIA.10MM x LG.3000MM,	1	35.000	35.000	0,00%	100,00%	C

Tabel 4.8 Resume Klasifikasi ABC pada *Spare Parts* Non Rutin.

CATEGORY	Qty Item	percentage of items	percentage of use by value	value (Rupiah)
A	19	4,09%	69,81%	43.497.942.568
B	62	13,33%	20,05%	12.492.678.182
C	384	82,58%	10,14%	6.317.499.714
SUM	465	100,00%	100,00%	62.308.120.464

Berdasarkan hasil klasifikasi ABC diperoleh *quantity* pemakaian serta harga dari *spare parts* tersebut. Untuk *spare parts* rutin terdapat 646 jenis, dimana 74 jenis masuk kategori A, 110 jenis masuk kategori B, dan 462 jenis masuk kategori C. Kemudian untuk *spare parts* non rutin terdapat 465 jenis, dimana 19 jenis masuk kategori A, 62 jenis masuk kategori B, dan 384 jenis masuk kategori C. Setelah sebelumnya *spare parts* diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *spare parts* rutin (*consumable*) dan *spare parts* non rutin, kemudian pengklasifikasian *spare parts* menggunakan analisis ADI-CV dan ABC. Hal ini dilakukan untuk menentukan *spare parts* yang akan dipilih untuk kemudian dilakukan perhitungan pada penelitian ini. Dari klasifikasi tersebut diatas diambil 10 *spare parts* rutin (*consumable*) teratas yang masuk kategori A dan 10 *spare parts* non rutin teratas yang masuk kategori A. Dari hasil analisis ADI-CV untuk *spare parts* tersebut mempunyai kategori *lumpy*, yang akan dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *existing*, metode *periodic review*, metode *continuous review*, kemudian dilakukan pembahasan dengan metode *reliability*.

4.4 *Sample data Spare Parts*

Sesuai dengan metode penelitian di BAB 3, pada penelitian ini diambil sampel data dari *spare parts* dengan kategori A, baik *spare parts* rutin (*consumable*) dan *spare parts* non rutin sebanyak masing-masing 10. Sampel data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 *Sample Data Spare Parts Rutin (Consumable) dengan Analisis ADI-CV*

No.	<i>Spare parts</i>	ADI	CV	Category	Category
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	5,20	2,55	LUMPY	A
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	6,50	2,59	LUMPY	A
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	13,00	3,68	LUMPY	A
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	1,37	1,15	LUMPY	A
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA	6,50	2,49	LUMPY	A
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	26,00	3,43	LUMPY	A
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	1,37	1,30	LUMPY	A

Tabel 4.9 *Sample Data Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Analisis ADI-CV (Lanjutan)

No.	Spare parts	ADI	CV	Category	Category
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	1,24	1,37	LUMPY	A
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	8,67	1,99	LUMPY	A
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; META ARAMID	6,50	2,78	LUMPY	A

Tabel 4.10 *Sample Data Spare Parts* Non Rutin dengan Analisis ADI-CV

No.	Spare Part	ADI	CV	Category	Category
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	5,20	1,84	LUMPY	A
2	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	4,33	2,04	LUMPY	A
3	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	5,20	5,92	LUMPY	A
4	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	3,71	2,68	LUMPY	A
5	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	5,20	2,05	LUMPY	A
6	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	5,20	2,14	LUMPY	A
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	5,20	1,99	LUMPY	A
8	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	5,20	2,39	LUMPY	A
9	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	3,25	1,69	LUMPY	A
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	6,50	2,22	LUMPY	A

Tabel 4.11 Sample Data Spare Parts Rutin (Consumable)

	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Spare parts	119-200057	328-200185	332-200368	619-200055	119-200096	119-200268	607-200021	607-200022	119-200157	332-200212
	Harga	8.736.200		OIL, BP ENERGOL/CASTROL/HYSPIN; HLP-69							
	Satuan	DRUM	METER	EA	PAIL	DRUM	DRUM	LBR	LBR	DRUM	EA
1	Aug-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Sep-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Oct-17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
4	Nov-17	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0
5	Dec-17	20	0	0	26	2	0	2	2	2	0
6	Jan-18	23	0	0	5	2	10	21	31	5	0
7	Feb-18	37	0	0	7	10	0	21	27	0	0
8	Mar-18	0	0	0	10	0	0	20	6	0	355
9	Apr-18	1	0	1625	9	0	0	1	5	0	64
10	May-18	4	0	0	0	0	0	2	1	0	0
11	Jun-18	0	50	0	0	0	0	0	2	0	0
12	Jul-18	0	10	0	3	0	0	1	1	0	0
13	Aug-18	0	0	0	7	0	0	6	6	0	81
14	Sep-18	0	0	0	4	0	0	19	5	0	0
15	Oct-18	0	0	0	2	0	0	3	5	0	0
16	Nov-18	0	0	0	0	0	0	23	5	0	0
17	Dec-18	0	0	0	8	0	0	15	6	0	0
18	Jan-19	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0
19	Feb-19	0	0	2525	22	0	0	9	5	1	0
20	Mar-19	0	0	0	2	0	0	3	6	0	0
21	Apr-19	0	0	0	10	0	0	0	2	0	0
22	May-19	0	50	0	5	0	0	1	13	0	0
23	Jun-19	0	50	0	7	0	0	10	9	0	0
24	Jul-19	0	0	0	6	0	0	0	3	0	0
25	Aug-19	0	0	0	4	0	0	3	4	0	0
26	Sep-19	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Tabel 4.12 Sample Data Spare Parts Non Rutin

	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Spare parts	307-200044	316-200921	635-200068	633-200003	316-200923	316-201129	635-200033	SI00006207-	324-200207-	613-200743-
	Harga	71,800,000	9,000,000	678,917,500	270,000,000	34,000,000	8,900,000	21,000,000	235,000	2,700,000	5,009,400
	Satuan	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	KG	METER	EA
1	Aug-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Sep-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Oct-17	24	0	1	0	0	0	0	0	41	0
4	Nov-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Dec-17	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0
6	Jan-18	0	0	0	2	0	0	0	500	78	0
7	Feb-18	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	Mar-18	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Apr-18	0	0	0	0	29	81	12	0	39	0
10	May-18	0	0	0	0	0	0	0	1250	0	0
11	Jun-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Jul-18	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0
13	Aug-18	0	135	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Sep-18	0	0	0	3	0	0	0	750	39	0
15	Oct-18	24	0	2	0	0	0	0	0	0	40
16	Nov-18	0	0	0	0	14	0	0	0	0	40
17	Dec-18	0	120	0	0	0	50	36	0	0	39
18	Jan-19	24		2	0	20	71	0	0	0	0
19	Feb-19	0	127	0	3	0	0	30	1250	41	0
20	Mar-19	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
21	Apr-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	May-19	26	0	1	2	14	0	0	0	0	37
23	Jun-19	0	190	0	0	0	54	15	750	61	0
24	Jul-19	0	0	0	1	41	0	0	0	39	0
25	Aug-19	0	140	0	0	0	63	0	0	0	0
26	Sep-19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

4.5 Data Lead Time

Lead time merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan antara pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan hingga penerimaan suku cadang dari *supplier*. *Lead time* pengiriman material pada dasarnya memiliki nilai yang berbeda-beda bergantung pada spesifikasi dan jenis material yang dibutuhkan. Setelah berdiskusi dengan tim *maintenance* dan *warehouse* maka dapat diasumsikan bahwa *lead time* sebagai berikut :

1. *Spare parts* rutin (*consumable*) adalah 1 bulan
2. *Spare parts* non rutin adalah 5 bulan.

4.6 Biaya-biaya dalam persediaan

Dalam persediaan (*inventory*) *spare parts* terdapat berbagai macam biaya. Sebelum mendapatkan biaya persediaan, perlu dihitung terlebih dahulu terkait biaya penyusunnya. Diantaranya yaitu terdapat biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan (*stockout cost*). Ketiga jenis biaya ini selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi berbagai metode kebijakan pengendalian yang diterapkan.

4.6.1. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*)

Biaya pemesanan merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan kegiatan pembelian dari proses *purchase order* sampai pengiriman ke perusahaan. Dari hasil wawancara dengan pihak *buyer* diketahui biaya pemesanan (*ordering cost*) sebesar Rp.4.340.000, -

Tabel 4.13 Biaya Pemesanan

No.	<i>Order Cost</i>	<i>Value (Rp.)</i>
1	Biaya pengiriman	4.000.000
2	Telepon	200.000
3	Internet	80.000
4	Surat menyurat	60.000
Total		4.340.000

4.6.2. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan untuk setiap *spare parts* merupakan fraksi persentase dari harga suku cadang tersebut. Hasil konfirmasi dari tim *warehouse*, fraksi persentase dari tiap suku cadang adalah sebesar 25% per tahun atau 2.08 % per bulan/unit dari harga *spare parts* yang rinciannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

No.	Holding Cost
1	<i>Capital Cost</i>
2	<i>Tax</i>
3	<i>Insurance</i>
4	<i>Handling</i>
5	<i>Storage</i>
6	<i>Obsolete</i>
7	Gaji Petugas <i>warehouse</i>
Total	25%

4.6.3. Biaya Kekurangan (*Stockout Cost*)

Perhitungan biaya kekurangan atau *shortage cost* dalam penelitian ini menggunakan biaya yang harus dibayarkan ketika mesin mengalami kerusakan dan tidak ada *spare parts* pengganti yang tersedia sehingga mesin tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya. Kerugian tersebut ditinjau dari adanya *loss production* yang tidak direncanakan. Sehingga perhitungan menggunakan asumsi kerugian tetap sebesar Rp.10.000.000,-

4.7 *Service Level*

Service Level adalah kemampuan untuk memenuhi permintaan konsumen dari persediaan yang ada. Kebijakan manajemen terhadap persediaan (*inventory*) *spare parts* yang terkait dengan *service level* adalah sebesar 95%. Berarti bahwa dari total permintaan *spare parts* terdapat toleransi 15% tidak tersedia. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan kondisi utilisasi kapasitas peralatan produksi berada pada posisi antara 87% ~ 93% dari desain kapasitas. Peralatan produksi didesain untuk berjalan normal di kapasitas produksi 8000 ton/hari, sedangkan aktualnya antara 7000 ton/hari ~ 7500 ton/hari dikarenakan menyesuaikan kondisi pasar yang cenderung *oversupply*. Apabila kondisi pasar

meningkat kebijakan manajemen terkait *service level spare parts* akan lebih tinggi dari yang sekarang sebagai salah satu langkah untuk menjaga kepuasan pelanggan terhadap produk akhir. Adanya *service level* ini dipengaruhi adanya jumlah *spare parts* yang tidak dapat dipenuhi (*shortage*) dalam jumlah periode *demand*. Untuk mendapatkannya yaitu dihitung dengan jumlah periode *demand* yang dikurangi jumlah periode *shortage* dibanding dengan jumlah periode *demand*, dan dinyatakan dalam persen.

4.8 Simulasi Monte Carlo

Untuk meramalkan permintaan *spare parts* yang akan datang akan dilakukan sesuai dengan hasil pengelompokan nilai ADI dan CV. Metode peramalan yang biasa digunakan seperti *moving average*, *exponential smoothing*, dan *time series* tidak bisa digunakan untuk meramalkan *lumpy demand*. Dalam penelitian ini akan diramalkan dengan menggunakan metode Monte Carlo.

4.8.1 Pembangkitan Bilangan Acak

Pada penelitian ini bilangan acak yang akan dibangkitkan sebanyak 26 data dengan 4 replikasi. Hasil dari pembangkitan bilangan acak ini selanjutnya akan digunakan sebagai data pemakaian *spare parts* pada simulasi perhitungan persediaan dan pemesanan suku cadang nantinya. Pembangkitan bilangan acak dilakukan dengan pendekatan simulasi Monte Carlo. Sebagai contoh pada item *spare parts* rutin (*consumable*) 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Lakukan observasi terhadap parameter yang akan dimodelkan
2. Hitung frekuensi tiap-tiap nilai parameter. Perhitungan frekuensi

Tabel 4.15 Frekuensi Nilai Parameter dengan Monte Carlo

X_i	Frekuensi X_i
0	21
1	1
4	1
20	1
23	1

Tabel 4.15 Frekuensi Nilai Parameter dengan Monte Carlo (Lanjutan)

X_i	Frekuensi X_i
37	1
Jumlah	26

3. Hitung distribusi probabilitas dan distribusi probabilitas kumulatif

Tabel 4.16 Frekuensi dan Probabilitas Kumulatif Monte Carlo

X_i	Frekuensi X_i	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif
0	21	0,81	0,81
1	1	0,04	0,85
4	1	0,04	0,88
20	1	0,04	0,92
23	1	0,04	0,96
37	1	0,04	1,00
Jumlah	26		

4. Pasangkan nilai kelas dari tiap-tiap parameter dengan bilangan *random* dengan *range* 0-100.

Tabel 4.17 Nilai Kelas Monte Carlo

X_i	Frekuensi X_i	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Interval Angka Acak
0	21	0,81	0,81	0 - 80
1	1	0,04	0,85	81 - 84
4	1	0,04	0,88	85 - 88
20	1	0,04	0,92	89 - 92
23	1	0,04	0,96	93 - 96
37	1	0,04	1,00	97 - 100
Jumlah	26			

5. Tarik suatu bilangan *random* dengan menggunakan tabel *random* atau *generate random*.

Tabel 4.18 Generate Random Monte Carlo

Bulan	Random Number
1	14
2	63
3	29
4	49
5	89
6	52
7	58
8	13
9	60
10	49
...	...
26	29

- Dapatkan nilai parameter yang sesuai dengan memasangkan bilangan *random* yang dihasilkan.

Tabel 4.19 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak dengan Monte Carlo

Bulan	Random Number	Replikasi
1	14	0
2	63	0
3	29	0
4	49	0
5	89	20
6	52	0
7	58	0
8	13	0
9	60	0
10	49	0
...
26	29	0

Berikut merupakan hasil dari pembangkitan bilangan acak untuk 10 data *spare parts* rutin (*consumable*):

Tabel 4.20 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 119-200057 - OIL, BP
 ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	14	0	29	0	13	0	78	0
2	63	0	24	0	0	0	13	0
3	29	0	40	0	90	20	90	20
4	49	0	10	0	3	0	1	0
5	89	20	61	0	52	0	32	0
6	52	0	80	0	35	0	59	0
7	58	0	33	0	67	0	29	0
8	13	0	34	0	85	4	88	4
9	60	0	70	0	15	0	37	0
10	49	0	87	4	58	0	65	0
11	30	0	31	0	19	0	10	0
12	1	0	37	0	65	0	14	0
13	69	0	92	20	32	0	55	0
14	20	0	38	0	54	0	80	0
15	4	0	19	0	67	0	17	0
16	77	0	10	0	44	0	62	0
17	14	0	82	1	97	37	99	37
18	47	0	98	37	66	0	75	0
19	30	0	43	0	21	0	33	0
20	92	20	42	0	44	0	50	0
21	45	0	73	0	21	0	30	0
22	36	0	41	0	49	0	68	0
23	9	0	21	0	23	0	75	0
24	92	20	21	0	32	0	2	0
25	61	0	2	0	21	0	39	0
26	29	0	7	0	83	1	81	1

Untuk pembangkitan bilangan acak *spare parts rutin* yang lain dapat dilihat di lampiran

Berikut merupakan hasil dari pembangkitan bilangan acak untuk 10 data *spare parts* non rutin :

Tabel 4.21 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG;
 OEM DWG NO 13016485

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	40	0	51	0	9	0	64	0

Tabel 4.21 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485* (Lanjutan)

Bulan	<i>Random Number</i>	Replikasi 1	<i>Random Number</i>	Replikasi 2	<i>Random Number</i>	Replikasi 3	<i>Random Number</i>	Replikasi 4
2	82	24	22	0	98	26	37	0
3	11	0	98	26	59	0	43	0
4	7	0	7	0	50	0	100	26
5	87	24	29	0	84	24	2	0
6	22	0	37	0	8	0	99	26
7	43	0	98	26	27	0	60	0
8	87	24	54	0	45	0	45	0
9	15	0	50	0	24	0	25	0
10	20	0	3	0	11	0	86	24
11	9	0	12	0	87	24	35	0
12	3	0	83	24	56	0	49	0
13	7	0	17	0	48	0	57	0
14	15	0	85	24	5	0	85	24
15	37	0	28	0	81	24	3	0
16	99	26	39	0	11	0	84	24
17	55	0	25	0	82	24	14	0
18	29	0	12	0	14	0	42	0
19	41	0	4	0	17	0	17	0
20	81	24	8	0	18	0	59	0
21	12	0	91	24	56	0	87	24
22	1	0	41	0	61	0	40	0
23	37	0	90	24	67	0	27	0
24	92	24	57	0	2	0	16	0
25	27	0	45	0	100	26	45	0
26	29	0	24	0	31	0	10	0

Untuk pembangkitan bilangan acak *spare parts* non *rutin* yang lain dapat dilihat di lampiran

4.8.2 Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak

Selanjutnya setelah dilakukan pembangkitan bilangan acak adalah menilai validitas *data demand spare parts* yang telah dibangkitkan sebelumnya. Data *demand spare parts* yang telah dibangkitkan ini dapat dikatakan *valid* jika data *demand spare parts* tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan data historis *demand spare parts*. Oleh karena itu akan dilakukan uji kesamaan dua rata-rata untuk menilai

validitas dari data tersebut. Uji kesamaan dua rata-rata ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan dari rata-rata nilai data historis *demand spare parts* dengan data pembangkitan bilangan acak. Jika dalam uji tersebut didapatkan hasil bahwa kedua nilai rata-rata tidak berbeda secara signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa data *demand spare parts* sama dengan data pembangkitan bilangan acak. Validitas data pembangkitan bilangan acak ini (data yang tidak berdistribusi normal) akan dilakukan dengan bantuan *Software Minitab 17 (Stat → Nonparametrics → Mann Whitney)*. Berikut ini adalah hasil uji kesamaan dua rata-rata antara data historis dan data pembangkitan dari 10 sampel data *spare parts* rutin (*consumable*) :

Tabel 4.22 Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 119-200057 -
OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,4571	0,05	$0,4571 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,7078	0,05	$0,7078 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0,7495	0,05	$0,7495 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,7078	0,05	$0,7078 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,7342	0,05	$0,7342 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,6997	0,05	$0,6997 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,7342	0,05	$0,7342 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0,9767	0,05	$0,9767 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	1,0000	0,05	$1 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0,9767	0,05	$0,9767 \geq 0,05$	dua rata-rata sama

Untuk uji kesamaan rata-rata antara data historis dan replikasi *spare parts* rutin yang lain dapat dilihat di lampiran

Berikut ini adalah hasil uji kesamaan dua rata-rata antara data historis dan data pembangkitan dari 10 sampel data *spare parts* non rutin :

Tabel 4.23 Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 307-200044 -
WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,7572	0,05	$0,7572 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,7092	0,05	$0,7092 \geq 0,05$	dua rata-rata sama

Tabel 4.23 Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 307-200044 -
WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485 (Lanjutan)

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
3	C1 - C4	0,7092	0,05	$0,7092 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,7092	0,05	$0,7092 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,9503	0,05	$0,9503 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,9503	0,05	$0,9503 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,9503	0,05	$0,9503 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	1	0,05	$1 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	1	0,05	$1 \geq 0,05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	1	0,05	$1 \geq 0,05$	dua rata-rata sama

Untuk uji kesamaan rata-rata antara data historis dan replikasi *spare parts* non rutin yang lain dapat dilihat di lampiran.

BAB 5

PENGELOLAAN INVENTORY UNTUK SPARE PARTS RUTIN (*CONSUMABLE*)

Bab ini menjelaskan mengenai pengelolaan *inventory* untuk *spare parts* rutin (*consumable*). Analisis yang dilakukan untuk *spare parts* rutin (*consumable*) terkait metode persediaan berdasarkan kondisi *existing*, analisis dengan menggunakan metode *periodic review*, dan metode *continuous review*.

5.1. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Existing*

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *existing* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *existing*, *demand* yang digunakan merupakan *demand* historis. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *existing*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* rutin (*consumable*) dengan item number 119-200057 - *OIL, BP ENERGOL/CASTROL*

HYSPIN; HLP-68)

Tabel 5.1 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) Metode *Existing* untuk 119-200057 - *OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)*

Bulan	Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
Aug-17	1	37	0	0	0	0	0	100.00%	6.734.154	-	-	-	6.734.154
Sep-17	2	37	0	0	0	0	0	100.00%	6.734.154	-	-	-	6.734.154
Oct-17	3	37	0	0	0	0	0	100.00%	6.734.154	-	-	-	6.734.154
Nov-17	4	37	0	0	0	0	0	100.00%	6.734.154	-	-	-	6.734.154
Dec-17	5	17	20	12	1	0	0	100.00%	3.094.071	4.340.000	104.834.400	-	112.268.471
Jan-18	6	6	23	23	1	12	0	100.00%	1.092.025	4.340.000	200.932.600	-	206.364.625
Feb-18	7	0	37	29	1	23	8	78.38%	-	4.340.000	253.349.800	80.000.000	257.689.800
Mar-18	8	29	0	0	0	29	0	100.00%	5.278.121	-	-	-	5.278.121
Apr-18	9	28	1	0	0	0	0	100.00%	5.096.117	-	-	-	5.096.117
May-18	10	24	4	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Jun-18	11	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Jul-18	12	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Aug-18	13	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Sep-18	14	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Oct-18	15	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Nov-18	16	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Dec-18	17	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Jan-19	18	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Feb-19	19	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Mar-19	20	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Apr-19	21	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
May-19	22	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Jun-19	23	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Jul-19	24	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Aug-19	25	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Sep-19	26	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
Total		636	85	64		64	8	96.15%	115.754.650	13.020.000	559.116.800	80.000.000	767.891.450

Perhitungan yang digunakan dalam sistem Metode *Existing* adalah :

Harga Barang = 8.736.200

Biaya Penyimpanan per unit = 182.004

Biaya Kekurangan = 10.000.000

Biaya Pemesanan = 4.340.000

Lead Time = 1 bulan

Safety Stock = *Average Demand* = 17

Maximum Capacity = *Average Demand* + 70% *Average Demand* = 17 + 11,9 = 28,9 ≈ 29

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 636 \times 182.004 \\ &= 115.754.650\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 3 \times 4.340.000 \\ &= 13.020.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 64 \times \text{Rp. } 8.736.200 \\ &= 559.116.800\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 8 \times 10.000.000 \\ &= 80.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya} \\ &\quad \text{Kekurangan} \\ &= 115.754.650 + 13.020.000 + 559.116.800 + 80.000.000 \\ &= 767.891.450\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-1}{26} \\ &= 96.15 \%\end{aligned}$$

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare parts* Rutin (*Consumable*) Kondisi *Existing*

No.	Spare parts	Performance	Existing
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	Service Level	96,15%
		Total Biaya	767.891.450
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	Service Level	100,00%
		Total Biaya	1.185.068.000
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	Service Level	100,00%
		Total Biaya	1.072.868.563
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	Service Level	96,15%
		Total Biaya	560.940.000
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA	Service Level	100,00%
		Total Biaya	168.451.500
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	Service Level	100,00%
		Total Biaya	1.476.718.000
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service Level	76,92%
		Total Biaya	681.501.959
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service Level	88,46%
		Total Biaya	755.012.994
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	Service Level	100,00%
		Total Biaya	401.978.333
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; POLYESTER	Service Level	96,15%
		Total Biaya	1.463.303.750

Pengendalian *inventory* selama ini dilakukan dengan metode *min-max*, dimana ditetapkan untuk menentukan minimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis, sedangkan maksimal *stock* adalah *average* (rata-rata) dari *demand* historis ditambah dengan 70% *average* (rata-rata) dari *demand* historis, kemudian *re order point* menggunakan acuan minimal *stock*. Ketetapan tersebut berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *warehouse*. Angka 70% diperoleh berdasarkan *feeling* dan belum bisa menunjukkan formulasinya. Dengan metode diatas dalam prakteknya ketersedian *spare parts* masih belum menenuhi kebutuhan unit pemeliharaan peralatan produksi. *Downtime* peralatan menjadi tinggi dan kerugian produksi karena menunggu *spare parts* atau sementara menunggu rekondisi dari *spare parts* yang mengalami kerusakan karena *stockout* agar peralatan bisa beroperasi kembali.

Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *existing* untuk *spare parts* rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 8 item yang memiliki *service level* diatas 95,00 %. yaitu
 - a. 119-200057 - *OIL. BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68* dengan *service level* 96,15 % dan total biaya 767.891.450
 - b. 328-200185 - *AIR SLIDE. FABRIC; 550MM; NOMEX* dengan *service level* 100,00 % dan total biaya 1.185.068.000
 - c. 332-200368 - *BAG CLOTH. 130MMX4580MM; ANTISTATIC* dengan *service level* 100,00 % dan total biaya 1.072.868.563
 - d. 619-200055 - *CHEMICAL. DAPHNE ALPHA CLEANER* dengan *service level* 96,15 % dan total biaya 560.940.000
 - e. 119-200096 - *OIL. KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA* dengan *service level* 100,00 % dan total biaya 168.451.500
 - f. 119-200268 - *OIL. CASTROL; ALPHASYN HTX 1000* dengan *service level* 100,00 % dan total biaya 1.476.718.000
 - g. 119-200157 - *OIL. BECHEM; BERUSYNTH EP 320* dengan *service level* 100,00 % dan total biaya 401.978.333
 - h. 332-200212 - *BAG CLOTH. 150MMX3050MM; POLYESTER* dengan *service level* 96,15 % dan total biaya 1.463.303.750

Dari data tersebut *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00 %, akan tetapi total biaya perlu dibandingkan dengan metode yang lain.

2. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 2 item yang memiliki *service level* dibawah di bawah 95,00 % yaitu :
 - a. 607-200021 - *PLATE. STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5%* dengan *service level* 76,92 % dan total biaya 681.501.959
 - b. 607-200022 - *PLATE. STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dengan *service level* 88,46 % dan total biaya 755.012.994

Dari data tersebut *service level* berada dibawah yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95.00 %, dimana jumlah *stockout* tersebut dapat mempengaruhi *service level*, semakin banyak jumlah *stockout* yang dihasilkan maka semakin kecil *service level* nya, kemudian untuk total biaya perlu dibandingkan dengan metode yang lain.

5.2. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Periodic Review* (R, s, S)

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *periodic review* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *periodic review*, *demand* yang digunakan merupakan *demand* hasil simulasi Monte Carlo. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *periodic review*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* rutin (*consumable*) dengan item number 119-200057 - *OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68*)

Tabel 5.3 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Periodic Review* untuk 119-200057
 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)

Periode	Inventory	Demand	Order	Keterangan	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
1	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
2	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
3	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
4	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
5	4	20	17	1	0	0	100.00%	728.017	4.340.000	148.515.400	-	153.583.417
6	21	0	0	0	17	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
7	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
8	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
9	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
10	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
11	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
12	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
13	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
14	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
15	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
16	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
17	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
18	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
19	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
20	1	20	20	1	0	0	100.00%	182.004	4.340.000	174.724.000	-	179.246.004
21	21	0	0	0	20	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
22	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
23	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
24	1	20	20	1	0	0	100.00%	182.004	4.340.000	174.724.000	-	179.246.004
25	21	0	0	0	20	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
26	21	0	0	0	0	0	100.00%	3.822.088	-	-	-	3.822.088
Total	501	60	57	0	57	0	100.00%	91.184.088	13.020.000	497.963.400	-	602.167.488

Perhitungan yang digunakan dalam system *Periodic Review* (R, s, S) ini menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13):

Harga Barang = 8.736.200

Biaya Penyimpanan per unit = 182.004

Biaya Kekurangan = 10.000.000

Biaya Pemesanan = 4.340.000

Z = bilangan *inverse* dari normal distribusi sesuai dengan *service level* = 1,64

T = periode pengecekan barang = 1 bulan

LT = *Lead Time* = 1 bulan

D = permintaan rata – rata = 3

Target stock level = Maximum stock

$$\begin{aligned} \text{Safety stock} &= Z \times \text{standard deviation of demand over } T + LT \\ &= Z \times \sigma \times \sqrt{(T + LT)} \\ &= 1,64 \times 6,39 \times \sqrt{(1+1)} \\ &= 1,64 \times 6,39 \times 1,41 \\ &= 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Target stock level} &= (D \times (T+LT)) + (Z \times \sigma \times \sqrt{(T + LT)}) \\ &= (3 \times (1+1)) + (1,64 \times 6,39 \times \sqrt{(1+1)}) \\ &= (3 \times 2) + (1,64 \times 6,39 \times 1,41) \\ &= 21 \end{aligned}$$

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 501 \times \text{Rp. } 182.004 \\ &= 91.184.088\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 3 \times \text{Rp. } 4.340.000 \\ &= 13.020.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 57 \times 8.736.200 \\ &= 497.963.400\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 0 \times 10.000.000 \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya Kekurangan} \\ &= 91.184.088 + 13.020.000 + 497.963.400 + 0 \\ &= 602.167.488\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-0}{26} = 100.00 \%\end{aligned}$$

Tabel 5.4 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Periodic Review*

No.		Performance	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Average
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	Service level	100,00%	96,15%	96,15%	96,15%	97,12%
		Total Biaya	602.167.488	680.142.396	666.694.546	673.377.554	655.595.496
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	Service level	96,15%	100,00%	96,15%	100,00%	98,08%
		Total Biaya	537.699.500	1.095.868.083	482.928.708	1.011.005.583	781.875.469
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	355.537.438	380.477.125	182.292.906	278.002.594	299.077.516
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	Service level	100,00%	96,15%	96,15%	100,00%	98,08%
		Total Biaya	856.786.667	839.974.167	675.649.167	832.626.667	801.259.167
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	133.080.500	172.791.500	167.027.000	83.265.000	139.041.000
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	Service level	96,15%	100,00%	100,00%	0,961538462	98,08%
		Total Biaya	752.270.000	370.656.000	319.176.000	711.086.000	538.297.000
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	371.712.901	452.189.478	431.439.882	505.324.370	440.166.658
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service level	96,15%	92,31%	92,31%	100,00%	95,19%
		Total Biaya	582.701.802	538.675.462	664.238.314	433.554.588	554.792.541
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	Service level	100,00%	100,00%	96,15%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	355.558.333	339.531.667	345.858.333	281.425.000	330.593.333
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; POLYESTER	Service level	96,15%	100,00%	100,00%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	1.724.090.417	23.885.000	61.372.917	29.905.833	459.813.542

Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *periodic review* untuk *spare parts* rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut semua item memiliki *service level* diatas 95,00%. yaitu
 - a. 119-200057 - *OIL. BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68* dengan *service level* 97,12% dan total biaya 655.595.496
 - b. 328-200185 - *AIR SLIDE. FABRIC; 550MM; NOMEX* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 781.875.469
 - c. 332-200368 - *BAG CLOTH. 130MMX4580MM; ANTISTATIC* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 299.077.516
 - d. 619-200055 - *CHEMICAL. DAPHNE ALPHA CLEANER* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 801.259.167
 - e. 119-200096 - *OIL. KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 139.041.000
 - f. 119-200268 - *OIL. CASTROL; ALPHASYN HTX 1000* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 538.297.000
 - g. 607-200021 - *PLATE. STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 440.166.658
 - h. 607-200022 - *PLATE. STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dengan *service level* 95,19% dan total biaya 554.792.541
 - i. 119-200157 - *OIL. BECHEM; BERUSYNTH EP 320* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 330.593.333
 - j. 332-200212 - *BAG CLOTH. 150MMX3050MM; POLYESTER* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 459.813.542

Dari data tersebut *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00 %, untuk 10 item *spare parts* tersebut dari total biaya didapatkan 9 item lebih rendah daripada metode *existing*. contoh pada 332-200212 - *BAG CLOTH. 150MMX3050MM; POLYESTER* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 96,15% dan total biaya 1.463.303.750, dengan metode *periodic review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 99,04% dan total biaya turun menjadi 459.813.542 dan ada 1 item yang lebih tinggi total biaya nya akan tetapi *service level* naik 1,93% yaitu pada 619-200055 - *CHEMICAL. DAPHNE ALPHA CLEANER* dimana kondisi awal

perusahaan memiliki *service level* 96,15% dan total biaya 560.940.000 dengan metode *periodic review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 98,08% dan total biaya naik menjadi 801.259.167

Untuk 10 *spare parts* rutin yang dilakukan penelitian dengan metode *periodic review*, didapatkan bahwa *service level* naik 3,08% dibandingkan metode *existing* dan penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 3.533.222 (41,40%) dibandingkan metode *existing*. Dengan metode *periodic review* sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar deviasi dari *demand*, periode untuk pengecekan barang dimana dilakukan pemesanan dengan jumlah dinamis untuk mencapai level maksimal, dan target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki terutama di metode *existing*.

5.3. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Continuous Review* (s, Q)

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *continuous review* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *continuous review*, *demand* yang digunakan merupakan *demand* hasil simulasi Monte Carlo. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *continuous review*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* rutin (*consumable*) dengan item number 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)

Tabel 5.5 Pengolahan Data *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Continuous Review* untuk 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)

No.	Data <i>Spare Parts</i> 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68		
1	Rata -rata permintaan per tahun (D)	30	unit
2	Standar Deviasi permintaan (δ)	6,39	unit
3	<i>Lead time</i> (L)	0,083	tahun
4	Standar Deviasi permintaan selama <i>lead time</i> (δ_{DL})	1,84	
5	Biaya Setiap kali pesan (A)	4.340.000	
6	Biaya Kekurangan per unit (C_u)	10.000.000	
7	Biaya simpan per unit per tahun (h)	182.004	
8	Harga barang per unit (v)	8.736.200	

Berikut merupakan perhitungan *spare parts* rutin (*consumable*) dengan metode *Continuous Review* untuk 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)

Iterasi 1

- Menghitung ukuran lot pemesanan

$$q_0 = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2*4.340.000*30}{182.004}} = 37,825$$

- Menghitung α dan r'

$$\alpha = \frac{h q_0}{Cu D} = \frac{182.004 * 37,825}{10.000.000 * 30} = 0,0229$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,0229$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,996$ maka,

$$r' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 30 * 0,083 + 1,996 * 6,39 * \sqrt{0,083} = 6,18 \text{ drum}$$

- Menghitung nilai q_{01} dengan persamaan

$$N = \int (x - r') f(x) dx = \sigma D L [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] \infty r'$$

Dimana,

$$f(Z\alpha) = \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 0)$$

$$\psi(Z\alpha) = \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 0) - (Z\alpha (1 - \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 1)))$$

Sehingga dengan $Z\alpha = 1,996$ didapatkan nilai $f(Z\alpha) = 0,0543$ dan $\psi(Z\alpha) = 0,00857$

Dan nilai N dapat dihitung sebagai berikut

$$N = \sigma D L [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] = 1,84 [0,0543 - 1,996 * 0,0085] = 0,0687 \text{ drum}$$

$$q_{01} = \sqrt{\frac{2D [A + Cu \cdot N]}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 30 [4.340.000 + 10.000.000 * 0,0687]}{182.004}} = 40,71 \text{ drum}$$

- Menghitung kembali nilai α dan r'_1

$$\alpha = \frac{h q_{01}}{Cu D} = \frac{182.004 * 40,71}{10.000.000 * 30} = 0,0246$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,0246$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,965$ maka,

$$r1' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 30 * 0,083 + 1,965 * 6,39 * \sqrt{0,083} = 6,12 \text{ drum}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai $r' = 6,18$ drum dan $r1' = 6,12$ drum.

Karena masih terdapat perbedaan nilai, sehingga perhitungan dilanjutkan pada iterasi kedua.

Iterasi 2

- e. Menghitung nilai q_{02} dengan $r1' = 6,12$
- f. Dengan nilai $Z\alpha = 1,965$ didapatkan nilai $f(Z\alpha) = 0,0578$ dan $\psi(Z\alpha) = 0,0093$
Dan nilai N dapat dihitung sebagai berikut

$$N = \sigma DL [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] = 1,84 [0,0578 - 1,965 * 0,0093] = 0,0729 \text{ drum}$$

$$q_{02} = \sqrt{\frac{2D [A + Cu \cdot N]}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 30 [4.340.000 + 10.000.000 \cdot 0,0729]}{182.004}} = 40,88 \text{ drum}$$

- g. Menghitung kembali nilai α dan $r2'$

$$\alpha = \frac{h q_{02}}{Cu D} = \frac{182.004 * 40,88}{10.000.000 * 30} = 0,0248$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,0248$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,963$ maka,

$$r2' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 30 * 0,083 + 1,963 * 6,39 * \sqrt{0,083} = 6,12 \text{ drum}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai $r1' = 6,12$ drum dan $r2' = 6,12$ drum.

Karena nilai keduanya relatif sama yaitu mendapatkan nilai sebesar 6,12 sehingga tidak perlu dilanjutkan iterasi kembali. Sehingga didapatkan hasil kebijakan persediaan optimal adalah :

$$q' = 40,88 \text{ drum} = 41 \text{ drum}$$

$$r' = 6,12 \text{ drum} = 7 \text{ drum}$$

- h. Menghitung *safety stock (SS)*

$$SS = Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 1,963 * 6,39 * \sqrt{0,083} = 3,62 \text{ drum} = 4 \text{ drum}$$

- i. Menghitung Maksimal *inventory*

$$S = q + r = 41 + 7 = 48 \text{ drum}$$

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Continuous Review* untuk 119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68)

Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
0	24	0	0	0		0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
1	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
2	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
3	24	0	0	0	0	0	100.00%	4.368.100	-	-	-	4.368.100
4	4	20	41	1	0	0	100.00%	728.017	4.340.000	358.184.200	-	363.252.217
5	45	0	0	0	41	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
6	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
7	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
8	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
9	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
10	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
11	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
12	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
13	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
14	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
15	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
16	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
17	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
18	45	0	0	0	0	0	100.00%	8.190.188	-	-	-	8.190.188
19	25	20	0	0	0	0	100.00%	4.550.104	-	-	-	4.550.104
20	25	0	0	0	0	0	100.00%	4.550.104	-	-	-	4.550.104
21	25	0	0	0	0	0	100.00%	4.550.104	-	-	-	4.550.104
22	25	0	0	0	0	0	100.00%	4.550.104	-	-	-	4.550.104
23	5	20	41	1	0	0	100.00%	910.021	4.340.000	358.184.200	-	363.434.221
24	46	0	0	0	41	0	100.00%	8.372.192	-	-	-	8.372.192
25	46	0	0	0	0	0	100.00%	8.372.192	-	-	-	8.372.192
Total	927	60	82	0	82	0	100.00%	168.717.863	8.680.000	716.368.400	-	893.766.263

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 927 \times 182.004 \\ &= 168.717.863\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 2 \times 4.340.000 \\ &= 8.680.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 82 \times 8.736.200 \\ &= 716.368.400\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 0 \times 10.000.000 \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya} \\ &\quad \text{Kekurangan} \\ &= 168.717.863 + 8.680.000 + 716.368.400 + 0 \\ &= 893.766.263\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-0}{26} \\ &= 100.00 \%\end{aligned}$$

Tabel 5.7 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare parts* Rutin (*Consumable*) dengan Metode *Continuous Review*

No.		Performance	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Average
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	893.766.263	912.148.683	943.271.396	955.283.671	926.117.503
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX	Service level	100,00%	96,15%	96,15%	96,15%	97,12%
		Total Biaya	467.217.792	1.529.899.917	759.307.458	1.379.242.167	1.033.916.833
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	579.880.875	600.242.125	182.292.906	534.076.594	474.123.125
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	96,15%	99,04%
		Total Biaya	937.859.167	962.163.333	888.617.500	964.925.833	938.391.458
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	329.073.500	334.197.500	327.152.000	83.265.000	268.422.000
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	Service level	96,15%	100,00%	100,00%	96,15%	98,08%
		Total Biaya	762.782.000	370.656.000	319.176.000	731.894.000	546.127.000
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	588.783.836	669.747.077	656.253.203	713.060.199	656.961.079
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	752.332.873	690.157.634	851.584.588	727.070.779	755.286.469
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	Service level	100,00%	100,00%	96,15%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	346.878.333	384.530.000	407.386.667	320.246.667	364.760.417
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; POLYESTER	Service level	96,15%	100,00%	96,15%	100,00%	98,08%
		Total Biaya	2.566.529.583	23.885.000	374.269.167	29.905.833	748.647.396

Pada perhitungan Metode *Continuous Review* yang dilakukan pada penelitian ini merupakan bentuk dari pendekatan dengan metode Hadley-within. Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *continuous review* untuk *spare parts* rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut semua item memiliki *service level* diatas 95,00%. yaitu
 - a. 119-200057 - *OIL. BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 926.117.503
 - b. 328-200185 - *AIR SLIDE. FABRIC; 550MM; NOMEX* dengan *service level* 97,12% dan total biaya 1.033.916.833
 - c. 332-200368 - *BAG CLOTH. 130MMX4580MM; ANTISTATIC* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 474.123.125
 - d. 619-200055 - *CHEMICAL. DAPHNE ALPHA CLEANER* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 938.391.458
 - e. 119-200096 - *OIL. KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 268.422.000
 - f. 119-200268 - *OIL. CASTROL; ALPHASYN HTX 1000* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 546.127.000
 - g. 607-200021 - *PLATE. STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 656.961.079
 - h. 607-200022 - *PLATE. STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 755.286.469
 - i. 119-200157 - *OIL. BECHEM; BERUSYNTH EP 320* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 364.760.417
 - j. 332-200212 - *BAG CLOTH. 150MMX3050MM; POLYESTER* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 748.647.396

Dari data tersebut diatas *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00%, sedangkan total biaya didapatkan 6 item lebih rendah daripada metode *existing*, contoh pada 607-200021 - *PLATE. STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 76,92% dan total biaya 681.501.959, dengan metode *continuous review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 100,00% dan total biaya turun menjadi 656.961.079, dan ada 4 item yang lebih tinggi total biaya nya dengan *service level* diatas metode *existing*, contoh pada 607-

200022 - *PLATE. STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 88,46% dan total biaya 755.012.994, dengan metode *continuous review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 100,00% dan total biaya sedikit mengalami kenaikan menjadi 755.286.469

Untuk 10 *spare parts* rutin (*consumable*) yang dilakukan penelitian dengan metode *continuous review*, didapatkan bahwa *service level* naik 3,75% dibandingkan metode *existing* dan penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 1.820.981.269 (21,34%) dibandingkan metode *existing*. Dengan metode *continuous review* sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar deviasi dari *demand*, secara kontinu untuk pengecekan barang dengan jumlah pemesanan tetap, dan *target service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki di metode *existing*. Rekapitulasi metode *existing*, metode *periodic review*, dan metode *continuous review* untuk *spare parts* rutin (*consumable*) dapat dilihat di Tabel 5.8

Tabel 5.8 Rekapitulasi Metode Eksisting, Metode *Periodic Review*, dan Metode *Continuous Review* untuk *Spare Parts* Rutin.

No.	<i>Spare parts</i>	<i>Performance</i>	Metode			
			<i>Existing</i>	<i>Periodic Review</i>	<i>Continuous Review</i>	
1	119-200057 - <i>OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68</i>	<i>Service Level</i>	96,15%	97,12%	100,00%	
		Total Biaya	767.891.450	655.595.496	926.117.503	
2	328-200185 - <i>AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEX</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	98,08%	97,12%	
		Total Biaya	1.185.068.000	781.875.469	1.033.916.833	
3	332-200368 - <i>BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	100,00%	100,00%	
		Total Biaya	1.072.868.563	299.077.516	474.123.125	
4	619-200055 - <i>CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER</i>	<i>Service Level</i>	96,15%	98,08%	99,04%	
		Total Biaya	560.940.000	801.259.167	938.391.458	
5	119-200096 - <i>OIL, KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	100,00%	100,00%	
		Total Biaya	168.451.500	139.041.000	268.422.000	
6	119-200268 - <i>OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	98,08%	98,08%	
		Total Biaya	1.476.718.000	538.297.000	546.127.000	
7	607-200021 - <i>PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL</i>	<i>Service Level</i>	76,92%	100,00%	100,00%	
		Total Biaya	681.501.959	440.166.658	656.961.079	
8	607-200022 - <i>PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL</i>	<i>Service Level</i>	88,46%	95,19%	100,00%	
		Total Biaya	755.012.994	554.792.541	755.286.469	
9	119-200157 - <i>OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	99,04%	99,04%	
		Total Biaya	401.978.333	330.593.333	364.760.417	
10	332-200212 - <i>BAG CLOTH, 150MMX3050MM; POLYESTER</i>	<i>Service Level</i>	96,15%	99,04%	98,08%	
		Total Biaya	1.463.303.750	459.813.542	748.647.396	
		<i>Service Level</i>	95,38%	98,46%	99,13%	
		Total Biaya	8.533.734.549	5.000.511.721	6.712.753.280	

BAB 6

PENGELOLAAN *INVENTORY* UNTUK *SPARE PARTS* NON RUTIN

Bab ini menjelaskan mengenai pengelolaan *inventory* untuk *spare parts* non rutin. Analisis yang dilakukan untuk *spare parts* non rutin terkait metode persediaan berdasarkan kondisi *existing*, analisis dengan menggunakan metode *periodic review*, metode *continuous review*, dan metode *reliability*

6.1. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Existing*

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *existing* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *existing*, demand yang digunakan merupakan *demand* historis. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *existing*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* non rutin dengan metode *existing* untuk 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Tabel 6.1 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan *Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Existing* untuk 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485*

Bulan	Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
Aug-17	0	0		43	1	0	0	100,00%	-	4.340.000	3.087.400.000	-	3.091.740.000
Sep-17	1	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Oct-17	2	0	24	0		0	24	0,00%	-	-	-	240.000.000	-
Nov-17	3	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Dec-17	4	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Jan-18	5	43		0		43	0	100,00%	64.320.833	-	-	-	64.320.833
Feb-18	6	19	24	24	1	0	0	100,00%	28.420.833	4.340.000	1.723.200.000	-	1.755.960.833
Mar-18	7	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Apr-18	8	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
May-18	9	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Jun-18	10	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Jul-18	11	43		0		24	0	100,00%	64.320.833	-	-	-	64.320.833
Aug-18	12	43		0		0	0	100,00%	64.320.833	-	-	-	64.320.833
Sep-18	13	43		0		0	0	100,00%	64.320.833	-	-	-	64.320.833
Oct-18	14	19	24	24	1	0	0	100,00%	28.420.833	4.340.000	1.723.200.000	-	1.755.960.833
Nov-18	15	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Dec-18	16	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Jan-19	17	0	24	0		0	5	79,17%	-	-	-	50.000.000	-
Feb-19	18	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Mar-19	19	24		0		24	0	100,00%	35.900.000	-	-	-	35.900.000
Apr-19	20	24		19	1	0	0	100,00%	35.900.000	4.340.000	1.364.200.000	-	1.404.440.000
May-19	21	0	26	0		0	2	92,31%	-	-	-	20.000.000	-
Jun-19	22	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Jul-19	23	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Aug-19	24	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
Sep-19	25	19		0		19	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
Total		391	122	110	4	110	31	88,46%	584.870.833	17.360.000	7.898.000.000	310.000.000	8.810.230.833

Perhitungan yang digunakan dalam sistem Metode *Existing* adalah :

Harga Barang = 71.800.000

Biaya Penyimpanan per unit = 1.495.833

Biaya Kekurangan = 10.000.000

Biaya Pemesanan = 4.340.000

Lead Time = 5 bulan

Safety Stock = *Average Demand* = 24,4 ≈ 25

Maximum Capacity = *Average Demand* + 70% *Average Demand* = 25 + 17,5 = 42,5 ≈ 43

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 391 \times 1.495.833 \\ &= 584.870.833\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 4 \times 4.340.000 \\ &= 17.360.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 110 \times 71.800.000 \\ &= 7.898.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 31 \times 10.000.000 \\ &= 310.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya Kekurangan} \\ &= 584.870.833 + 17.360.000 + 7.898.000.000 + 310.000.000 \\ &= 8.810.230.833\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-3}{26} \\ &= 88.46 \%\end{aligned}$$

Tabel 6.2 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Existing*

No.	Spare parts	Performance	Existing
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	Service Level	88.46%
		Total Biaya	8.810.230.833
2	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	Service Level	92,31%
		Total Biaya	6.808.050.885
3	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	Service Level	92,31%
		Total Biaya	5.357.235.000
4	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	Service Level	92,31%
		Total Biaya	10.482.512.500
5	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	Service Level	88,46%
		Total Biaya	4.080.891.250
6	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	Service Level	88,46%
		Total Biaya	15.499.846.042
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	Service Level	88,46%
		Total Biaya	2.500.430.000
8	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	Service Level	88,46%
		Total Biaya	2.261.350.000
9	633-200003 - PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	Service Level	92,31%
		Total Biaya	4.919.895.000
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	Service Level	92,31%
		Total Biaya	1.465.290.213

Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *existing* untuk *spare parts* non rutin adalah sebagai berikut

1. Dari 10 *spare parts* tersebut semua item *spare parts* yang memiliki *service level* dibawah di bawah 95,00 %. yaitu
 - a. 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485 dengan *service level* 88,46% dan total biaya 8.810.230.833
 - b. 635-200068 - CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17 dengan *service level* 92,31% dan total biaya 6.808.050.885
 - c. 316-200923 - DRIVE PLATE. 4200M; F/CLINKER COOLER dengan *service level* 92,31% dan total biaya 5.357.235.000
 - d. 316-200921 - CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER dengan *service level* 92,31% dan total biaya 10.482.512.500
 - e. 316-201129 - CROSS. BAR KJ-210 dengan *service level* 88,46% dan total biaya 4.080.891.250

- f. SI00006207 - *WEL ROD*; 2.8MM; *WELDING ALLOY*; HC-0 250 KG/ROLL dengan *service level* 88,46% dan total biaya 15.499.846.042
- g. 635-200033 - *CYLINDER. HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001* dengan *service level* 88,46% dan total biaya 2.500.430.000
- h. 324-200207 - *BELT. CONV.*; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM dengan *service level* 88,46% dan total biaya 2.261.350.000
- i. 633-200003 -*PULL ROD KIT*; 7418324; *FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5* dengan *service level* 92,31% dan total biaya 4.919.895.000
- j. 613-200743 - *VALVE. SOLENOID*; 5/2 WAY; L12BA452B00061 dengan *service level* 92,31% dan total biaya 1.465.290.213

Dari data tersebut, dengan metode *existing* untuk *spare parts* non rutin *service level* dibawah yang dipersyaratkan oleh perusahaan (minimal 95,00%), contoh yang memiliki *service level* terendah yaitu SI00006207 - *WEL ROD*; 2.8MM; *WELDING ALLOY*; HC-0 250 KG/ROLL dengan *service level* 88,46% dan total biaya 15.499.846.042. Dari hasil simulasi terlihat hal tersebut dikarenakan terjadi *stockout* di tiga periode dengan jumlah 1440 kg atau senilai 14.400.000.000. Kemudian untuk total biaya perlu dibandingkan dengan metode yang lain. Pada item 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485* mempunyai *service level* 88,46% dan total biaya 8.810.230.833. Dari hasil simulasi terlihat hal tersebut dikarenakan terjadi *stockout* di tiga periode dengan jumlah 31 unit atau senilai 310.000.000 . Kemudian untuk total biaya perlu dibandingkan dengan metode yang lain.

6.2. Perhitungan persediaan dan pemesanan untuk *spare parts* non rutin dengan metode *periodic review* (R, s, S)

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *periodic review* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *periodic review*, *demand* yang digunakan merupakan *demand* hasil simulasi Monte Carlo. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *periodic review*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* non rutin dengan item number 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Tabel 6.3 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan Spare Parts Non Rutin dengan Metode *Periodic Review* untuk 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
1	19	0	59	1		0	100,00%	28.420.833	4.340.000	4.236.200.000	-	4.268.960.833
2	0	24	0		0	5	79,17%	-	-	-	50.000.000	-
3	0	0	0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
4	0	0	0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
5	0	24	0		0	24	0,00%	-	-	-	240.000.000	-
6	59	0	0		59	0	100,00%	88.254.167	-	-	-	88.254.167
7	59	0	0		0	0	100,00%	88.254.167	-	-	-	88.254.167
8	35	24	43	1	0	0	100,00%	52.354.167	4.340.000	3.087.400.000	-	3.144.094.167
9	35	0	0		0	0	100,00%	52.354.167	-	-	-	52.354.167
10	35	0	0		0	0	100,00%	52.354.167	-	-	-	52.354.167
11	35	0	0		0	0	100,00%	52.354.167	-	-	-	52.354.167
12	35	0	0		0	0	100,00%	52.354.167	-	-	-	52.354.167
13	78	0	0		43	0	100,00%	116.675.000	-	-	-	116.675.000
14	78	0	0		0	0	100,00%	116.675.000	-	-	-	116.675.000
15	78	0	0		0	0	100,00%	116.675.000	-	-	-	116.675.000
16	52	26	0		0	0	100,00%	77.783.333	-	-	-	77.783.333
17	52	0	0		0	0	100,00%	77.783.333	-	-	-	77.783.333
18	52	0	0		0	0	100,00%	77.783.333	-	-	-	77.783.333
19	52	0	0		0	0	100,00%	77.783.333	-	-	-	77.783.333
20	28	24	50	1	0	0	100,00%	41.883.333	4.340.000	3.590.000.000	-	3.636.223.333
21	28	0	0		0	0	100,00%	41.883.333	-	-	-	41.883.333
22	28	0	0		0	0	100,00%	41.883.333	-	-	-	41.883.333
23	28	0	0		0	0	100,00%	41.883.333	-	-	-	41.883.333
24	4	24	0		0	0	100,00%	5.983.333	-	-	-	5.983.333
25	54	0	0		50	0	100,00%	80.775.000	-	-	-	80.775.000
26	54	0	0		0	0	100,00%	80.775.000	-	-	-	80.775.000
	978	146	152		152	29	92,31%	1.462.925.000	13.020.000	10.913.600.000	290.000.000	12.679.545.000

Perhitungan yang digunakan dalam sistem *Periodic Review* (R, s, S) ini menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13):

Harga Barang = 71.800.000

Biaya Penyimpanan per unit = 1.495.833

Biaya Kekurangan = 10.000.000

Biaya Pemesanan = 4.340.000

Z = bilangan *inverse* dari normal distribusi sesuai dengan *service level* = 1,64

T = periode pengecekan barang = 1 bulan

LT = *Lead Time* = 5 bulan

D = permintaan rata – rata = 6

Target stock level = Maximum stock

$$\begin{aligned} \text{Safety stock} &= Z \times \text{standard deviation of demand over } T + LT \\ &= Z \times \sigma \times \sqrt{(T + LT)} \\ &= 1,64 \times 10,26 \times \sqrt{(1+5)} \\ &= 1,64 \times 10,26 \times 2,45 \\ &= 42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Target stock level} &= (D \times (T+LT)) + (Z \times \sigma \times \sqrt{(T + LT)}) \\ &= (6 \times (1+5)) + (1,64 \times 10,26 \times \sqrt{(1+5)}) \\ &= (6 \times 6) + (1,64 \times 10,26 \times 2,45) \\ &= 78 \end{aligned}$$

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 978 \times \text{Rp. } 1.495.833,- \\ &= 1.462.925.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 3 \times \text{Rp. } 4.340.000,- \\ &= 13.020.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 152 \times 71.800.000 \\ &= 10.913.600.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 29 \times 10.000.000 \\ &= 290.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya Kekurangan} \\ &= 1.462.925.000 + 13.020.000 + 10.913.600.000 + 290.000.000 \\ &= 12.679.545.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-2}{26} \\ &= 92.31 \%\end{aligned}$$

Tabel 6.4 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Periodic Review*

No.		Performance	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Average
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	Service level	92,31%	96,15%	92,31%	96,15%	94,23%
		Total Biaya	12.679.545.000	15.799.593.333	12.599.324.167	15.537.822.500	14.154.071.250
2	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	6.486.684.485	6.246.234.537	6.104.793.391	5.963.352.246	6.200.266.165
3	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	Service level	96,15%	100,00%	96,15%	100,00%	98,08%
		Total Biaya	5.626.221.667	6.610.436.667	6.159.686.667	5.525.888.333	5.980.558.333
4	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	Service level	92,31%	96,15%	92,31%	96,15%	94,23%
		Total Biaya	10.452.207.500	10.552.145.000	10.065.332.500	10.896.020.000	10.491.426.250
5	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	Service level	96,15%	92,31%	96,15%	100,00%	96,15%
		Total Biaya	4.674.159.583	3.768.996.667	4.116.355.000	4.092.372.083	4.162.970.833
6	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	Service level	96,15%	92,31%	92,31%	100,00%	95,19%
		Total Biaya	6.134.901.250	7.332.243.333	14.436.061.563	1.811.521.354	7.428.681.875
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	Service level	96,15%	92,31%	96,15%	92,31%	94,23%
		Total Biaya	3.550.582.500	4.039.020.000	3.398.145.000	3.211.895.000	3.549.910.625
8	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	Service level	92,31%	96,15%	92,31%	92,31%	93,27%
		Total Biaya	1.713.207.500	1.619.620.000	1.898.523.750	1.818.507.500	1.762.464.688
9	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	Service level	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Total Biaya	6.622.395.000	5.986.770.000	6.678.645.000	6.121.770.000	6.352.395.000
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	Service level	96,15%	92,31%	100,00%	96,15%	96,15%
		Total Biaya	996.331.025	1.029.330.300	890.291.175	987.792.100	975.936.150

Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *periodic review* untuk *spare parts* non rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 6 item memiliki *service level* diatas 95,00%. yaitu
 - a. 635-200068 - *CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 6.200.266.165
 - b. 316-200923 - *DRIVE PLATE. 4200M; F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 5.980.558.333
 - c. 316-201129 - *CROSS. BAR KJ-210* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 4.162.970.833
 - d. SI00006207 - *WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL* dengan *service level* 95,19% dan total biaya 7.428.681.875
 - e. 633-200003 -*PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 6.352.395.000
 - f. 613-200743 - *VALVE. SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 975.936.150
2. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 4 item yang memiliki *service level* dibawah di bawah 95,00 %. yaitu
 - a. 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485* dengan *service level* 94,23% dan total biaya 14.154.071.250
 - b. 316-200921 - *CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 94,23% dan total biaya 10.491.426.250
 - c. 635-200033 - *CYLINDER. HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001* dengan *service level* 94,23% dan total biaya 3.549.910.625
 - d. 324-200207 - *BELT. CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM* dengan *service level* 93,27% dan total biaya 1.762.464.688

Dari data tersebut ada 6 *spare parts* dengan *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00% dan ada 4 *spare parts* dengan *service level* dibawah yang dipersyaratkan . *Spare parts* tersebut memiliki total biaya lebih rendah dan ada juga yang lebih tinggi dari *existing*, contoh pada 635-200068 - *CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 92,31% dan total biaya 6.808.050.885, dengan metode *periodic review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 100,00% dan total biaya turun menjadi

6.200.266.165, contoh lain pada 316-200923 - *DRIVE PLATE*. 4200M; *F/CLINKER COOLER* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 92,31% dan total biaya 5.357.235.000, dengan metode *periodic review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 98,08%. akan tetapi total biaya naik menjadi 5.980.558.333

Untuk 10 *spare parts* non rutin yang dilakukan penelitian dengan metode *periodic review*, didapatkan bahwa *service level* naik 5,77%, dari 90,38% menjadi 96,15%, dan penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 1.127.050.554 (1,81%) dibandingkan metode *existing*. Dengan metode *periodic review* sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar deviasi dari *demand*, periode untuk pengecekan barang dimana dilakukan pemesanan dengan jumlah dinamis untuk mencapai level maksimal, dan target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki terutama di metode *existing*.

6.3. Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Continuous Review* (*s, Q*)

Perhitungan persediaan dan pemesanan dengan metode *continuous review* akan dilakukan pada 10 *sample* data *spare parts* yang dibahas pada penelitian ini. Untuk metode *continuous review*, *demand* yang digunakan merupakan *demand* hasil simulasi Monte Carlo. Dari perhitungan persediaan dan pemesanan ini nantinya akan diketahui total biaya dan *service level* yang menggunakan metode *continuous review*. Contoh perhitungan dilakukan terhadap *spare parts* non rutin dengan item number 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485.

Tabel 6.5 Pengolahan Data *Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Continuous Review* untuk 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 130164

No.	Data <i>Spare Parts</i> 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485		
1	Rata -rata permintaan per tahun (D)	73	unit
2	Standar Deviasi permintaan (δ)	10,26	unit
3	<i>Lead time</i> (L)	0,5	tahun
4	Standar Deviasi permintaan selama <i>lead time</i> (δ_{DL})	7,25	
5	Biaya Setiap kali pesan (A)	4.340.000	
6	Biaya Kekurangan per unit (C_u)	10.000.000	
7	Biaya simpan per unit per tahun (h)	1.495.833	
8	Harga barang per unit (v)	71.800.000	

Berikut merupakan perhitungan *spare parts* rutin (*consumable*) dengan metode *Continuous Review* untuk 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Iterasi 1

- a. Menghitung ukuran lot pemesanan

$$q_0 = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2*4.340.000*73}{1.495.833}} = 20,582$$

- b. Menghitung α dan r'

$$\alpha = \frac{h q_0}{C_u D} = \frac{1.495.833*20,582}{10.000.000*73} = 0,0422$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,0422$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,7260$ maka,

$$r' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 73 * 0,5 + 1,7260 * 10,26 * \sqrt{0,5} = 49,02 \text{ unit}$$

- c. Menghitung nilai q_{01} dengan persamaan

$$N = \int (x - r') f(x) dx = \sigma D L [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] \text{ or }'$$

Dimana,

$$f(Z\alpha) = \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 0)$$

$$\psi(Z\alpha) = \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 0) - (Z\alpha (1 - \text{NORMDIST}(Z\alpha, 0, 1, 1)))$$

Sehingga dengan $Z\alpha = 1.7260$ didapatkan nilai $f(Z\alpha) = 0.0899$ dan $\psi(Z\alpha) = 0.0172$

Dan nilai N dapat dihitung sebagai berikut

$$N = \sigma DL [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] = 7,25 [0.0899 - 1,7260 * 0.0172] = 0,438 \text{ unit}$$

$$q_{01} = \sqrt{\frac{2D[A + Cu \cdot N]}{h}} = \sqrt{\frac{2*73 [4.340.000 + 10.000.000 \cdot 0.438]}{1.495.833}} = 29,168 \text{ unit}$$

d. Menghitung kembali nilai α dan $r1'$

$$\alpha = \frac{h q_{01}}{Cu D} = \frac{1.495.833 * 29,168}{10.000.000 * 73} = 0,0598$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,0598$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,5565$ maka,

$$r1' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 73 * 0,5 + 1,5565 * 10,26 * \sqrt{0,5} = 47,79 \text{ unit}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai $r' = 49,02$ unit dan $r1' = 47,79$ unit.

Karena masih terdapat perbedaan nilai, sehingga perhitungan dilanjutkan pada iterasi kedua.

Iterasi 2

e. Menghitung nilai q_{02} dengan $r1' = 47,79$

f. Dengan nilai $Z\alpha = 1.5565$ didapatkan nilai $f(Z\alpha) = 0,1188$ dan $\psi(Z\alpha) = 0,02573$

g. Dan nilai N dapat dihitung sebagai berikut

$$N = \sigma DL [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] = 7,25 [0.1188 - 1.5565 * 0,02573] = 0,571 \text{ unit}$$

$$q_{02} = \sqrt{\frac{2D[A + Cu \cdot N]}{h}} = \sqrt{\frac{2*73 [4.340.000 + 10.000.000 \cdot 0,571]}{1.495.833}} = 31,3235 \text{ unit}$$

h. Menghitung kembali nilai α dan $r2'$

$$\alpha = \frac{h q_{02}}{Cu D} = \frac{1.495.833 * 31,3235}{10.000.000 * 73} = 0,06418$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,06418$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,5206$ maka,

$$r2' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 73 * 0,5 + 1,5206 * 10,26 * \sqrt{0,5} = 47,53 \text{ unit}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai $r1' = 47,79$ unit dan $r2' = 47,53$ unit.

Karena nilai belum sama sehingga perlu dilanjutkan iterasi 3

Iterasi 3

- i. Menghitung nilai q_{03} dengan $r2' = 47,53$
- j. Dengan nilai $Z\alpha = 1,5206$ didapatkan nilai $f(Z\alpha) = 0,1256$ dan $\psi(Z\alpha) = 0,0280$
- k. Dan nilai N dapat dihitung sebagai berikut

$$N = \sigma DL [f(Z\alpha) - Z\alpha \psi(Z\alpha)] = 7,25 [0,1256 - 1,5206 * 0,0280] = 0,60234 \text{ unit}$$

$$q_{03} = \sqrt{\frac{2D [A + Cu \cdot N]}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 73 [4.340.000 + 10.000.000 \cdot 0,60234]}{1.495.833}} = 31,8043 \text{ unit}$$

- l. Menghitung kembali nilai α dan $r3'$

$$\alpha = \frac{h q_{03}}{Cu D} = \frac{1.495.833 * 31,8043}{10.000.000 * 73} = 0,06517$$

Didapatkan dari tabel distribusi normal untuk $\alpha = 0,06517$ diperoleh nilai $Z\alpha = 1,5128$ maka,

$$r3' = DL + Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 73 * 0,5 + 1,5128 * 10,26 * \sqrt{0,5} = 47,47 \text{ unit}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai $r2' = 47,53$ unit dan $r3' = 47,47$ unit.

Karena nilai sudah sama sehingga tidak perlu dilanjutkan iterasi

Sehingga didapatkan hasil kebijakan persediaan optimal adalah :

$$q' = 31,8043 \text{ unit} = 32 \text{ unit}$$

$$r' = 47,47 \text{ unit} = 48 \text{ unit}$$

- m. Menghitung *safety stock* (SS)

$$SS = Z\alpha \sigma D \sqrt{L} = 1,5128 * 10,26 * \sqrt{0,5} = 10,97 \text{ unit} = 11 \text{ unit}$$

- n. Menghitung Maksimal *inventory*

$$S = q + r = 32 + 48 = 80 \text{ unit}$$

Tabel 6.6 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Continuous Review* untuk 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	SL	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
1	19	0	32	1		0	100,00%	28.420.833	4.340.000	2.297.600.000	-	2.330.360.833
2	0	24	0		0	5	79,17%	-	-	-	50.000.000	50.000.000
3	0	0	0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
4	0	0	0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
5	0	24	0		0	24	0,00%	-	-	-	240.000.000	240.000.000
6	32	0	0		32	0	100,00%	47.866.667	-	-	-	47.866.667
7	32	0	32	1	0	0	100,00%	47.866.667	4.340.000	2.297.600.000	-	2.349.806.667
8	8	24	0		0	0	100,00%	11.966.667	-	-	-	11.966.667
9	8	0	0		0	0	100,00%	11.966.667	-	-	-	11.966.667
10	8	0	0		0	0	100,00%	11.966.667	-	-	-	11.966.667
11	8	0	0		0	0	100,00%	11.966.667	-	-	-	11.966.667
12	40	0	0		32	0	100,00%	59.833.333	-	-	-	59.833.333
13	40	0	32	1	0	0	100,00%	59.833.333	4.340.000	2.297.600.000	-	2.361.773.333
14	40	0	0		0	0	100,00%	59.833.333	-	-	-	59.833.333
15	40	0	0		0	0	100,00%	59.833.333	-	-	-	59.833.333
16	14	26	0		0	0	100,00%	20.941.667	-	-	-	20.941.667
17	14	0	0		0	0	100,00%	20.941.667	-	-	-	20.941.667
18	46	0	0		32	0	100,00%	68.808.333	-	-	-	68.808.333
19	46	0	32	1	0	0	100,00%	68.808.333	4.340.000	2.297.600.000	-	2.370.748.333
20	22	24	0		0	0	100,00%	32.908.333	-	-	-	32.908.333
21	22	0	0		0	0	100,00%	32.908.333	-	-	-	32.908.333
22	22	0	0		0	0	100,00%	32.908.333	-	-	-	32.908.333
23	22	0	0		0	0	100,00%	32.908.333	-	-	-	32.908.333
24	30	24	0		32	0	100,00%	44.875.000	-	-	-	44.875.000
25	30	0	32	1	0	0	100,00%	44.875.000	4.340.000	2.297.600.000	-	2.346.815.000
26	30	0	0		0	0	100,00%	44.875.000	-	-	-	44.875.000
	573	146	160		128	29	92,31%	857.112.500	21.700.000	11.488.000.000	290.000.000	12.656.812.500

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 573 \times 1.495.833 \\ &= 857.112.500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 5 \times 4.340.000 \\ &= 21.700.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 160 \times 71.800.000 \\ &= 11.488.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 29 \times 10.000.000 \\ &= 290.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya Kekurangan} \\ &= 857.112.500 + 21.700.000 + 11.488.000.000 + 290.000.000 \\ &= 12.656.812.500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Service Level} &= \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}} \\ &= \frac{26-2}{26} = 92.31\%\end{aligned}$$

Tabel 6.7 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare parts* Non Rutin dengan Metode *Continuous Review*

No.		Performance	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Average
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	Service level	92,31%	88,46%	88,46%	88,46%	89,42%
		Total Biaya	12.656.812.500	12.698.225.000	13.284.287.500	12.888.445.833	12.881.942.708
2	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	Service level	96,15%	96,15%	96,15%	96,15%	96,15%
		Total Biaya	6.911.203.802	6.420.499.792	6.137.617.500	6.208.338.073	6.419.414.792
3	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	Service level	96,15%	100,00%	96,15%	100,00%	98,08%
		Total Biaya	5.206.978.333	5.060.603.333	5.018.561.667	5.965.943.333	5.313.021.667
4	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	Service level	92,31%	96,15%	96,15%	92,31%	94,23%
		Total Biaya	10.389.797.500	12.539.700.000	10.204.547.500	13.205.012.500	11.584.764.375
5	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	Service level	92,31%	100,00%	96,15%	100,00%	97,12%
		Total Biaya	4.249.172.083	3.960.726.250	4.790.234.583	5.256.493.333	4.564.156.563
6	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	Service level	100,00%	96,15%	100,00%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	2.445.260.208	4.994.189.167	2.578.470.938	2.447.365.417	3.116.321.432
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	Service level	100,00%	92,31%	96,15%	96,15%	96,15%
		Total Biaya	4.166.172.500	3.877.582.500	3.460.645.000	3.418.207.500	3.730.651.875
8	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	Service level	100,00%	96,15%	92,31%	100,00%	97,12%
		Total Biaya	1.877.820.000	1.695.942.500	1.901.286.250	1.877.820.000	1.838.217.188
9	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	Service level	100,00%	100,00%	96,15%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	6.036.110.000	6.081.110.000	6.027.985.000	5.962.985.000	6.027.047.500
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	Service level	100,00%	96,15%	100,00%	100,00%	99,04%
		Total Biaya	918.868.588	1.300.063.500	1.278.354.175	887.455.475	1.096.185.434

Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *continuous review* untuk *spare parts* non rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 8 item memiliki *service level* diatas 95,00%. yaitu
 - a. 635-200068 - *CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 6.419.414.792
 - b. 316-200923 - *DRIVE PLATE. 4200M; F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 98,08% dan total biaya 5.313.021.667
 - c. 316-201129 - *CROSS. BAR KJ-210* dengan *service level* 97,12% dan total biaya 4.564.156.563
 - d. SI00006207 - *WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 3.116.321.432
 - e. 635-200033 - *CYLINDER. HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 3.730.651.875
 - f. 324-200207 - *BELT. CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM* dengan *service level* 97,12% dan total biaya 1.838.217.188
 - g. 633-200003 -*PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 6.027.047.500
 - h. 613-200743 - *VALVE. SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061* dengan *service level* 99,04% dan total biaya 1.096.185.434
2. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 2 item yang memiliki *service level* dibawah di bawah 95,00 %. yaitu
 - a. 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485* dengan *service level* 89,42% dan total biaya 12.881.942.708
 - b. 316-200921 - *CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 94,23% dan total biaya 11.584.764.375

Dari data tersebut ada 8 *spare parts* dengan *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00% dan ada 2 *spare parts* dengan service dibawah yang dipersyaratkan . Terdapat 5 *spare parts* tersebut memiliki total biaya lebih rendah dan 5 *spare parts* memiliki total biaya lebih tinggi dari *existing*, contoh pada 635-200068 - *CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 92,31% dan total biaya 6.808.050.885, dengan metode *continuous review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 96,15% dan total

biaya turun menjadi 6.419.414.792, contoh lain pada 316-200921 - *CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 92,31% dan total biaya 10.482.512.500, dengan metode *continuous review* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 94,23%. akan tetapi total biaya naik menjadi 11.584.764.375, dilihat dari hasil simulasi dengan *continuous review* untuk *service level* naik karena terjadi *stockout* rata-rata hanya 1,5 kali dengan implikasi ada kenaikan biaya sedikit, akan tetapi dengan metode *existing stockout* terjadi 2 kali dan *servive level* yaitu 94,23%, belum memenuhi persyaratan minimal 95,00%.

Untuk 10 *spare parts* non rutin yang dilakukan penelitian dengan metode *continuous review*, didapatkan bahwa *service level* naik 6,15%. dari 90,38% menjadi 96,54% dan penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 5.614.008.190 (9,03%) dibandingkan metode *existing*. Dengan metode *continuous review* sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar deviasi dari *demand*, secara kontinu untuk pengecekan barang dengan jumlah pemesanan tetap, dan *target service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki di metode *existing*.

6.4 Perhitungan Persediaan dan Pemesanan untuk *Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Reliability*

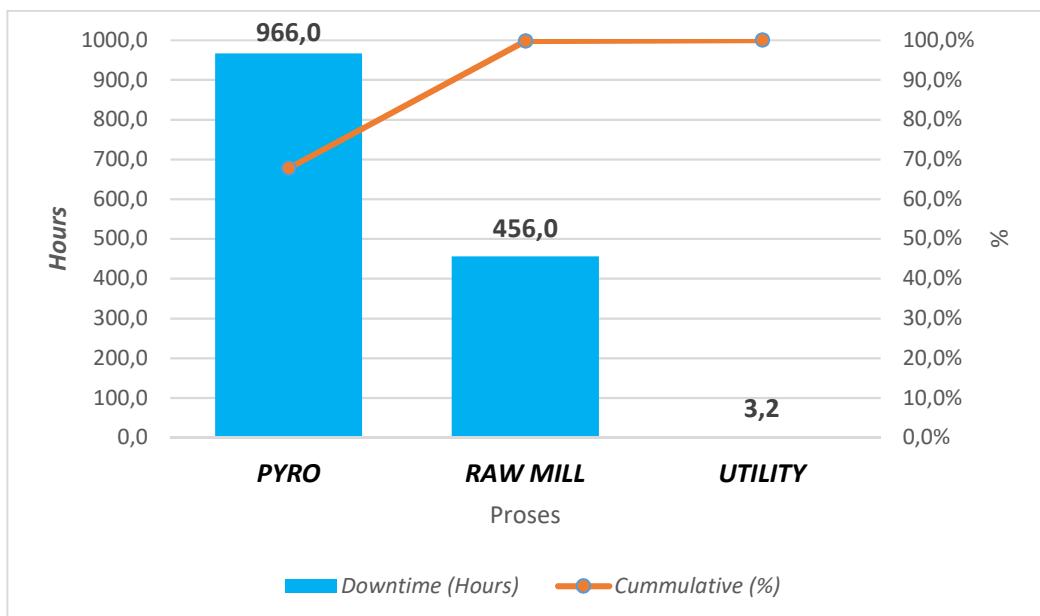
Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan persediaan dan pemesanan *spare parts* non rutin dengan metode *reliability*.

6.4.1. Pengumpulan data

Data yang diambil untuk penelitian ini dalam periode September 2017 sampai dengan September 2019, yang meliputi data kategori proses produksi dan durasi *downtime*. Pada Tabel 6.8 dan Gambar 6.1 terlihat bahwa proses *pyro* mempunyai *downtime* tertinggi yaitu 966,0 jam atau 67,8%. Dari hasil tersebut maka fokus metode *reliability* akan menuju ke proses *pyro* sebagai penyebab dominan.

Tabel 6.8 *Downtime* Berdasarkan Proses Produksi (September 2017 – September 2019)

No.	Proses	Downtime (Hours)	Presentase (%)	Cummulative (%)
1	PYRO	966,0	67,8%	67,8%
2	RAW MILL	456,0	32,0%	99,8%
3	UTILITY	3,2	0,2%	100,0%
Sum		1425,2		



Gambar 6.1 *Pareto Downtime* Berdasarkan Proses Produksi (September 2017 – September 2019)

6.4.2. Penentuan *Spare Parts* Kritis

Setelah dilakukan pengumpulan data awal, maka akan dilakukan penentuan *spare parts* kritis. Penentuan *spare parts* kritis mempertimbangkan jumlah (frekuensi) penggantian *spare parts*, *quantity*, dan harga *spare parts* pada proses *pyro* sehingga akan diperoleh 10 data teratas sebagai berikut :

Tabel 6.9 Tabel *Spare Parts* Kritis

No.	Spare Part Name	Frekuensi Penggantian	Qty	Price	Freq x Qty x Price
1	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	5	862	9.000.000	38.790.000.000

Tabel 6.9 Tabel *Spare Parts* Kritis (Lanjutan)

No.	Spare Part Name	Frekuensi Penggantian	Qty	Price	Freq x Qty x Price
2	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	4	122	71.800.000	35.038.400.000
3	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	5	20	270.000.000	27.000.000.000
4	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	5	118	34.000.000	20.060.000.000
5	635-200068 - CYLINDER,HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	4	7	678.917.500	19.009.690.000
6	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	5	319	8.900.000	14.195.500.000
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	5	115	21.000.000	12.075.000.000
8	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	8	377	2.700.000	8.143.200.000
9	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	5	4500	235.000	5.287.500.000
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	4	156	5.009.400	3.125.865.600

Tabel 6.10 Waktu Antar Penggantian untuk *Spare Parts* 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

No	Tanggal	Waktu antar Penggantian (jam)	Waktu Penggantian (jam)
1	20-Apr-18		240
2	11-Dec-18	5640	240
3	9-Mar-19	2112	240
4	15-Jul-19	3072	240

6.4.3. Pengujian Distribusi Data, Parameter, dan Perhitungan MTTF *Spare Parts*

Dari data waktu antar penggantian pada 10 *spare parts* yang kritis dapat dicari distribusi data dan parameternya dengan menggunakan *software weibull ++*. Setelah diketahui distribusi data dan parameternya, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Means Time To Failure* (MTTF) pada masing – masing *spare parts*. Adapun nilai MTTF pada masing – masing *spare parts* adalah sebagai berikut:

Tabel 6.11 Hasil Pengujian Distribusi Data, Parameter, dan Perhitungan MTTF Spare Parts

No.	Spare parts	Distribusi	Parameter			MTTF (jam)
			Beta (β)	Eta (η)	Gamma (γ)	
1	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	Weibull 2	1,9142	2511,6001		2228,2
2	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	Weibull 3	0,6383	1502,8200	1319,8000	3415,8
3	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	Weibull 3	0,4215	1238,9339	345,6400	3932,0
4	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	Weibull 3	0,6383	1502,8200	1319,8000	3415,8
5	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	Weibull 3	0,7316	2038,1188	1836,8800	4315,0
6	633-200003 - PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	Weibull 3	0,5505	725,6740	571,0000	1804,5
7	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	Weibull 3	0,6383	1502,8200	1319,8000	3415,8
8	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	Weibull 3	0,7316	2038,1188	1836,8800	4315,0
9	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	Weibull 3	0,6383	1502,8200	1319,8000	3415,8
10	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	Weibull 3	0,6383	1502,8200	1319,8000	3415,8

6.4.4. Perhitungan Biaya

Dalam menghitung interval perawatan pencegahan dapat digunakan persamaan yang meminimumkan biaya, dimana biaya yang diperhitungkan adalah biaya tenaga kerja dan biaya *lost production*. Dari biaya tersebut dapat dihitung biaya perawatan pencegahan dan biaya kerusakan.

6.4.4.1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja merupakan biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja *maintenance*. Dalam 1 bulan teknisi bekerja selama 20 hari dan dalam 1 hari memiliki waktu 8 jam kerja. Rata – rata teknisi dibayar per bulan sebesar 7.000.000 sehingga biaya tenaga kerja per jam per orang adalah:

$$\frac{\text{Rp. } 7.000.000, -\text{per bulan}}{20 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 43.750 - \frac{\text{jam}}{\text{orang}}$$

6.4.4.2. Biaya Lost Production

Biaya *lost production* merupakan biaya yang terjadi akibat pemberhentian produksi baik itu karena kegiatan perawatan pencegahan maupun karena terjadi kerusakan. Dalam 1 hari PT. XYZ bisa menghasilkan 8.000 ton *clinker*, sehingga per jamnya yang dapat dihasilkan adalah:

$$\frac{8.000 \text{ ton clinker}}{24 \text{ jam}} \overset{\text{per hari}}{=} 333 \text{ ton clinker}$$

Dengan harga per ton *clinker* adalah Rp.490.000-, maka biaya *lost production* per jamnya adalah sebagai berikut:

$$333 \text{ ton clinker} \times 490.000 = 163.170.000$$

Kemudian dengan biaya *heating up* setiap kali *kiln stop* 250.000.000, maka total biaya *lost production* per jamnya adalah sebagai berikut

$$163.170.000 + 250.000.000 = 413.170.000$$

6.4.4.3. Biaya Preventive Replacement pada Spare Parts (Cp)

Biaya *Preventive Replacement* merupakan biaya akibat penggantian yang dilakukan untuk kegiatan perawatan. Biaya ini terdiri dari:

1. Biaya Tenaga Kerja *Preventive Replacement*

Biaya tenaga kerja *preventive replacement* merupakan biaya tenaga kerja per jam per orang (Rp. 43.750,-) dikalikan dengan jumlah tenaga kerja (5 orang) dan waktu yang ditetapkan oleh pihak *maintenance* (Tp)

2. Biaya *Lost Production* Ketika Kegiatan Perawatan Berlangsung

Biaya ini dihitung dari biaya *lost production* (413.170.000) dikalikan dengan waktu yang ditetapkan oleh pihak *maintenance* (Tp)

3. Biaya *Spare Parts*

Biaya *spare parts* didapatkan dari harga *spare parts* dikalikan dengan jumlah *spare parts* pada waktu penggantian

Dari ketiga *spare parts* biaya tersebut di atas, maka dapat dihitung biaya *preventive maintenance* (Cp) dari masing – masing *spare parts*. Adapun rekap perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 6.12 Biaya *Preventive Replacement* pada *Spare Parts* (Cp)

No.	<i>Spare parts</i>	Biaya Tenaga Kerja	Biaya <i>Loss Production</i>	Biaya <i>Spare Parts</i>	Cp
1	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	4.375.000	8.263.400.000	126.900.000	8.394.675.000
2	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	31.500.000	59.496.480.000	211.500.000	59.739.480.000
3	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	350.000	1.652.680.000	195.366.600	1.848.396.600
4	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	88.200.000	69.412.560.000	569.600.000	70.070.360.000
5	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	3.500.000	6.610.720.000	678.917.500	7.293.137.500
6	633-200003 - PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	5.250.000	9.916.080.000	540.000.000	10.461.330.000
7	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	88.200.000	69.412.560.000	816.000.000	70.316.760.000
8	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	105.000.000	99.160.800.000	1.723.200.000	100.989.000.000
9	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	88.200.000	69.412.560.000	1.296.000.000	70.796.760.000
10	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	4.200.000	9.916.080.000	483.000.000	10.403.280.000

6.4.4.4. Biaya *Corrective Replacement* pada *Spare Parts* (Cf)

Biaya *corrective replacement* memiliki perhitungan yang sama dengan *spare parts* biaya *preventive maintenance*, akan tetapi perbedaannya ada pada biaya tenaga kerja (ketika terjadi *corrective replacement* biaya untuk mendatangkan tenaga kerja lebih besar karena bersifat mendadak) dan biaya akibat kerusakan (ketika terjadi *corrective replacement* biaya untuk menyelesaikan pekerjaan lebih lama karena belum ada persiapan *tool* dan *spare parts* di lokasi), adapun rekap perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 6.13 Biaya *Corrective Replacement* pada *Spare Parts* (Cf)

No.	<i>Spare parts</i>	Biaya Tenaga Kerja	Biaya <i>Loss Production</i>	Biaya <i>Spare Parts</i>	Cf
1	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	8.750.000	9.916.080.000	126.900.000	10.051.730.000
2	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	63.000.000	71.395.776.000	211.500.000	71.670.276.000
3	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	700.000	1.983.216.000	195.366.600	2.179.282.600
4	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	176.400.000	83.295.072.000	569.600.000	84.041.072.000
5	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	7.000.000	7.932.864.000	678.917.500	8.618.781.500

Tabel 6.13 Biaya *Corrective Replacement* pada *Spare Parts* (Cf) (Lanjutan)

No.	<i>Spare parts</i>	Biaya Tenaga Kerja	Biaya <i>Loss Production</i>	Biaya <i>Spare Parts</i>	CF
6	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; <i>FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL</i>	10.500.000	11.899.296.000	540.000.000	12.449.796.000
7	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; <i>F/CLINKER COOLER</i>	176.400.000	83.295.072.000	816.000.000	84.287.472.000
8	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; <i>OEM DWG NO 13016485</i>	210.000.000	118.992.960.000	1.723.200.000	120.926.160.000
9	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; <i>F/CLINKER COOLER</i>	176.400.000	83.295.072.000	1.296.000.000	84.767.472.000
10	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC <i>ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001</i>	8.400.000	11.899.296.000	483.000.000	12.390.696.000

6.4.5. Perhitungan Interval Penggantian *Spare Parts* Optimal

Perhitungan interval penggantian *spare parts* optimal menggunakan persamaan 2.40. Perhitungan dilakukan dengan mengubah nilai tp yang berada pada rentang di atas maupun di bawah tp *existing*. Sehingga nantinya akan diperoleh nilai tp optimal untuk penggantian *spare parts*. Berikut salah satu contoh perhitungan untuk menentukan interval waktu penggantian optimal *spare parts* 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

$$\beta = 0,7316 ; \eta = 2038,1188 ; \gamma = 1836,88$$

$$MTTF = 4315,0 ; Cp = 100.989.000.000 ; Cf = 120.926.160.000 ; Tp = 240 \text{ jam} ; Tf = 288 \text{ jam}$$

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

$$R(1840) = \exp \left[- \left[\frac{1840}{2038,1188} \right]^{0,7316} \right] = 0,40$$

$$M_{(tp)} = \frac{MTTF}{1 - R_{(tp)}}$$

$$M_{(1840)} = \frac{4314,99}{1 - 0,40} = \frac{4314,99}{0,60} = 7136,66$$

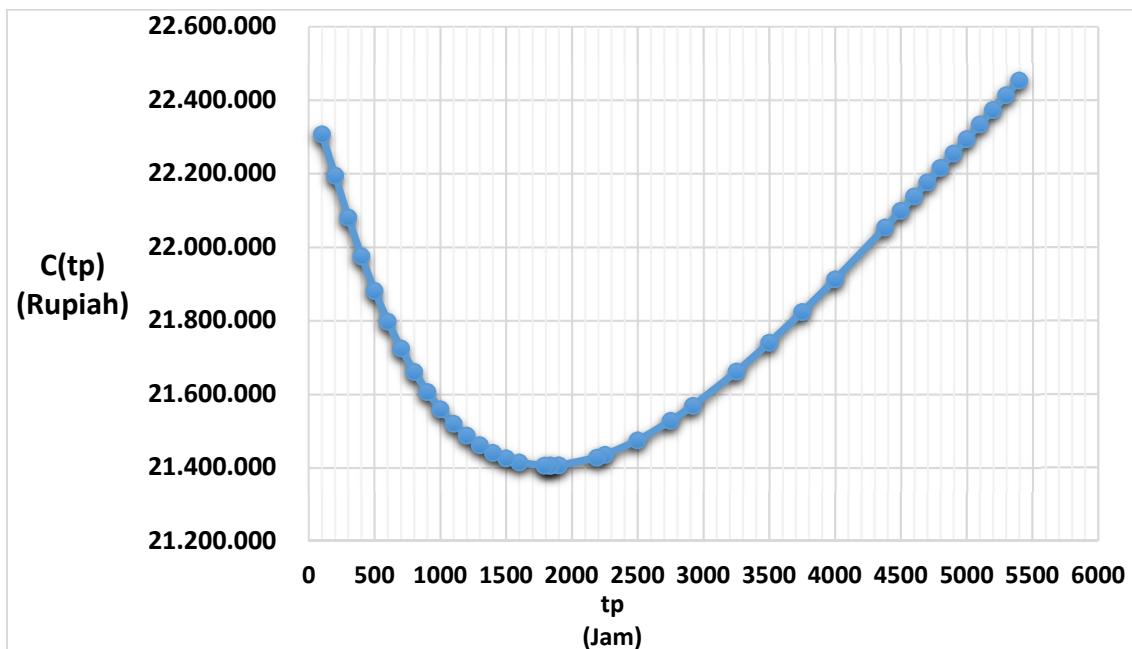
$$C(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f][1 - R(t_p)]}$$

$$C_{(1840)} = \frac{100.989.000.000 * 0,40 + 120.926.160.000 * 0,60}{(1840 + 288)0,40 + [7136,66 + 288][0,60]}$$

$$C_{(1840)} = 21.282.754$$

Hasil perhitungan C(tp) untuk nilai tp diatas dan dibawah MTTF adalah sebagai berikut

tp	4.500	4.380	4.000	3.250	2.920	2.500	1.840	1.810	1.790
C(tp)	21.977.920	21.932.233	21.791.461	21.540.723	21.447.996	21.353.356	21.282.754	21.282.589	21.282.657



Gambar 6.2 Nilai C (tp) untuk *Spare Parts 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485*

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa ekspektasi total biaya penggantian terkecil *spare parts 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485* yaitu pada interval waktu 1810 jam yaitu sebesar 21.282.589, akan tetapi karena proses produksi berjalan kontinu, interval waktu yang diijinkan oleh manajemen adalah 2920 jam (4 bulan) yaitu sebesar 21.447.996. Adapun rekap hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 6.14 Interval Penggantian *Spare Parts* Optimal

No.	Komponen	MTTF (jam)	Existing		Perhitungan	
			tp	C(tp)	tp	C(tp)
1	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	2228,1851	4.380	3.995.736	1.502	2.714.654
2	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	3415,8243	4.380	16.712.700	2.920	16.386.015
3	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	3931,9719	4.380	442.352	7.100	439.927
4	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	3415,8243	4.380	19.467.335	2.920	19.089.665
5	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	4314,9904	4.380	1.646.516	2.920	1.610.214
6	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	1804,5209	4.380	5.780.976	2.920	5.625.025
7	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	3415,8243	4.380	19.525.753	2.920	19.147.729
8	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	4314,9904	4.380	21.932.233	2.920	21.447.996
9	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	3415,8243	4.380	19.639.554	2.920	19.260.839
10	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	3415,8243	4.380	2.992.329	2.920	2.933.333

6.4.6. Peramalan Jumlah *Spare Parts* yang Dibutuhkan

Setelah dilakukan perhitungan interval penggantian *spare parts* optimal pada 10 *spare parts* kritis, langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan *spare parts* yang dibutuhkan dalam jangka waktu 1 tahun (365 hari x 24 jam). Adapun rekap hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 6.15 Jumlah *Spare Parts* yang Dibutuhkan

No.	<i>Spare parts</i>	jam dalam 1 tahun	tp	Jumlah kebutuhan <i>spare parts</i>
1	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	8.760	1.502	5
2	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	8.760	2.920	3
3	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	8.760	7.100	1
4	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	8.760	2.920	3
5	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	8.760	2.920	3
6	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	8.760	2.920	3
7	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	8.760	2.920	3
8	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	8.760	2.920	3
9	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	8.760	2.920	3

Tabel 6.15 Jumlah *Spare Parts* yang Dibutuhkan (Lanjutan)

No.	<i>Spare parts</i>	jam dalam 1 tahun	tp	Jumlah kebutuhan <i>spare parts</i>
10	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	8.760	2.920	3

6.4.7. Perhitungan Pengendalian Persediaan *Spare Parts* (Berdasarkan *Reliability*)

Perhitungan persediaan dilakukan dengan menggunakan *software Mathcad 15.0*. Perhitungan dilakukan dengan nilai resiko kehabisan 5% sesuai dengan yang dipersyaratkan perusahaan. Berikut salah satu contoh perhitungan untuk mengendalikan persediaan dengan nilai resiko kehabisan 5% (sesuai persyaratan minimal dari perusahaan) *spare parts* 307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

$$\beta = 0,7316 ; \eta = 2038,1188 ; \gamma = 1836,88 ; \alpha = 5\%$$

$$LEAD TIME (LT) = 3600 \text{ jam} ; s = 4314,99$$

$$c = s + LT = 4314,99 + 3600 = 7914,99$$

$$R(s) = \exp \left[- \left[\frac{s - \gamma}{\eta} \right]^\beta \right]$$

$$R(4315) = \exp \left[- \left[\frac{4315 - 183,88}{2038,1188} \right]^{0,7316} \right] = 0,3155$$

$$MTBR = \int_0^s \exp \left[- \left[\frac{s}{\eta} \right]^\beta \right] ds$$

$$MTBR = \int_0^{4315} \exp \left[- \left[\frac{4315}{2038,1188} \right]^{0,7316} \right] ds = 1773,9704$$

N = kebutuhan rata-rata komponen selama interval penggantian s

$$N = \frac{t \cdot R(s) + t \cdot [1 - R(s)]}{MTBR}$$

$$N = \frac{4315*0,3155+4315*0,6845}{1773,9704} = 2,43 \approx 3$$

$$P_n = \sum_{n=0}^{N_{max}} \frac{\left[\int_0^c \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} dt \right]^n}{n!} \cdot \exp \left[- \int_0^c \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} dt \right]$$

$$P_n = \sum_{n=0}^5 \frac{\left[\int_0^{7914,99} \frac{0,7316}{2038,1188} \cdot \left(\frac{4314,99-1836,88}{2038,1188} \right)^{0,7316-1} dt \right]^5}{5!} \cdot \exp \left[- \int_0^c \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} dt \right] = 0,95$$

	$\alpha=5\%$	$\alpha=2,5\%$	$\alpha=1\%$	$\alpha=0\%$
N_{max}	5	6	7	8
P _{n(t)}	0,198	0,442	0,685	0,857

Kebutuhan maksimum dengan resiko kehabisan α adalah kumulatif dari P_{n(t)} untuk n = 0 sampai n = N_{max}, dimana jumlah kumulatifnya harus lebih besar atau sama dengan (1- α).

Karena $\alpha=5\%$ maka $(1-\alpha) = (1-5\%)=0,95$, dari hasil perhitungan diatas maka dipilih N_{max} = 5 dengan P_{n(t)} = 0,95 (sudah memenuhi persyaratan)

Safety Stock (SS) selama interval penggantian pencegahan s = N_{max}-N= 5 - 3 =2

$$\text{Kebutuhan pada saat } lead time \quad (D_L) \quad = \frac{LT}{MTBR} = \frac{3600}{1773,9704} = 2,03 \approx 2$$

$$Reorder Point (ROP) = SS + D_L = 2 + 2 = 4$$

$$\text{Jumlah yang harus dipesan (Q)} = N_{max} - ROP = 5 - 4 = 1$$

Dari perhitungan didapatkan pengendalian persediaan untuk tiap *spare parts* adalah sebagai berikut:

Tabel 6.16 Pengendalian Persediaan *Spare Parts*

No.	<i>Spare parts</i>	N	Nmax	DL	ROP	SS	OQ	LT
1	324-200207 - <i>BELT, CONV.</i> ; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	2	9	2	7	5	4	3600
2	SI00006207 - <i>WEL ROD</i> ; 2.8MM; <i>WELDING ALLOY</i> ; HC-0 250 KG/ROLL	3	12	3	9	6	6	3600
3	613-200743 - <i>VALVE, SOLENOID</i> ; 5/2 WAY; L12BA452B00061	3	6	3	3	0	6	3600
4	316-201129 - <i>CROSS, BAR KJ-210</i>	3	12	3	9	6	6	3600
5	635-200068 - <i>CYLINDER, HYD ACTUATOR</i> ; ECS.S60.002.00.17	3	5	2	2	0	5	3600
6	633-200003 - <i>PULL ROD KIT</i> ; 7418324; <i>FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5</i>	3	6	5	3	0	6	3600
7	316-200923 - <i>DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER</i>	3	12	3	9	6	6	3600
8	307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG</i> ; OEM DWG NO 13016485	3	5	2	2	0	5	3600
9	316-200921 - <i>CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER</i>	3	12	3	9	6	6	3600
10	635-200033 - <i>CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001</i>	3	12	3	9	6	6	3600

Tabel 6.17 Hasil Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Reliability* untuk 307-200044 -
WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485

Periode	Inventory	Demand	Order	Ket.	Receipt	Stockout	Service Level	Biaya Penyimpanan	Biaya Pemesanan	Biaya Pembelian	Biaya Kekurangan	Total Biaya
1	19		0			0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
2	19		0		0	0	100,00%	28.420.833	-	-	-	28.420.833
3	0	24	41	1	0	5	79,17%	-	4.340.000	2.919.866.667	50.000.000	2.924.206.667
4	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
5	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
6	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
7	0	24	0		0	24	0,00%	-	-	-	240.000.000	-
8	41		0		41	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
9	41		0		0	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
10	41		0		0	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
11	17	24	0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
12	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
13	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
14	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
15	0	24	41	1	0	7	69,44%	-	4.340.000	2.919.866.667	70.000.000	2.924.206.667
16	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
17	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
18	0		0		0	0	100,00%	-	-	-	-	-
19	0	24	0		0	24	0,00%	-	-	-	240.000.000	-
20	41		0		41	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
21	41		0		0	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
22	41		0		0	0	100,00%	60.830.556	-	-	-	60.830.556
23	17	24	0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
24	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
25	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
26	17		0		0	0	100,00%	24.930.556	-	-	-	24.930.556
		144	81		81	60	84,62%	621.269.444	8.680.000	5.839.733.333	600.000.000	7.069.682.778

Dari perhitungan persediaan dan pemesanan di atas maka dapat dihitung total biaya dan *service level* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Penyimpanan} &= \text{Jumlah Stock} \times \text{Biaya Penyimpanan per unit} \\ &= 144 \times 1.495.833 \\ &= 621.269.444\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemesanan} &= \text{Jumlah Pemesanan} \times \text{Biaya Pemesanan} \\ &= 2 \times 4.340.000 \\ &= 8.680.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembelian} &= \text{Jumlah satuan} \times \text{Harga Barang} \\ &= 81 \times 71.800.000 \\ &= 5.839.733.333\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kekurangan} &= \text{Jumlah stockout} \times \text{Biaya Kekurangan per unit} \\ &= 60 \times 10.000.000 \\ &= 600.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya} &= \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya Pembelian} + \text{Biaya} \\ &\quad \text{Kekurangan} \\ &= 621.269.444 + 8.680.000 + 5.839.733.333 + 600.000.000 \\ &= 7.069.682.778\end{aligned}$$

$$\text{Service Level} = \frac{\text{Jumlah Periode Demand} - \text{Jumlah Periode Shortage}}{\text{Jumlah Periode Demand}}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{26-4}{26} \\ &= 84.62\%\end{aligned}$$

Tabel 6.18 Hasil Rekap Perhitungan Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Non Rutin dengan Metode *Reliability*

No.	<i>Spare parts</i>	Metode		
		<i>Performance</i>	<i>Reliability</i>	
1	307-200044 - <i>WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485</i>	<i>Service Level</i>	84,62%	
		Total Biaya	7.069.682.778	
2	635-200068 - <i>CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	4.544.600.781	
3	316-200923 - <i>DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER</i>	<i>Service Level</i>	96,15%	
		Total Biaya	7.890.360.000	
4	316-200921 - <i>CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER</i>	<i>Service Level</i>	96,15%	
		Total Biaya	10.143.207.500	
5	316-201129 - <i>CROSS, BAR KJ-210</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	5.162.487.083	
6	SI00006207 - <i>WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	1.916.943.333	
7	635-200033 - <i>CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	4.195.922.500	
8	324-200207 - <i>BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM</i>	<i>Service Level</i>	92,31%	
		Total Biaya	1.902.825.000	
9	633-200003 - <i>PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	3.934.930.000	
10	613-200743 - <i>VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061</i>	<i>Service Level</i>	100,00%	
		Total Biaya	576.872.675	
		<i>Service Level Average</i>	96,92%	
		Total Biaya Cum.	47.337.831.651	

Analisis yang terakhir yaitu dengan menggunakan metode *reliability*. Metode tersebut hanya dilakukan untuk *spare parts* non rutin dikarenakan *spare parts* tersebut mempunyai historis penggantian yang melekat pada *equipment* tertentu yang tidak dimiliki oleh *spare parts* rutin (*consumable*). Metode *reliability* dimulai dengan penentuan *spare parts critical* dan waktu antar penggantian *spare parts*, kemudian dapat diketahui distribusi data dan parameternya. Setelah itu bisa didapatkan MTTF sebagai

dasar untuk langkah-langkah selanjutnya. Hasil simulasi pada persediaan dan pemesanan dengan metode *reliability* untuk *spare parts* non rutin adalah sebagai berikut :

1. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 8 item memiliki *service level* diatas 95,00%. yaitu
 - a. 635-200068 - *CYLINDER.HYD ACTUATOR*; *ECS.S60.002.00.17* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 4.544.600.781
 - b. 316-200923 - *DRIVE PLATE*. 4200M; *F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 7.890.360.000
 - c. 316-200921 - *CROSS BAR. KJ-210M*; *F/CLINKER COOLER* dengan *service level* 96,15% dan total biaya 10.143.207.500
 - d. 316-201129 - *CROSS. BAR KJ-210* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 5.162.487.083
 - e. SI00006207 - *WEL ROD*; 2.8MM; *WELDING ALLOY*; HC-0 250 KG/ROLL dengan *service level* 100,00% dan total biaya 1.916.943.333
 - f. 635-200033 - *CYLINDER. HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 4.195.922.500
 - g. 633-200003 -*PULL ROD KIT*; 7418324; *FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5* dengan *service level* 100,00% dan total biaya 3.934.930.000
 - h. 613-200743 - *VALVE. SOLENOID*; 5/2 WAY; L12BA452B00061 dengan *service level* 100,00% dan total biaya 576.872.675
2. Dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 2 item yang memiliki *service level* dibawah di bawah 95,00 %. yaitu
 - a. 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG*; *OEM DWG NO 13016485* dengan *service level* 84,62% dan total biaya 7.069.682.778
 - b. 324-200207 - *BELT. CONV.*; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM dengan *service level* 92,31% dan total biaya 1.902.825.000

Dari data tersebut terdapat 8 *spare parts* dengan *service level* sudah diatas yang dipersyaratkan oleh perusahaan yaitu 95,00% dan ada 2 *spare parts* dengan service dibawah yang dipersyaratkan . Dengan metode *reliability*, dari 10 *spare parts* tersebut terdapat 7 item dengan total biaya lebih rendah dan 3 item dengan total biaya lebih tinggi dibandingkan dengan *existing*, contoh pada 307-200044 - *WEAR SEGMENT 45DEG*; *OEM DWG NO 13016485* dimana kondisi awal perusahaan memiliki *service level* 88.46% dan total biaya 8.810.230.833 dengan metode *reliability* didapatkan *service level*

turun menjadi 84,62% dimana dilihat dari hasil simulasi hal ini terjadi karena terdapat *stockout* selama 3 periode, tetapi total biaya turun menjadi 7.069.682.778 karena biaya pembelian turun dari 7.898.000.000 menjadi 5.839.733.333, contoh lain pada 633-200003 -*PULL ROD KIT*; 7418324; *FOR COAL MILL 471RM01*; *ATOX MILL 32.5* dimana kondisi awal perusahaan *service level* 92,31% dan total biaya 4.919.895.000, dengan metode *reliability* didapatkan *service level* menjadi lebih baik yaitu 100,00% dan total biaya turun menjadi 3.934.930.000

Untuk 10 *spare parts* non rutin yang dilakukan penelitian dengan metode *reliability*, didapatkan bahwa dengan metode *reliability service level* naik 6,54%. dari 90,38% menjadi 96,92%. dan penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 14.847.900.072 (23,88%) dibandingkan metode *existing*. Dengan metode *reliability* sudah mempertimbangkan faktor historis waktu antar *replacement spare parts* dari *maintenance*, *lead time*, standar deviasi dari *demand*, secara berkala dilakukan pengecekan barang dengan jumlah pemesanan tetap, dan target *service level* yang dinginkan diawali perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki terutama di metode *existing*. Rekapitulasi metode *existing*, metode *periodic review*, metode *continuous review*, dan metode *reliability* untuk *spare parts non rutin* dapat dilihat di Tabel 6.19

Tabel 6.19 Rekapitulasi Metode Exsisting, Metode *Periodic Review*, Metode *Continuous Review*, dan Metode *Reliability* untuk *Spare Parts* Non Rutin

No.	<i>Spare parts</i>	Performance	Metode				
			<i>Existing</i>	<i>Periodic Review</i>	<i>Continuous Review</i>	<i>Reliability</i>	
1	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	<i>Service Level</i>	88,46%	94,23%	89,42%	84,62%	
		Total Biaya	8.810.230.833	14.154.071.250	12.881.942.708	7.069.682.778	
2	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	<i>Service Level</i>	92,31%	100,00%	96,15%	100,00%	
		Total Biaya	6.808.050.885	6.200.266.165	6.419.414.792	4.544.600.781	
3	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	<i>Service Level</i>	92,31%	98,08%	98,08%	96,15%	
		Total Biaya	5.357.235.000	5.980.558.333	5.313.021.667	7.890.360.000	
4	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	<i>Service Level</i>	92,31%	94,23%	94,23%	96,15%	
		Total Biaya	10.482.512.500	10.491.426.250	11.584.764.375	10.143.207.500	
5	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	<i>Service Level</i>	88,46%	96,15%	97,12%	100,00%	
		Total Biaya	4.080.891.250	4.162.970.833	4.564.156.563	5.162.487.083	
6	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	<i>Service Level</i>	88,46%	95,19%	99,04%	100,00%	
		Total Biaya	15.499.846.042	7.428.681.875	3.116.321.432	1.916.943.333	
7	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	<i>Service Level</i>	88,46%	94,23%	96,15%	100,00%	
		Total Biaya	2.500.430.000	3.549.910.625	3.730.651.875	4.195.922.500	
8	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	<i>Service Level</i>	88,46%	93,27%	97,12%	92,31%	
		Total Biaya	2.261.350.000	1.762.464.688	1.838.217.188	1.902.825.000	
9	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	<i>Service Level</i>	92,31%	100,00%	99,04%	100,00%	
		Total Biaya	4.919.895.000	6.352.395.000	6.027.047.500	3.934.930.000	
10	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	<i>Service Level</i>	92,31%	96,15%	99,04%	100,00%	
		Total Biaya	1.465.290.213	975.936.150	1.096.185.434	576.872.675	
		<i>Service Level Average</i>	90,38%	96,15%	96,54%	96,92%	
		Total Biaya Cum.	62.185.731.723	61.058.681.169	56.571.723.533	47.337.831.651	

6.5 Perbandingan Total Biaya Persediaan dan *Service Level Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dan *Spare Parts* Non Rutin

Spare Parts Rutin (*Consumable*) dan *Spare Parts* Non Rutin dalam penggunaan operasional perusahaan tidak dapat dipisahkan, kedua jenis *spare parts* tersebut silih berganti digunakan untuk keberlangsungan produksi. Setelah sebelumnya dilakukan analisis dengan berbagai macam metode dan diperoleh hasil optimal, maka selanjutnya akan dilihat total biaya persediaan dan *service level* keseluruhan *spare parts* yang menjadi bahan penelitian. Berikut merupakan rekapitulasi dari keseluruhan *spare parts* terpilih, dapat dilihat pada Tabel 6.20, Tabel 6.21, dan Tabel 6.22

Tabel 6.20 Rekapitulasi *Spare Parts* Rutin (*Consumable*)

No.	Metode	Service Level	Total Biaya	Δ Service Level	Δ Total Biaya
1	<i>Existing</i>	95,38%	8.533.734.549		
2	<i>Periodic review</i>	98,46%	5.000.511.721	3,08%	3.533.222.828 (41,40%)
3	<i>Continuous review</i>	99,13%	6.712.753.280	3,75%	1.820.981.269 (21,34%)

Tabel 6.21 Rekapitulasi *Spare Parts* Non Rutin

No.	Metode	Service Level	Total Biaya	Δ Service Level	Δ Total Biaya
1	<i>Existing</i>	90,38%	62.185.731.723		
2	<i>Periodic review</i>	96,15%	61.058.681.169	5,77%	1.127.050.554 (1,81%)
3	<i>Continuous review</i>	96,54%	56.571.723.533	6,15%	5.614.008.190 (9,03%)
4	<i>Reliability</i>	96,92%	47.337.831.651	6,54%	14.847.900.072 (23,88%)

Analisis keseluruhan menggunakan 3 metode (*existing*, *periodic review*, dan *continuous review*) ke dalam 10 sample *spare parts* rutin (*consumable*) major kategori A dan 4 metode (*existing*, *periodic review*, *continuous review*, dan *reliability age replacement*) ke dalam 10 sample *spare parts* non-rutin major kategori A yang mempunyai pola *demand lumpy*. Secara umum, dapat dilihat bahwa metode - metode yang diusulkan tersebut dapat memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode *min-max* yang ada sekarang, dimana terkait erat dengan industri yang produksinya berjalan terus menurus, misalkan seperti industri semen. Hal tersebut tentunya berbeda dengan industri yang bersifat perakitan seperti di bidang otomotif maupun elektronik dan industri lainnya.

Tabel 6.22 Rekapitulasi Keseluruhan *Spare Parts*

No.	Spare parts	Kategori	Performance	Existing	Metode <i>Periodic Review & Reliability</i>
1	119-200057 - OIL, BP ENERGOL/CASTROL HYSPIN; HLP-68	Rutin (Consumable)	Service Level	96,15%	97,12%
			Total Biaya	767.891.450	655.595.496
2	328-200185 - AIR SLIDE, FABRIC; 550MM; NOMEK	Rutin (Consumable)	Service Level	100,00%	98,08%
			Total Biaya	1.185.068.000	781.875.469
3	332-200368 - BAG CLOTH, 130MMX4580MM; ANTISTATIC	Rutin (Consumable)	Service Level	100,00%	100,00%
			Total Biaya	1.072.868.563	299.077.516
4	619-200055 - CHEMICAL, DAPHNE ALPHA CLEANER	Rutin (Consumable)	Service Level	96,15%	98,08%
			Total Biaya	560.940.000	801.259.167
5	119-200096 - OIL, KLUBER; GRAFLOS CON C-SG 2000 ULTRA	Rutin (Consumable)	Service Level	100,00%	100,00%
			Total Biaya	168.451.500	139.041.000
6	119-200268 - OIL, CASTROL; ALPHASYN HTX 1000	Rutin (Consumable)	Service Level	100,00%	98,08%
			Total Biaya	1.476.718.000	538.297.000
7	607-200021 - PLATE, STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Rutin (Consumable)	Service Level	76,92%	100,00%
			Total Biaya	681.501.959	440.166.658
8	607-200022 - PLATE, STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL	Rutin (Consumable)	Service Level	88,46%	95,19%
			Total Biaya	755.012.994	554.792.541
9	119-200157 - OIL, BECHEM; BERUSYNTH EP 320	Rutin (Consumable)	Service Level	100,00%	99,04%
			Total Biaya	401.978.333	330.593.333
10	332-200212 - BAG CLOTH, 150MMX3050MM; POLYESTER	Rutin (Consumable)	Service Level	96,15%	99,04%
			Total Biaya	1.463.303.750	459.813.542
11	307-200044 - WEAR SEGMENT 45DEG; OEM DWG NO 13016485	Non Rutin	Service Level	88,46%	84,62%
			Total Biaya	8.810.230.833	7.069.682.778
12	635-200068 - CYLINDER, HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17	Non Rutin	Service Level	92,31%	100,00%
			Total Biaya	6.808.050.885	4.544.600.781
13	316-200923 - DRIVE PLATE, 4200M; F/CLINKER COOLER	Non Rutin	Service Level	92,31%	96,15%
			Total Biaya	5.357.235.000	7.890.360.000
14	316-200921 - CROSS BAR, KJ-210M; F/CLINKER COOLER	Non Rutin	Service Level	92,31%	96,15%
			Total Biaya	10.482.512.500	10.143.207.500
15	316-201129 - CROSS, BAR KJ-210	Non Rutin	Service Level	88,46%	100,00%
			Total Biaya	4.080.891.250	5.162.487.083
16	SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL	Non Rutin	Service Level	88,46%	100,00%
			Total Biaya	15.499.846.042	1.916.943.333
17	635-200033 - CYLINDER, HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001	Non Rutin	Service Level	88,46%	100,00%
			Total Biaya	2.500.430.000	4.195.922.500

Tabel 6.22 Rekapitulasi Keseluruhan *Spare Parts* (Lanjutan)

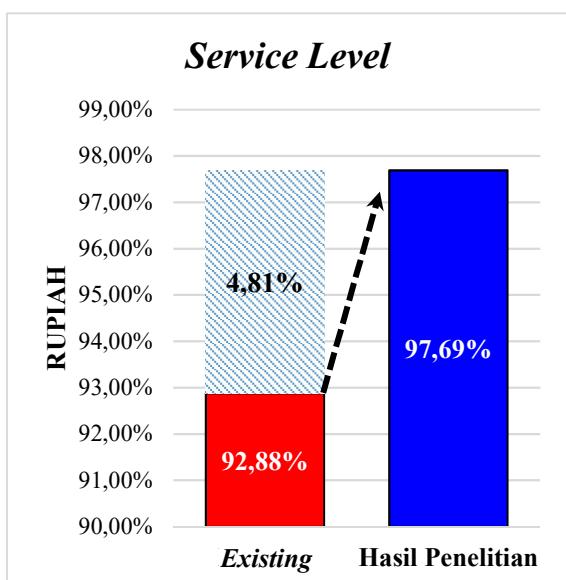
No.	Spare part	Kategori	Performance	Existing	Metode <i>Periodic Review & Reliability</i>		
18	324-200207 - BELT, CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM	Non Rutin	Service Level	88,46%	92,31%		
			Total Biaya	2.261.350.000	1.902.825.000		
19	633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5	Non Rutin	Service Level	92,31%	100,00%		
			Total Biaya	4.919.895.000	3.934.930.000		
20	613-200743 - VALVE, SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061	Non Rutin	Service Level	92,31%	100,00%		
			Total Biaya	1.465.290.213	576.872.675		
			Service Level	92,88%	97,69%		
			Total Biaya	70.719.466.272	52.338.343.372		
			Δ Service Level	4,81%			
			Δ Total Biaya	18.381.122.900 (25,99%)			

Service level yang lebih tinggi dan total biaya persediaan yang lebih rendah ditunjukkan oleh tiga metode yang diusulkan, bahkan tidak ada metode yang selalu dominan dalam semua kasus masing-masing *spare parts*. Pendekatan dengan metode *periodic review* yang digunakan untuk *spare parts* rutin (*consumable*) berkinerja lebih baik dibandingkan dengan metode persediaan *existing* dan *continuous review*. Sedangkan pendekatan *reliability* yang digunakan untuk *spare parts* non rutin berkinerja lebih baik, bahkan dibandingkan dengan model persediaan *existing*, *periodic review* dan *continuous review*. Hal ini wajar karena lebih memperhatikan permintaan terkait dengan karakteristik *spare parts maintenance*. *Spare parts* dipicu oleh kegagalan peralatan yang membutuhkan tindakan penggantian. Kegagalan tersebut terjadi secara acak terkait dengan karakteristik penuaan dan kerusakan peralatan produksi yang dianggap sebagai peristiwa stokastik. Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* dalam penelitian ini didapatkan sebesar 18.381.122.900 (25,99%) dan kenaikan *service level* sebesar 4,81%, dari semula 92,88% menjadi 97,69%.

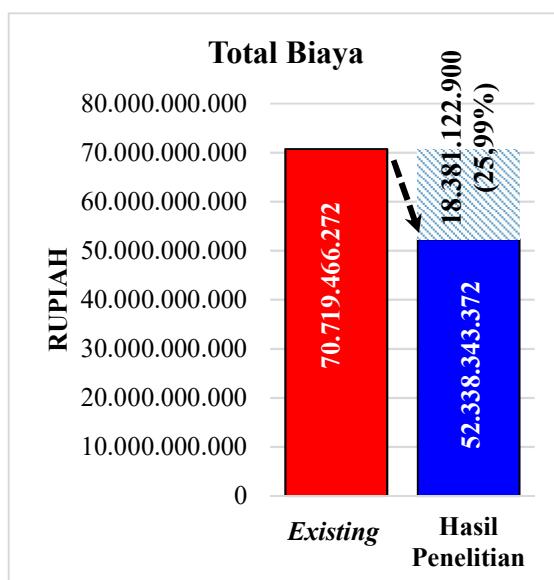
6.6 Implikasi Manajerial

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu dapat menjadi bahan pertimbangan di dalam pengambilan keputusan oleh manajemen dan menjadi salah satu

problem solving khususnya dalam mengelola *inventory spare parts*. Rekomendasi perbaikan yang hasilnya optimal dilakukan perhitungan metode *periodic review* (R, s, S) untuk *spare parts* rutin (*consumable*) dan metode *reliability age replacement* untuk *spare parts* non rutin. Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat memberikan kontribusi yaitu perusahaan dapat meningkatkan *service level* dari 92,88% menjadi 96,69% atau naik 4,81% dan penghematan sebesar 18.381.122.900 (25,99%). Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan Gambar 6.4.

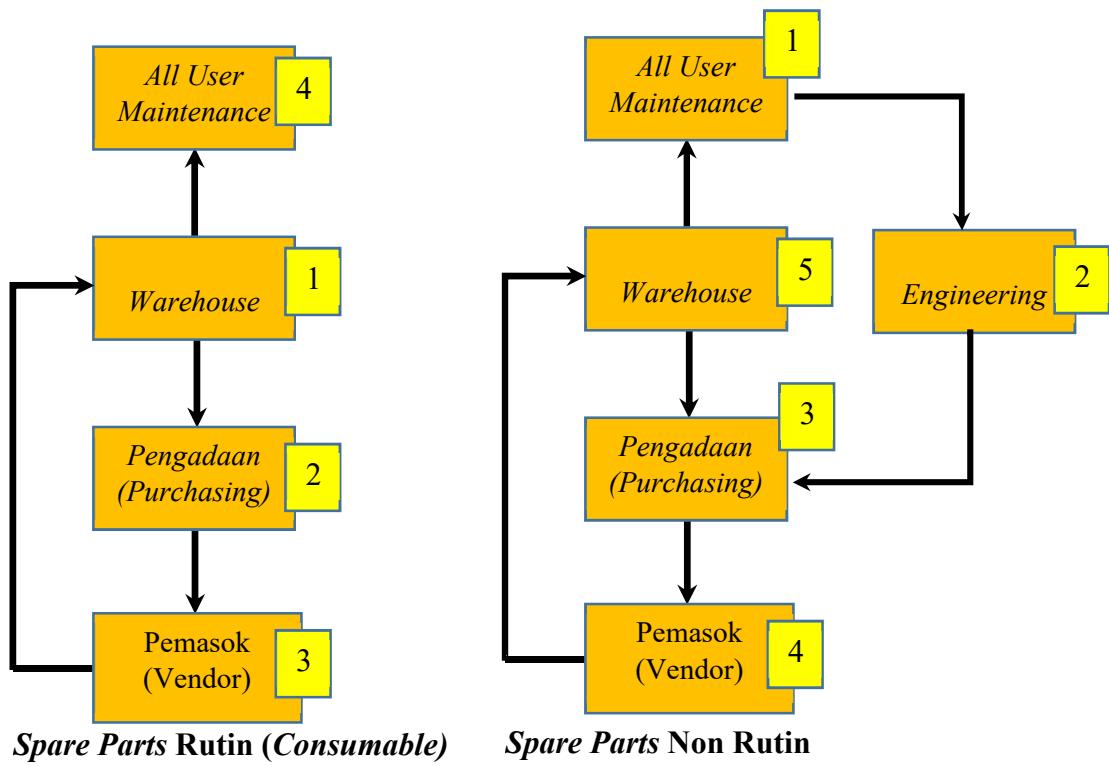


Gambar 6.3 *Service Level*



Gambar 6.4 Total Biaya

Kontribusi yang bersifat positif berdasarkan penelitian ini dapat terpenuhi untuk *forecast* selama 26 periode selanjutnya. Diperlukan sinergi yang kuat dan koordinasi rutin antara unit *warehouse*, unit *maintenance*, dan unit pengadaan dalam mengelola *inventory spare parts*. Unit kerja yang terkait dalam pengelolaan *inventory spare parts* dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Flow Chart Pengelolaan Spare Parts

Spare parts yang akan dilakukan perbaikan pengelolaan termasuk dalam kategori A dan bersifat *lumpy*. Target input *service level* yang dimasukkan didalam perhitungan adalah 95 % (sesuai dengan persyaratan minimal dari manajemen). Tidak terjadi perubahan biaya-biaya yang digunakan dalam perhitungan perencanaan persediaan. Biaya pemesanan (*ordering cost*) sebesar Rp.4.340.000,-, biaya penyimpanan (*holding cost*) adalah sebesar 25% per tahun atau 2,08 % per bulan/unit dari harga *spare parts*, dan biaya kekurangan (*stockout cost*) menggunakan asumsi kerugian tetap sebesar Rp.10.000.000,-. *Lead time* pemesanan *spare parts* bersifat tetap dalam kurun waktu tertentu. Untuk *spare parts* rutin (*consumable*) adalah 1 bulan dan *spare parts* non rutin adalah 5 bulan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Setelah itu juga terdapat saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

1. Berdasarkan hasil klasifikasi nilai ADI-CV untuk *spare parts* rutin (total 646 jenis) tidak ada yang masuk dalam kategori *smooth* ($ADI \leq 1.32$; $CV \leq 0.49$), 15 jenis atau 2.3% masuk kategori *erratic* ($ADI \leq 1.32$; $CV > 0.49$), 11 jenis atau 1.7 % masuk kategori *intermittent* ($ADI > 1.32$; $CV \leq 0.49$) dan 620 jenis atau 96.0 % masuk kategori *lumpy* ($ADI > 1.32$; $CV > 0.49$). Kemudian untuk *spare parts* non rutin (total 465 jenis) tidak ada yang masuk dalam kategori *smooth* ($ADI \leq 1.32$; $CV \leq 0.49$) dan *erractic* ($ADI \leq 1.32$; $CV > 0.49$), 14 jenis atau 3.0 % masuk kategori *intermittent* ($ADI > 1.32$; $CV \leq 0.49$), dan 451 jenis atau 97.0 % masuk kategori *lumpy* ($ADI > 1.32$; $CV > 0.49$).
2. Berdasarkan hasil klasifikasi ABC diperoleh *quantity* pemakaian serta harga dari *spare parts* tersebut. Untuk *spare parts* rutin terdapat 646 jenis, dimana 74 jenis masuk kategori A, 110 jenis masuk kategori B, dan 462 jenis masuk kategori C. Kemudian untuk *spare parts* non rutin terdapat 465 jenis, dimana 19 jenis masuk kategori A, 62 jenis masuk kategori B, dan 384 jenis masuk kategori C.
3. Untuk *spare parts* rutin (*consumable*) adalah sebagai berikut :
 - a. Metode *periodic review* (R , s , S) dapat meningkatkan *service level* dari 95,38% menjadi 98,46% atau naik (3,08%), dimana minimal *service level* perusahaan adalah 95,00%, dan total biaya turun dari 8.533.734.549 menjadi 5.000.511.721, sehingga terjadi penghematan sebesar 3.533.222.828 (41,40%) dibandingkan dengan metode *existing*.

- b. Metode *continuous review* (s, Q) dapat meningkatkan *service level* dari 95,38% menjadi 99,13% atau naik (3,75%), dimana minimal *service level* perusahaan adalah 95,00%, dan total biaya turun dari 8.533.734.549 menjadi 6.712.753.280, sehingga terjadi penghematan sebesar 1.820.981.269 (21,34%) dibandingkan dengan metode *existing*.
 - c. Hasil optimal untuk *spare parts* rutin (*consumable*) dengan menggunakan metode *periodic review* (R, s, S), dimana dapat meningkatkan *service level* dan menurunkan total biaya. Dengan metode *periodic review* sudah mempertimbangkan faktor *lead time*, standar deviasi dari *demand*, periode untuk pengecekan barang dimana dilakukan pemesanan dengan jumlah dinamis untuk mencapai level maksimal, dan target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki terutama di metode *existing*.
4. Untuk *spare parts* non rutin adalah sebagai berikut :
- a. Metode *periodic review* (R, s, S) dapat meningkatkan *service level* dari 90,38% menjadi 96,15% atau naik (5,77%), dimana minimal *service level* perusahaan adalah 95,00%, dan total biaya turun dari 62.185.731.723 menjadi 61.058.681.169, sehingga terjadi penghematan sebesar 1.127.050.054 (1,81%) dibandingkan dengan metode *existing*.
 - b. Metode *continuous review* (s, Q) dapat meningkatkan *service level* dari 90,38% menjadi 96,54% atau naik (6,15%), dimana minimal *service level* perusahaan adalah 95,00%, dan total biaya turun dari 62.185.731.723 menjadi 56.571.723.533, sehingga terjadi penghematan sebesar 5.614.008.190 (9,03%) dibandingkan dengan metode *existing*.
 - c. Metode *reliability* dapat meningkatkan *service level* dari 90,38 % ke 96,92% atau naik (6,54%), dimana minimal *service level* perusahaan adalah 95,00%, dan total biaya turun dari 62.185.731.723 menjadi 47.337.831.651, sehingga terjadi penghematan sebesar 14.847.900.072 (23,88%) dibandingkan dengan metode *existing*.
 - d. Hasil optimal untuk *spare parts* non rutin dengan menggunakan metode *reliability*, dimana dapat meningkatkan *service level* dan menurunkan total biaya. Hal ini wajar karena lebih memperhatikan permintaan terkait dengan karakteristik *spare parts maintenance*. *Spare parts* dipicu oleh kegagalan

peralatan yang membutuhkan tindakan penggantian. Kegagalan tersebut terjadi secara acak terkait dengan karakteristik penuaan dan kerusakan peralatan produksi yang dianggap sebagai peristiwa stokastik. Selain hal tersebut dengan metode *reliability* sudah mempertimbangkan *lead time*, standar deviasi dari *demand*, secara berkala dilakukan pengecekan barang dengan jumlah pemesanan tetap, dan target *service level* yang dinginkan diawal perhitungan, dimana hal tersebut belum dimiliki terutama di metode *existing*.

5. *Spare Parts* Rutin (*Consumable*) dan *Spare Parts* Non Rutin dalam penggunaan operasional perusahaan tidak dapat dapat dipisahkan, kedua jenis *spare parts* tersebut silih berganti digunakan untuk keberlangsungan produksi. Dari hasil analisis dengan berbagai macam metode diperoleh penghematan yang dilakukan perusahaan terhadap total biaya persediaan untuk keseluruhan *spare parts* didapatkan sebesar 18.381.122.900 (25.99%) dan kenaikan *service level* sebesar 4,81%, dari semula 92,88% menjadi 97,69%.

7.2 Saran

Berikut merupakan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Perlu perbandingan dengan metode persediaan *Reliability Centered Spare* (RCS) dalam menentukan kebijakan suku cadang yang optimal pada peralatan produksi dalam rentang periode tertentu.
2. Pengelolaan *spare parts* antar anak perusahaan yang mempunyai bidang produksi yang sama dengan *joint replenishment* dan *joint stock* antara beberapa *warehouse* untuk mengoptimalkan *service level* dan biaya *inventory*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold. J. R. Tony. (2008). *Introduction to Materials Management sixt edition*. New Jersey : Pearson Education. Inc
- Baluch. Nazim. (2013). “*Evaluating Effective Spare-parts Inventory Management for Equipment Reliability in Manufacturing Industries*”. European Journal of Business and Management ISSN Vol.5. No.6
- Ebeling. Charles E. (1997). *An Introduction to reliability and maintainability engineering*. Illionis : Mcgraw Hill
- Eloff, M. & Carstens, S., (2013). “*Managing the maintenance inventory of a cement manufacturer*”, Journal of Transport and Supply Chain Management 7(1), Art. #104, 7 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/jtscm.v7i1.104>
- Ghobbar, A.A and Friend, C.H. (2002). “*Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline Operations*”. Journal of Air Transport Management 8 (2002) 221–231
- Grondys. Katarzyna. (2014). “*ABC analysis in sparepart warehouse*”. Advanced Logistic Systems Vol.3. hal 147-150
- Hadley, G., & T.M. Wihtin. (1963). *Analysis of Inventory System*. New Jersey: Prentice Hall Englewood Cliffs.
- Iraqi. Zineb. (2016). “*Models of spare parts inventories’ optimisation: a literature review*”. Int. J. Services Economics and Management. Vol. 7. Nos. 2/3/4
- Jardine. A.K.S. (2013). *Maintenance. Replacement and Reliability*. New York: CRC Press.
- Jichang. Liu. (2014). “*Application of ABC Analysis in Inventory Management*”. Advanced Materials Research Vols. hal 1030-1032
- K.L. Mak C.H. Hung, (1986), “*A Simple Model for Computing (s, S) Inventory Policies when Demand is Lumpy*”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 6 Iss 2 hal 62 - 68
- Krajewski. L.. & Ritzman. L. (2016). *Operations Management Processes and Supply Chains Eleventh Edition*. Pearson Education Inc. New Jersey

Kurniati N, Yeh RH, Haridinuto. “*A Case Study on Optimal Maintenance Interval and Spare Part Inventory Based on Reliability*”. Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013. 2013;1353–60. doi.org/10.1007/978-981-4451-98-7_159

Kurniyah R.. W.. Rusdiansyah. A.. & Arvitrida. N. I. (2010). “*Analisis Pemilihan Metode Pengendalian Persediaan Material Consumable Pesawat B737 Berdasarkan Klasifikasi Material (Studi Kasus di PT. GMF Aero Asia)*”. Jurnal Tugas Akhir Teknik Industri ITS

Lewis. E. E. (1994). *Introduction to Reliability Engineering*. New York : John Wiley & Sons. Inc.

Louit. D. (2010). “*Optimization models for critical spare parts inventories – a reliability approach*”. Journal of the Operational Research Society (2011) 62. 992-1004

Moubray. John. (1997). *Reliability Centred Maintenance*. Oxford : Butterworth-Heinemann

Mcdermott. Robin E. (2009). *The Basics of FMEA 2nd Edition*. New York : CRC Press

Pacheco, I. and Barba, R., (2015). “*Classification and forecasting for Inventory Management of Spare Parts*”, Journal Researchgate https://www.researchgate.net/publication/294125862

Pujawan. I Nyoman dan Mahendrawati. ER (2010). *Supply Chain Management*. edisi kedua. Guna Widya. Surabaya.

Ragnerstam. Elsa. (2015). “*How to calculate forecast accuracy for stocked items with a lumpy demand - A case study at Alfa Laval*”. Master Thesis. Malardalens University in Eskilstuna

Sherbrooke. Craig C. (2004). *Optimal Inventory Modeling of systems Multi-Echelon Techniques Second Edition*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow : Kluwer Academic Publishers

Silver. Edward A. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chains Fourth Edition*. Boca Raton London New York : CRC Press, Taylor & Francis Group

Singgih, Moses & Prasetyawan, Y & Sutikno, & Hartanto, D & Kurniawan, Franto & Wicaksana, W. (2019). “*Maintenance management improvement based on reliability centered maintenance II in energy generating industries*”. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 528. 012054. 10.1088/1757-899X/528/1/012054.

Slater. Philip. (2010). *Smart Inventory : Improving the Management of Engineering Material and Spare Parts*. New York : Industrial Press. Inc

Tersine. R.J. (1994). *Principles of Inventory and Material Management*. Prentice Hall International Edition. New Jersey

Triono. Edi (2016). “*Perbaikan Setting Parameter Persediaan suku cadang dengan pendekatan simulasi Monte Carlo (Studi Kasus di Chevron Indonesia Company)*”. Tesis Master. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Waters. Donald. (2003). *Inventory Control and Management*. West Sussex : John Wiley & Sons Lt

Wensing. Thomas. (2011). *Periodic Review Inventory Systems* . Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran Hasil Pembangkitan Bilangan Acak Spare Parts Rutin (*Consumable*)

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 328-200185 - AIR SLIDE. FABRIC; 550MM; NOMEX

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	23	0	89	50	12	0	70	0
2	56	0	86	10	99	50	82	0
3	97	50	38	0	41	0	23	0
4	79	0	9	0	35	0	83	0
5	60	0	13	0	24	0	23	0
6	5	0	20	0	70	0	51	0
7	14	0	54	0	45	0	3	0
8	11	0	6	0	53	0	53	0
9	5	0	89	50	60	0	67	0
10	19	0	71	0	46	0	52	0
11	5	0	84	0	64	0	90	50
12	27	0	47	0	46	0	89	50
13	83	0	63	0	76	0	39	0
14	53	0	8	0	46	0	48	0
15	85	10	20	0	56	0	69	0
16	60	0	91	50	81	0	49	0
17	25	0	11	0	89	50	79	0
18	2	0	98	50	72	0	62	0
19	42	0	92	50	61	0	4	0
20	12	0	83	0	35	0	100	50
21	55	0	1	0	83	0	20	0
22	28	0	14	0	45	0	24	0
23	91	50	66	0	48	0	39	0
24	7	0	33	0	40	0	91	50
25	15	0	36	0	60	0	36	0
26	72	0	36	0	57	0	59	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 332-200368 - BAG CLOTH. 130MMX4580MM; ANTISTATIC

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	76	0	66	0	66	0	59	0
2	59	0	37	0	2	0	55	0
3	58	0	85	0	26	0	83	0
4	83	0	58	0	15	0	64	0
5	82	0	31	0	32	0	94	1625
6	61	0	85	0	8	0	48	0
7	83	0	37	0	62	0	83	0
8	2	0	35	0	76	0	78	0
9	68	0	69	0	87	0	24	0
10	4	0	29	0	95	1625	25	0
11	90	0	50	0	87	0	6	0
12	85	0	17	0	82	0	74	0
13	55	0	91	0	16	0	23	0
14	21	0	92	0	39	0	33	0
15	33	0	22	0	8	0	36	0
16	57	0	52	0	4	0	90	0
17	66	0	38	0	68	0	21	0
18	32	0	50	0	73	0	94	1625
19	95	1625	92	0	72	0	17	0
20	84	0	20	0	38	0	22	0
21	50	0	85	0	2	0	33	0
22	3	0	10	0	42	0	90	0
23	83	0	17	0	50	0	34	0
24	26	0	93	1625	80	0	55	0
25	96	1625	22	0	45	0	57	0
26	89	0	68	0	64	0	67	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 619-200055 - CHEMICAL. DAPHNE ALPHA CLEANER

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	9	0	65	7	99	26	15	0
2	82	10	77	8	10	0	90	10
3	5	0	67	7	61	6	9	0
4	91	10	53	5	21	0	16	0
5	9	0	84	10	28	2	50	4
6	45	4	77	8	29	2	93	22
7	3	0	14	0	17	0	43	4
8	22	0	44	4	10	0	24	0
9	72	7	75	8	70	7	90	10
10	94	22	79	9	75	8	3	0
11	65	7	30	2	80	9	56	5
12	97	26	52	5	54	5	21	0
13	22	0	99	26	83	10	24	0
14	83	10	97	26	50	4	22	0
15	0	0	64	7	42	3	29	2
16	20	0	40	3	99	26	1	0
17	43	4	97	26	42	3	73	7
18	74	8	16	0	0	0	10	0
19	83	10	50	4	30	2	35	2
20	28	2	28	2	76	8	98	26
21	96	22	39	3	44	4	7	0
22	95	22	87	10	60	6	97	26
23	52	5	51	5	79	9	97	26
24	52	5	2	0	80	9	40	3
25	64	7	77	8	82	10	94	22
26	44	4	12	0	4	0	17	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 119-200096 - OIL. KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	97	2	34	0	95	2	29	0
2	57	0	14	0	36	0	2	0
3	96	2	43	0	78	0	12	0
4	73	0	61	0	32	0	3	0
5	62	0	43	0	47	0	74	0
6	49	0	40	0	18	0	96	2
7	87	1	90	2	13	0	25	0
8	11	0	85	0	96	2	5	0
9	61	0	91	2	58	0	85	0
10	20	0	72	0	93	2	42	0
11	93	2	97	2	47	0	70	0
12	11	0	55	0	67	0	72	0
13	16	0	3	0	53	0	81	0
14	83	0	44	0	85	0	55	0
15	78	0	1	0	50	0	54	0
16	78	0	17	0	14	0	27	0
17	82	0	41	0	36	0	77	0
18	31	0	65	0	3	0	68	0
19	75	0	32	0	51	0	35	0
20	89	1	74	0	84	0	81	0
21	66	0	4	0	2	0	17	0
22	65	0	52	0	7	0	96	2
23	50	0	65	0	2	0	27	0
24	50	0	43	0	92	2	24	0
25	17	0	86	0	36	0	37	0
26	82	0	46	0	79	0	20	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 119-200268 - OIL. CASTROL; ALPHASYN HTX 1000

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	15	0	87	0	81	0	3	0
2	86	0	65	0	91	0	45	0
3	66	0	25	0	83	0	30	0
4	48	0	88	0	1	0	57	0
5	33	0	26	0	19	0	66	0
6	17	0	46	0	9	0	3	0
7	14	0	11	0	88	0	88	0
8	76	0	30	0	4	0	98	10
9	37	0	14	0	16	0	66	0
10	9	0	40	0	21	0	0	0
11	55	0	32	0	55	0	14	0
12	84	0	1	0	44	0	49	0
13	71	0	66	0	58	0	60	0
14	99	10	60	0	93	0	49	0
15	8	0	54	0	2	0	55	0
16	1	0	73	0	19	0	98	10
17	18	0	2	0	4	0	15	0
18	16	0	57	0	13	0	53	0
19	15	0	21	0	35	0	11	0
20	91	0	94	0	100	10	43	0
21	42	0	24	0	69	0	79	0
22	97	10	91	0	85	0	26	0
23	80	0	7	0	30	0	51	0
24	9	0	42	0	70	0	22	0
25	8	0	93	0	49	0	66	0
26	28	0	99	10	87	0	88	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 607-200021 - PLATE. STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	27	0	52	3	8	0	10	0
2	22	0	26	0	73	10	10	0
3	52	3	29	1	42	1	7	0
4	20	0	27	0	50	2	15	0
5	8	0	61	3	45	2	70	10
6	94	23	12	0	71	10	51	3
7	13	0	16	0	28	1	25	0
8	23	0	55	3	51	3	9	0
9	62	3	80	19	69	9	95	23
10	51	3	29	1	99	24	52	3
11	51	3	83	20	70	10	70	10
12	70	10	99	24	19	0	86	21
13	82	20	86	21	7	0	50	2
14	13	0	61	3	29	1	21	0
15	21	0	61	3	77	15	90	21
16	44	2	44	2	0	0	4	0
17	49	2	10	0	13	0	25	23
18	36	1	3	0	94	23	28	1
19	67	9	10	0	5	0	60	3
20	95	23	3	0	34	1	10	0
21	27	0	55	3	39	1	79	19
22	19	0	43	2	3	0	95	23
23	77	15	76	15	80	19	9	0
24	55	3	95	23	93	23	83	20
25	49	2	2	1	0	0	16	0
26	67	9	79	19	64	6	45	2

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 607-200022 - PLATE. STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	70	6	75	6	92	13	95	27
2	21	1	76	6	85	6	77	6
3	56	5	75	6	33	2	95	27
4	57	5	33	2	50	4	27	1
5	94	27	4	0	61	5	30	1
6	90	13	96	27	25	1	60	5
7	55	5	55	5	59	5	21	1
8	33	2	20	1	79	6	20	1
9	12	0	13	0	99	31	20	1
10	51	5	93	27	66	5	75	6
11	2	0	70	6	99	31	99	31
12	51	5	70	6	48	4	86	9
13	5	0	20	1	75	6	60	5
14	12	0	16	0	96	27	14	0
15	67	5	5	0	31	1	45	3
16	33	2	28	1	15	0	87	9
17	97	31	55	5	66	5	7	0
18	70	6	33	2	5	0	3	0
19	32	2	50	4	3	5	2	0
20	55	5	48	4	40	2	90	13
21	31	1	2	0	99	31	55	5
22	99	31	52	5	53	5	15	0
23	75	6	69	5	65	5	33	2
24	25	1	49	4	29	1	19	0
25	49	4	43	3	40	3	2	0
26	45	3	96	27	29	1	66	5

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 119-200157 - OIL. BECHEM; BERUSYNTH EP 320 Tabel

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	26	0	49	0	40	0	34	0
2	7	0	47	0	17	0	75	0
3	93	2	70	0	90	1	35	0
4	79	0	2	0	17	0	23	0
5	51	0	71	0	48	0	54	0
6	71	0	61	0	72	0	88	0
7	28	0	84	0	100	5	12	0
8	13	0	72	0	61	0	23	0
9	5	0	82	0	1	0	89	1
10	43	0	10	0	46	0	40	0
11	3	0	9	0	13	0	12	0
12	14	0	40	0	8	0	31	0
13	61	0	26	0	84	0	70	0
14	86	0	25	0	81	0	40	0
15	37	0	10	0	32	0	63	0
16	65	0	78	0	86	0	67	0
17	58	0	11	0	42	0	32	0
18	89	1	66	0	94	0	92	1
19	95	2	61	0	56	0	6	0
20	96	2	3	0	80	0	43	0
21	11	0	2	0	46	0	89	1
22	33	0	8	0	93	0	9	0
23	10	0	71	0	34	0	58	2
24	86	0	84	0	61	0	17	0
25	73	0	99	5	14	0	36	0
26	51	0	88	0	81	0	48	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 332-200212 - BAG CLOTH. 150MMX3050MM; POLYESTER

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	13	0	84	0	24	0	71	0
2	15	0	17	0	9	0	8	0
3	28	0	79	0	70	0	85	0
4	17	0	82	0	41	0	46	0
5	66	0	64	0	96	81	63	0
6	21	0	47	0	80	0	25	0
7	93	81	92	64	11	0	16	0
8	45	0	20	0	31	0	78	0
9	5	0	35	0	8	0	69	0
10	68	0	0	0	18	0	85	0
11	73	0	30	0	85	0	66	0
12	99	355	50	0	30	0	28	0
13	81	0	40	0	56	0	96	81
14	36	0	20	0	43	0	18	0
15	65	0	33	0	94	81	64	0
16	72	0	90	64	5	0	74	0
17	28	0	36	0	9	0	67	0
18	12	0	40	0	89	64	35	0
19	73	0	61	0	10	0	68	0
20	11	0	88	0	71	0	36	0
21	24	0	25	0	80	0	50	0
22	65	0	59	0	21	0	27	0
23	61	0	69	0	10	0	14	0
24	85	0	77	0	67	0	54	0
25	85	0	2	0	21	0	32	0
26	73	0	54	0	14	0	6	0

Lampiran Hasil Pembangkitan Bilangan Acak Spare Parts Non Rutin

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 635-200068 - CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	100	2	92	1	82	1	93	1
2	1	0	29	0	47	0	23	0
3	82	1	4	0	75	0	3	0
4	5	0	69	0	95	2	84	1
5	83	1	85	1	93	1	97	2
6	94	2	19	0	21	0	32	0
7	84	1	93	1	96	2	9	0
8	80	0	99	2	83	1	30	0
9	5	0	16	0	3	0	9	0
10	82	1	99	2	55	0	95	2
11	80	0	30	0	2	0	89	1
12	30	0	34	0	43	0	89	1
13	85	1	14	0	81	0	5	0
14	38	0	67	0	24	0	50	0
15	48	0	53	0	71	0	31	0
16	51	0	78	0	28	0	82	1
17	93	1	69	0	92	1	22	0
18	70	0	68	0	0	0	15	0
19	30	0	89	1	92	1	4	0
20	14	0	73	0	27	0	30	0
21	0	0	23	0	50	0	9	0
22	16	0	4	0	55	0	91	1
23	50	0	34	0	46	0	78	0
24	47	0	73	0	38	0	22	0
25	31	0	9	0	23	0	72	0
26	6	0	89	1	62	0	63	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 316-200923 - DRIVE PLATE. 4200M; F/CLINKER COOLER

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	79	0	54	0	16	0	83	14
2	54	0	33	0	77	0	22	0
3	87	14	48	0	87	14	30	0
4	17	0	76	0	79	0	29	0
5	30	0	29	0	50	0	97	29
6	19	0	83	14	66	0	91	20
7	4	0	80	0	96	29	70	0
8	17	0	100	41	50	0	93	20
9	78	0	5	0	3	0	56	0
10	97	29	64	0	60	0	39	0
11	99	41	5	0	10	0	31	0
12	79	0	76	0	59	0	38	0
13	11	0	6	0	97	29	50	0
14	21	0	8	0	68	0	54	0
15	9	0	41	0	53	0	99	41
16	42	0	93	20	0	0	67	0
17	42	0	46	0	87	14	63	0
18	56	0	56	0	14	0	69	0
19	90	20	59	0	14	0	5	0
20	10	0	30	0	5	0	81	0
21	1	0	87	14	2	0	26	0
22	37	0	11	0	66	0	61	0
23	18	0	1	0	70	0	85	14
24	45	0	41	0	99	41	43	0
25	95	29	21	0	66	0	81	0
26	18	0	99	41	4	0	63	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 316-200921 - CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	24	0	81	120	30	0	88	135
2	57	0	35	0	97	150	63	0
3	12	0	36	0	19	0	35	0
4	92	140	50	0	68	0	75	0
5	25	0	40	0	62	0	6	0
6	7	0	88	135	79	120	69	0
7	93	140	33	0	7	0	97	150
8	79	120	91	140	16	0	68	0
9	15	0	58	0	81	120	81	120
10	28	0	29	0	75	0	74	0
11	95	150	61	0	0	0	34	0
12	85	127	34	0	91	140	85	127
13	77	0	97	150	14	0	24	0
14	44	0	68	0	62	0	20	0
15	12	0	68	0	24	0	43	0
16	7	0	74	0	92	140	93	140
17	32	0	53	0	23	0	96	150
18	56	0	97	150	85	127	60	0
19	76	0	74	0	29	0	18	0
20	48	0	25	0	87	135	76	0
21	56	0	1	0	49	0	53	0
22	57	0	85	127	50	0	100	190
23	11	0	64	0	4	0	2	0
24	93	140	72	0	4	0	75	0
25	20	0	17	0	66	0	63	0
26	85	127	91	140	33	0	32	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 316-201129 - CROSS. BAR KJ-210

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	71	0	14	0	45	0	24	0
2	61	0	26	0	91	63	71	0
3	85	50	42	0	1	0	83	50
4	28	0	60	0	85	50	30	0
5	92	63	56	0	74	0	55	0
6	25	0	93	63	39	0	47	0
7	57	0	62	0	27	0	55	0
8	95	71	85	50	64	0	67	0
9	74	0	60	0	93	63	85	50
10	61	0	4	0	53	0	26	0
11	93	63	0	0	47	0	59	0
12	70	0	93	63	16	0	83	50
13	5	0	58	0	48	0	58	0
14	74	0	66	0	89	54	54	0
15	34	0	81	0	28	0	36	0
16	80	0	9	0	92	63	83	50
17	21	0	34	0	33	0	18	0
18	42	0	8	0	14	0	90	63
19	79	0	83	50	29	0	13	0
20	66	0	57	0	17	0	14	0
21	1	0	96	71	99	81	88	54
22	66	0	83	50	63	0	32	0
23	97	71	26	0	29	0	41	0
24	88	54	8	0	14	0	9	0
25	30	0	43	0	24	0	95	71
26	30	0	64	0	27	0	19	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak SI00006207 - WEL ROD; 2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	52	0	93	750	40	0	89	750
2	51	0	36	0	88	750	23	0
3	72	0	92	750	14	0	73	0
4	26	0	25	0	47	0	50	0
5	75	0	49	0	80	0	15	0
6	47	0	57	0	77	0	84	500
7	98	1250	18	0	54	0	44	0
8	100	1250	83	500	50	0	52	0
9	73	0	13	0	1	0	1	0
10	74	0	68	0	95	1250	97	1250
11	62	0	85	500	16	0	7	0
12	90	750	45	0	93	750	77	0
13	89	750	29	0	93	750	19	0
14	91	750	97	1250	93	750	31	0
15	1	0	64	0	85	500	61	0
16	33	0	48	0	89	750	98	1250
17	32	0	46	0	2	0	15	0
18	19	0	72	0	35	0	5	0
19	85	500	90	750	27	0	32	0
20	3	0	99	1250	55	0	8	0
21	52	0	7	0	87	750	56	0
22	69	0	45	0	34	0	53	0
23	69	0	58	0	57	0	24	0
24	8	0	47	0	59	0	90	750
25	32	0	29	0	19	0	93	750
26	51	0	30	0	50	0	39	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 635-200033 - CYLINDER. HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	83	12	99	36	44	0	67	0
2	15	0	91	22	69	0	95	30
3	46	0	43	0	64	0	81	0
4	58	0	21	0	44	0	7	0
5	22	0	24	0	87	15	81	0
6	84	12	99	36	1	0	20	0
7	88	15	80	0	13	0	54	0
8	14	0	30	0	17	0	59	0
9	18	0	84	12	48	0	62	0
10	94	30	32	0	71	0	63	0
11	53	0	45	0	8	0	17	0
12	78	0	9	0	77	0	89	15
13	93	22	14	0	49	0	65	0
14	46	0	81	0	69	0	74	0
15	11	0	59	0	11	0	46	0
16	1	0	88	15	58	0	48	0
17	60	0	32	0	96	30	88	15
18	48	0	36	0	65	0	2	0
19	87	15	40	0	53	0	81	0
20	22	0	84	12	88	15	95	30
21	33	0	44	0	32	0	42	0
22	11	0	56	0	71	0	68	0
23	81	0	53	0	83	12	8	0
24	37	0	30	0	91	22	97	30
25	89	15	57	0	53	0	65	0
26	80	0	76	0	97	30	41	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 324-200207 - BELT. CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	29	0	80	39	75	39	29	0
2	4	0	2	0	14	0	4	0
3	42	0	41	0	13	0	42	0
4	11	0	81	39	85	39	11	0
5	9	0	66	0	97	61	9	0
6	22	0	29	0	4	0	22	0
7	90	41	83	39	85	39	90	41
8	95	61	53	0	88	41	95	61
9	57	0	4	0	79	39	57	0
10	32	0	61	0	25	0	32	0
11	52	0	16	0	19	0	52	0
12	79	39	57	0	70	0	79	39
13	24	0	77	39	44	0	24	0
14	76	39	8	0	82	39	76	39
15	5	0	56	0	40	0	5	0
16	54	0	76	39	62	0	54	0
17	72	39	72	39	28	0	72	39
18	2	0	45	0	64	0	2	0
19	62	0	58	0	42	0	62	0
20	69	0	86	41	68	0	69	0
21	19	0	60	0	69	0	19	0
22	74	39	80	39	77	39	74	39
23	85	39	55	0	89	41	85	39
24	93	41	15	0	0	0	93	41
25	23	0	79	39	38	0	23	0
26	86	41	93	41	35	0	86	41

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	96	3	32	0	37	0	17	0
2	21	0	11	0	70	0	99	3
3	6	0	94	3	5	0	11	0
4	49	0	62	0	87	2	24	0
5	12	0	7	0	70	0	84	1
6	0	0	95	3	12	0	19	0
7	43	0	42	0	14	0	89	2
8	89	2	20	0	51	0	41	0
9	60	0	33	0	36	0	83	1
10	76	0	68	0	46	0	11	0
11	38	0	53	0	56	0	43	0
12	68	0	45	0	63	0	19	0
13	84	1	97	3	99	3	46	0
14	91	2	50	0	38	0	50	0
15	29	0	84	1	32	0	28	0
16	68	0	24	0	89	2	38	0
17	97	3	3	0	97	3	93	3
18	20	0	24	0	82	1	66	0
19	95	3	61	0	81	1	88	2
20	28	0	12	0	61	0	45	0
21	45	0	19	0	30	0	77	0
22	58	0	97	3	23	0	81	1
23	87	2	91	2	52	0	69	0
24	78	1	65	0	60	0	96	3
25	89	2	75	0	89	2	35	0
26	86	2	91	2	96	3	26	0

Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 613-200743 - VALVE. SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061

Bulan	Random Number	Replikasi 1	Random Number	Replikasi 2	Random Number	Replikasi 3	Random Number	Replikasi 4
1	75	0	68	0	89	37	52	0
2	80	0	22	0	39	0	65	0
3	96	40	85	0	75	0	96	40
4	17	0	55	0	23	0	33	0
5	73	0	3	0	56	0	67	0
6	2	0	53	0	38	0	76	0
7	100	40	40	0	30	0	91	39
8	22	0	61	0	57	0	85	0
9	21	0	49	0	46	0	84	0
10	80	0	93	39	47	0	54	0
11	39	0	10	0	69	0	63	0
12	43	0	91	39	69	0	73	0
13	6	0	63	0	20	0	100	40
14	13	0	18	0	42	0	65	0
15	58	0	99	40	79	0	56	0
16	7	0	19	0	76	0	36	0
17	41	0	14	0	42	0	70	0
18	95	40	77	0	15	0	82	0
19	77	0	71	0	100	40	71	0
20	39	0	88	37	93	39	71	0
21	30	0	10	0	34	0	72	0
22	4	0	52	0	30	0	62	0
23	47	0	6	0	70	0	96	40
24	48	0	73	0	15	0	39	0
25	43	0	48	0	1	0	44	0
26	91	39	26	0	95	40	6	0

Lampiran Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi Spare Parts Rutin (*Consumable*)

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 328-200185 - AIR SLIDE.
FABRIC; 550MM; NOMEX

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.688	0.05	$0.688 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.4791	0.05	$0.4791 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.4184	0.05	$0.4184 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.965	0.05	$0.965 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.2655	0.05	$0.2655 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.6805	0.05	$0.6805 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.654	0.05	$0.654 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.1398	0.05	$0.1398 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.5296	0.05	$0.5296 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.3991	0.05	$0.3991 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 332-200368 - BAG CLOTH.
130MMX4580MM; ANTISTATIC

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.9842	0.05	$0.9842 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.9842	0.05	$0.9842 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.556	0.05	$0.556 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.9842	0.05	$0.9842 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	1.0000	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 619-200055 - CHEMICAL.
DAPHNE ALPHA CLEANER

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.6691	0.05	$0.6691 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.3375	0.05	$0.3375 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.8244	0.05	$0.8244 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.4298	0.05	$0.4298 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.6642	0.05	$0.6642 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.8169	0.05	$0.8169 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.3402	0.05	$0.3402 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.5073	0.05	$0.5073 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.0976	0.05	$0.0976 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.3165	0.05	$0.3165 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 119-200096 - OIL.
KLUBER; GRAFLOSCON C-SG 2000 ULTRA

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.7918	0.05	$0.7918 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.6995	0.05	$0.6995 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.3999	0.05	$0.3999 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.5111	0.05	$0.5111 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.813	0.05	$0.813 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.2596	0.05	$0.2596 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.6988	0.05	$0.6988 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.6542	0.05	$0.6542 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.3991	0.05	$0.3991 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 119-200268 - OIL.
CASTROL; ALPHASYN HTX 1000

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	1	0.05	$1 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.5711	0.05	$0.5711 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 607-200021 - PLATE.
STEEL; 8MMX4FTX8FT; +/-5% TOL

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.4381	0.05	$0.4381 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.7589	0.05	$0.7589 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.6826	0.05	$0.6826 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.6531	0.05	$0.6531 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.6518	0.05	$0.6518 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.7009	0.05	$0.7009 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.7903	0.05	$0.7903 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.8815	0.05	$0.8815 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.8506	0.05	$0.8506 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.9102	0.05	$0.9102 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 607-200022 - PLATE.
STEEL; 10MMX4FTX8FT; +/-5% TOL

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.8386	0.05	0.8386 >= 0.05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.9705	0.05	0.9705 >= 0.05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.4482	0.05	0.4482 >= 0.05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.6905	0.05	0.6905 >= 0.05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.7956	0.05	0.7956 >= 0.05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.5906	0.05	0.5906 >= 0.05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.5107	0.05	0.5107 >= 0.05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.4055	0.05	0.4055 >= 0.05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.7250	0.05	0.725 >= 0.05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.2292	0.05	0.2292 >= 0.05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 119-200157 - OIL.
BECHEM; BERUSYNTH EP 320

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.7226	0.05	0.7226 >= 0.05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.3318	0.05	0.3318 >= 0.05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.6547	0.05	0.6547 >= 0.05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.7693	0.05	0.7693 >= 0.05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.1915	0.05	0.1915 >= 0.05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.4094	0.05	0.4094 >= 0.05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.9187	0.05	0.9187 >= 0.05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.5868	0.05	0.5868 >= 0.05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.1915	0.05	0.1915 >= 0.05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.4282	0.05	0.4282 >= 0.05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 332-200212 - BAG CLOTH.
150MMX3050MM; POLYESTER

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.6807	0.05	0.6807 >= 0.05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.6038	0.05	0.6038 >= 0.05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.9868	0.05	0.9868 >= 0.05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.3125	0.05	0.3125 >= 0.05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.9526	0.05	0.9526 >= 0.05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.7071	0.05	0.7071 >= 0.05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.556	0.05	0.556 >= 0.05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.6038	0.05	0.6038 >= 0.05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.6025	0.05	0.6025 >= 0.05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.3219	0.05	0.3219 >= 0.05	dua rata-rata sama

Lampiran Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi Spare Parts Non Rutin

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 635-200068 - CYLINDER.HYD ACTUATOR; ECS.S60.002.00.17

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.3906	0.05	0.3906 \geq 0.05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.5587	0.05	0.5587 \geq 0.05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.5587	0.05	0.5587 \geq 0.05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.3906	0.05	0.3906 \geq 0.05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.7909	0.05	0.7909 \geq 0.05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.7909	0.05	0.7909 \geq 0.05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	1	0.05	1 \geq 0.05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	1	0.05	1 \geq 0.05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.7909	0.05	0.7909 \geq 0.05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.7909	0.05	0.7909 \geq 0.05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 316-200923 - DRIVE PLATE. 4200M; F/CLINKER COOLER

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,9575	0,05	0,9575 \geq 0,05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,9894	0,05	0,9894 \geq 0,05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0,9894	0,05	0,9894 \geq 0,05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,7485	0,05	0,7485 \geq 0,05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,9894	0,05	0,9894 \geq 0,05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,9894	0,05	0,9894 \geq 0,05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,8175	0,05	0,8175 \geq 0,05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	1,00000	0,05	1 \geq 0,05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0,768	0,05	0,768 \geq 0,05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0,7779	0,05	0,7779 \geq 0,05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 316-200921 - CROSS BAR. KJ-210M; F/CLINKER COOLER

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.6032	0.05	0.6032 \geq 0.05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.7029	0.05	0.7029 \geq 0.05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.7179	0.05	0.7179 \geq 0.05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.5877	0.05	0.5877 \geq 0.05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.9045	0.05	0.9045 \geq 0.05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.8813	0.05	0.8813 \geq 0.05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.9787	0.05	0.9787 \geq 0.05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.9803	0.05	0.9803 \geq 0.05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.8736	0.05	0.8736 \geq 0.05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.8563	0.05	0.8563 \geq 0.05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 316-201129 - CROSS.
BAR KJ-210

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,7681	0,05	0,7681 >= 0,05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,8475	0,05	0,8475 >= 0,05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0,7681	0,05	0,7681 >= 0,05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,6641	0,05	0,6641 >= 0,05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,9013	0,05	0,9013 >= 0,05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,9901	0,05	0,9901 >= 0,05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,9424	0,05	0,9424 >= 0,05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0,9209	0,05	0,9209 >= 0,05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0,8094	0,05	0,8094 >= 0,05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0,9328	0,05	0,9328 >= 0,05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi SI00006207 - WEL ROD;
2.8MM; WELDING ALLOY; HC-0 250 KG/ROLL

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,4739	0,05	0,4739 >= 0,05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,5415	0,05	0,5415 >= 0,05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0,3545	0,05	0,3545 >= 0,05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,4834	0,05	0,4834 >= 0,05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,9230	0,05	0,9230 >= 0,05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,8272	0,05	0,8272 >= 0,05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,9854	0,05	0,9854 >= 0,05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0,7515	0,05	0,7515 >= 0,05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0,9285	0,05	0,9285 >= 0,05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0,8113	0,05	0,8113 >= 0,05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 635-200033 - CYLINDER.
HYDRAULIC ACTUATOR TYPE:ECS.SO4.032.001

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0,6286	0,05	0,6286 >= 0,05	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0,7681	0,05	0,7681 >= 0,05	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0,7878	0,05	0,7878 >= 0,05	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0,9894	0,05	0,9894 >= 0,05	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0,8378	0,05	0,8378 >= 0,05	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0,8661	0,05	0,8661 >= 0,05	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0,6821	0,05	0,6821 >= 0,05	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	1	0,05	1 >= 0,05	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0,7878	0,05	0,7878 >= 0,05	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0,8273	0,05	0,8273 >= 0,05	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 324-200207 - BELT.
CONV.; 800MMXEP500X4PLYX8X3MM

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.4131	0.05	$0.4131 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.5595	0.05	$0.5595 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.3117	0.05	$0.3117 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.5728	0.05	$0.5728 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.8142	0.05	$0.8142 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.8421	0.05	$0.8421 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.8009	0.05	$0.8009 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.6631	0.05	$0.6631 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.9907	0.05	$0.9907 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.6489	0.05	$0.6489 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 633-200003 -PULL ROD KIT; 7418324; FOR COAL MILL 471RM01; ATOX MILL 32.5

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.2921	0.05	$0.2921 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.6493	0.05	$0.6493 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.3455	0.05	$0.3455 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.5319	0.05	$0.5319 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.5531	0.05	$0.5531 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.9212	0.05	$0.9212 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.6678	0.05	$0.6678 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.6232	0.05	$0.6232 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.8627	0.05	$0.8627 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.7434	0.05	$0.7434 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

Uji Kesamaan Rata-Rata Antara Data Historis dan Replikasi 613-200743 - VALVE. SOLENOID; 5/2 WAY; L12BA452B00061

No.	Data	η hitung	α	Hasil uji	Keterangan
1	C1 - C2	0.3546	0.05	$0.3546 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
2	C1 - C3	0.6652	0.05	$0.6652 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
3	C1 - C4	0.3655	0.05	$0.3655 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
4	C1 - C5	0.5428	0.05	$0.5428 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
5	C2 - C3	0.6220	0.05	$0.6220 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
6	C2 - C4	0.9892	0.05	$0.9892 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
7	C2 - C5	0.7507	0.05	$0.7507 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
8	C3 - C4	0.6350	0.05	$0.6350 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
9	C3 - C5	0.8558	0.05	$0.8558 \geq 0.05$	dua rata-rata sama
10	C4 - C5	0.7618	0.05	$0.7618 \geq 0.05$	dua rata-rata sama

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Dedy Ermawanto, dilahirkan di Magetan Jawa Timur pada tanggal 3 Juni 1981. Penulis sekarang tinggal di Tuban Jawa Timur dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yang telah menempuh pendidikan formal di Magetan yakni SDN Tamanan 1 Magetan, SMP Negeri 1 Magetan, SMU Negeri 1 Magetan. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Brawijaya Malang melalui jalur PMDK pada tahun (1999 – 2003). Dan mendapatkan predikat lulusan tercepat (3,5 tahun). Saat ini, penulis masih bekerja di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Setelah lulus S1, melanjutkan tugas belajar Strata-2 (S-2) dari perusahaan di Departemen Teknik Sistem dan Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018. Apabila ada pertanyaan mengenai tesis ini penulis dapat dihubungi melalui email : dedyermawanto988@gmail.com. Berikut daftar riwayat pekerjaan penulis :

No.	Organisation Unit	Period	Company	Location
1	<i>Engineering Departement</i>	2003 - 2004	PT KAYABA INDONESIA (ASTRA INTERNATIONAL Group)	Jakarta
2	<i>Production Departement</i>	2004 - 2006	PT SHARP SEMICONDUCTOR INDONESIA	Karawang
3	<i>Maintenance Departement</i>	2006 - 2008	PT AISIN TAKAOKA INDONESIA (ASTRA OTOPARTS Group)	Karawang
4	<i>Maintenance Departement</i>	2008 - Now	PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk	Tuban/Rembang