

PENGENDALIAN PERSEDIAAN *SPARE PARTS* MESIN D3E DENGAN
PENDEKATAN *INVENTORY PROBABILISTIC MODELS*

INVENTORY SPARE PARTS CONTROL MACHINE D3E WITH
APPROXIMATION METHOD INVENTORY PROBABILISTIC MODELS

Novita Ratna Primantari¹⁾, Arif Rahman²⁾, Zefry Darmawan³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : primantarinovita@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, zefry_gue@yahoo.com³⁾

Abstrak

PT Essentra merupakan perusahaan yang memproduksi filter rokok berlokasi di Sidoarjo. Saat ini, PT Essentra hanya melakukan pengadaan spare parts apabila kebutuhan spare parts sudah menipis bahkan sudah kosong. Dari data 2 tahun terakhir yaitu tahun 2012 dan tahun 2013 menunjukkan bahwa kebutuhan Pusher Pins #BLE1156, Knife Shaft #98017.198, Bearing #38 KTT, Suction Band 12.7X1546, Center Pusher #98018.509A, Center Pusher 500687 #98018-509 dan Grip Tape 2.0 MM membutuhkan biaya yang besar untuk proses pengadaan spare parts tersebut. Untuk itu dilakukan perhitungan nilai quantity order, reorder point, service level, dan stock level expected spare parts tersebut dengan metode inventory probabilistic models. Dari perhitungan yang didapatkan bahwa service level ketujuh spare parts berkisar di angka 0,70 sampai 0,90. Nilai total cost dipengaruhi oleh nilai quantity order dan backorder karena ketika kedua nilai tersebut besar maka jumlah biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan permintaan tahunan spare parts tersebut dapat terpenuhi sesuai harapan dari perhitungan yang dilakukan. Hasil perhitungan, total cost terbesar adalah untuk spare parts jenis Center Pusher 500687#98018-509 dengan nilai Rp 35.953.553,57 dengan quantity order sebanyak 28 buah dan reorder point sebanyak 27 buah. Sedangkan total cost terkecil adalah untuk spare parts jenis Knife Shaft #98017.198 dengan nilai Rp 18.042.148,44 dengan quantity order sejumlah 2 buah dan reorder point sebanyak 2 buah.

Kata kunci : *Spare Parts Inventory, Backorder Case Stockout Per Unit, Inventory Probabilistic Models.*

1. Pendahuluan

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan produksi dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Reksodiprojo, 1991:54). Hal ini dilakukan dengan mendesain, mengatur dan mengecek performansi dari setiap fasilitas kerja pada saat waktu kerja (*uptime*) dan meminimalkan *downtime* karena kerusakan mesin. Proses pengadaan *spare parts* merupakan salah satu kegiatan yang mendukung lancarnya kegiatan *maintenance* (Assauri, 2004:12). Kekurangan persediaan *spare parts* dapat menyebabkan ketidakandalan proses produksi. Diperlukan adanya pertukaran persediaan antara menyediakan sedikit *spare parts* dengan resiko ketidakandalan proses atau menyediakan banyak *spare parts* dengan inventasi yang mahal (Nasution, 2005:73).

PT Essentra merupakan perusahaan yang memproduksi filter rokok yang terletak di Jalan Berbek Rungkut Industri I, Sidoarjo. Perusahaan ini memproduksi kurang-lebih 800 jenis filter rokok yang disesuaikan dengan permintaan konsumen. Untuk memenuhi permintaan konsumen dengan tepat waktu dan menghasilkan filter yang baik maka perlu adanya *monitoring* kegiatan pada mesin produksi.

Kegiatan *maintenance* yang dilakukan di PT Essentra merupakan bagian dari kegiatan *autonomous maintenance*. *Autonomous Maintenance* menurut Ebeling (1997 :106) merupakan kegiatan *maintenance* mandiri yang dianjurkan dalam usaha meningkatkan *Total Productive Maintenance* yang diterapkan di perusahaan. Dari kegiatan *autonomous maintenance* di PT Essentra didapatkan bahwa dalam proses produksi kadang terhenti karena terjadi kerusakan mesin yang menyebabkan *downtime* tinggi. Salah satu penyebab tingginya *downtime* yaitu karena tidak selamanya *spare*

parts mesin tersedia sesuai kebutuhan untuk penggantian ketika dibutuhkan penggantian *spare parts*. Jumlah data kerusakan dan lamanya *downtime* beberapa mesin produksi yang digunakan di PT Essentra yang disebabkan karena kegiatan *change order* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Kerusakan dan *Downtime* Januari 2013- Januari 2014

No	Jenis Mesin	Jumlah Kerusakan (Kejadian)	Total <i>Downtime</i> (jam)
1	D3	2922	9461
2	KM	4462	8312
3	KC	2770	4577
4	KF	292	4371
5	VD	1001	3379
6	ND	719	2625
7	CR	248	1704
8	KN	257	1229
9	SM	266	988
10	TH	209	960
11	PR	139	742
12	PN	268	650
13	SL	91	627
14	YM	141	625
15	PM	83	431
16	IM	663	292
17	VL	44	139.5
	TOTAL	29150	85656

Pada Tabel 1, menunjukkan bahwa jumlah *downtime* tertinggi terjadi pada jenis mesin D3E yaitu selama 9461 jam. Penyebab kerusakan untuk data di atas adalah kegiatan *change order*. Untuk itu perlu diketahui terlebih dahulu jumlah konsumsi yang akan digunakan dalam kurun waktu tertentu agar ketika terjadi kerusakan dapat segera diganti dan mengurangi waktu *downtime* akibat tidak selamanya *spare parts* yang dibutuhkan ada di gudang.

Data jumlah *spare parts* yang memiliki 7 total pengeluaran terbesar dengan jumlah konsumsi *spare parts* selama Januari 2012 sampai Desember 2013 ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa jumlah ketujuh jenis *spare parts* yang dibutuhkan tidak pasti dan biaya yang harus dikeluarkan besar, maka untuk studi kasus ini digunakan metode *inventory probabilistic models*. Metode ini merupakan metode persediaan yang digunakan ketika persediaan yang didapatkan di lapangan seringkali

parameternya tidak diketahui (random) dan bersifat probabilistik atau stokastik (Tersine, 1994:205).

Tabel 2. Total Pengeluaran Terbesar *Spare Parts* Mesin D3E Tertinggi Tahun 2012 dan 2013

Nama <i>Parts</i>	Jumlah	Harga (rupiah)	Total Pengeluaran (rupiah)
<i>Pusher Pins#Ble1156</i>	3611	12.500	45.137.500
<i>Suction Band 12.7x1546</i>	181	280.000	50.680.000
<i>Knife Shaft#98017.198</i>	75	475.000	35.625.000
<i>Bearing#38 KTT</i>	44	475.000	20.900.000
<i>Center Pusher#98018.509 A</i>	273	73.481,5	20.060.449,5
<i>Center Pusher 500687#98018-509</i>	396	90.000	35.640.000
<i>Grip Tape 2.0MM</i>	199	134.090	26.683.910

Metode ini cocok digunakan data penelitian ini karena dalam perhitungannya jenis data yang digunakan adalah data dengan parameter yang distribusi permintaannya tidak pasti atau variabelnya acak. Data dari permintaan dari konsumsi *spare parts* mesin D3E ini bersifat tidak pasti atau acak karena tidak seluruh kerusakan yang terjadi dapat diprediksi oleh bagian *maintenance*.

Hasil dari penelitian ini nantinya akan berupa identifikasi dan usulan perbaikan dari kegiatan persediaan *spare parts* mesin D3E yang dilakukan oleh PT Essentra. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap kegiatan analisis kegiatan *maintenance* untuk mesin D3E khususnya, dengan menganalisis proses pengadaan *spare parts* mesin D3E, menghitung *backorder cost*, *reorder point*, *total cost*, *quantity order*, *service level*, dan *stock level* untuk *spare parts* mesin D3E, dan meminimalkan *total cost* dari kegiatan pengadaan persediaan *spare parts* mesin D3E.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan metode *Inventory Probabilistic Models* untuk menjadwalkan pengadaan *spare parts* agar mendapatkan *quantity order*, *reorder point* yang efisien, *total cost*, *service level*, dan *stock level*. Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan perumusan teori pada

sifat dan hubungan antar fenomena kuantitatif dari obyeknya dengan melakukan perhitungan.

2.1 Langkah – langkah Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi Masalah
Identifikasi masalah merupakan langkah untuk mengetahui lebih detail tentang ruang lingkup permasalahan yang akan diteliti. Dalam identifikasi masalah, kita dapat mengetahui jenis masalah tersebut dan mengetahui penyebab dari masalah tersebut.
2. Studi Pendahuluan
Survey pendahuluan dilakukan dengan pengenalan perusahaan, mengamati aktivitas – aktivitas yang ada pada perusahaan terutama yang berhubungan dengan proses produksi dan bagian *maintenance* juga bagian pengadaan persediaan *spare parts* serta melakukan diskusi dan bertukar pikiran dengan tenaga ahli pada bagian perawatan (*maintenance*) dan persediaan *spare parts* yang harus diganti untuk menggali permasalahan dan menentukan obyek penelitian yang nantinya akan diteliti.
3. Studi Pustaka
Studi pustaka yang dilakukan adalah mempelajari tentang pengendalian persediaan *spare parts*, pengadaan *spare parts* dengan metode *inventory probabilistic models*.
4. Perumusan Masalah
Melakukan perumusan masalah setelah mengetahui permasalahan yang ada di perusahaan.
5. Pengumpulan Data
Metode yang digunakan dalam pengumpulan data penelitian ini adalah:
 - a. Wawancara, yaitu pengambilan data dengan cara diskusi dan wawancara dengan semua pihak yang berkaitan dengan permasalahan yang ada khususnya pada bagian produksi, *maintenance* (operator mesin, operator *maintenance*, manajer bagian *maintenance*), dan bagian pengadaan *spare parts*.
 - b. Dokumentasi, yaitu meliputi pengumpulan data meliputi data jumlah kerusakan, data kebutuhan *spare parts*,

6. Pengujian Pendekatan Sistem *Inventory Probabilistic Models*
Analisis ini dilakukan ketika data yang ada sudah berdistribusi poisson. Dalam langkah ini, kita dapat mengetahui perhitungan dasar dengan menggunakan pendekatan sistem *inventory probabilistic models* dan mengetahui bahwa data sudah sesuai dengan kriteria perhitungan dengan pendekatan tersebut.
7. Perhitungan Empiris
Perhitungan empiris ini dilakukan ketika data yang ada tidak berdistribusi poisson. Perhitungan ini dilakukan secara manual dan dengan rumus yang sudah ada.
8. Perhitungan Biaya *Backorder per Unit*
Langkah ini akan menghasilkan didapatkan dari kerugian ketika mesin rusak karena kekurangan *spare parts* di gudang. Perhitungan didapatkan dengan mengalikan jumlah jam kerusakan per tahun dengan total produksi per tahun yang diharapkan perusahaan dibagi dengan total pembelian per tahun.
9. Perhitungan *Quantity* dan *Reorder Point* yang efisien
Langkah ini akan menghasilkan perhitungan *quantity* dan *reorder point* yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan dari kebutuhan *spare parts* mesin D3E tersebut. Dengan mengetahui jumlah yang akan dipesan maka akan mudah menentukan jumlah *reorder point* selama *lead time* pemesanan.
10. Perhitungan *Total Cost*, *Service Level*, dan *Stock Level*
Perhitungan *total cost*, *service level* dan *stock level* ini terlebih dahulu dengan menghitung *service level* dari pemesanan yang dilakukan, lalu menentukan *stock level* dari perhitungan jumlah pemesanan dan setelah itu maka akan didapat keseluruhan dari *total cost* kegiatan persediaan *spare parts* ini.
11. Hasil dan Pembahasan
Hasil pengolahan data yang dibahas pada tahap ini antara lain adalah *quantity* pemesanan, *reorder point* yang efisien, *safety stock*, *lot* pemesanan, *lead time* pemesanan, *total cost*, *stock level* dan *service level spare parts*.
12. Evaluasi Rekomendasi Pemesanan

Rekomendasi perbaikan untuk pemesanan selanjutnya dengan tabel dan penjelasan dari setiap *spare parts* yang diteliti. Tabel rekomendasi ini terdiri dari *quantity order*, *backorder point*, *stockout cost*, *service level*, *stock level*, dan *total cost*.

13. Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir yang akan dilakukan adalah penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan menjawab tujuan dari penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kebutuhan Spare Parts Mesin D3E per Tahun

Jenis *spare parts* yang digunakan pada mesin D3E ada beragam. Ada 249 jenis *spare parts* keseluruhan yang digunakan oleh mesin D3E. Dalam penelitian ini jumlah *spare parts* yang diteliti sebanyak 7 jenis.

3.1.1 Jenis Spare Parts yang Diteliti

Penentuan jenis *spare parts* yang dibutuhkan dilakukan dengan cara mencari jumlah total biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan sejumlah *spare parts*. 7 jenis *spare parts* dipilih karena memiliki perhitungan total biaya tertinggi untuk tahun 2012 dan 2013. Jenis *spare parts* yang akan diteliti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Pengeluaran Terbesar *Spare Parts* Tahun 2012 dan Tahun 2013

Nama Parts	Jumlah	Harga (rupiah)	Total Pengeluaran (rupiah)
<i>Pusher Pins#Ble1156</i>	3611	12.500	45.137.500
<i>Suction Band 12.7x1546</i>	181	280.000	50.680.000
<i>Knife Shaft#98017.198</i>	75	475.000	35.625.000
<i>Bearing#38 KTT</i>	44	475.000	20.900.000
<i>Center Pusher#98018.509A</i>	273	73.481,5	20.060.449,5
<i>Center Pusher 500687#98018-509</i>	396	90.000	35.640.000
<i>Grip Tape 2.0MM</i>	199	134.090	26.683.910

3.2 Biaya – Biaya yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan

Biaya-biaya yang diperlukan dalam perhitungan dan analisis lebih lanjut tentang persediaan *spare parts* antara lain adalah biaya pembelian (*purchasing cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), biaya kehilangan stok (*stockout cost*), biaya pemesanan (*order cost*), biaya pembelian *spare parts*, dan biaya

stockout tiap kekurangan per unit (*stockout per unit*).

3.2.1 Biaya Pembelian Spare Parts (Purchasing Cost)

Biaya pembelian *spare parts* adalah harga untuk setiap *spare parts* yang dibutuhkan dikalikan dengan jumlah *spare parts* yang dibutuhkan per tahunnya.

$$\text{Rumus PC} = \text{Jumlah} \times \text{P} \quad (\text{pers. 1})$$

dimana, P = harga satuan

Contoh perhitungan *spare parts Bearing #38 KTT* = 44 × Rp 475.000,00 = Rp 20.900.000,00

Nilai biaya pembelian *spare parts* mesin D3E terbesar adalah untuk jenis *Suction Band 12.7X1546* dengan total pengeluaran Rp 50.680.000,00 dan biaya pembelian *spare parts* terendah adalah jenis *spare parts Center Pusher #98018.509A* dengan total pengeluaran Rp 20.060.449,50.

3.2.2 Biaya Penyimpanan (Holding Cost)

Biaya penyimpanan (H) adalah biaya-biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk menyimpan barang di dalam gudang penyimpanan. Biaya tersebut termasuk biaya memiliki modal yang dapat diukur dengan suku bunga bank. Jika uang tersebut tidak digunakan untuk pembelian maka disimpan di bank dengan menggunakan acuan *BI Rates* tahun 2014 yaitu sebesar 7,5%.

$$\text{Rumus HC(Holding Cost)} = \text{P} \times \text{I} \quad (\text{pers.2})$$

$$= \text{Harga satuan} \times 7,5\%$$

dimana, P = Harga satuan

I = *Interest*

Contoh perhitungan *spare parts Pusher Pins #BLE1156* = Rp 12.500,00 × 7,5 % = Rp 937,50

Biaya penyimpanan tertinggi adalah jenis *spare parts Knife Shaft#98017.198* sebesar Rp 35.625,00 dan *Bearing#38 KTT* sebesar Rp 35.625,00. Sedangkan biaya penyimpanan terendah adalah *Pusher Pins#BLE1156* sebesar Rp 937,50.

3.2.3 Biaya Kehilangan Stok per Unit (Stockout Cost per Unit)

Biaya kehilangan stok (A) dalam penelitian ini didapatkan dari kerugian ketika mesin rusak karena kekurangan *spare parts* di gudang.

Stockout Cost per Unit =

$$\frac{\text{Total Produksi setahun} \times \frac{\text{Downtime}}{\text{Jam Produksi}} \times \frac{\text{Lead Time}}{\text{Week Produksi}}}{\bar{M}} \quad (\text{pers. 3})$$

$$= \frac{\text{Rp } 316.250.000.000,00 \times \frac{\text{Downtime}}{6300} \times \frac{2 \text{ Minggu}}{50 \text{ Minggu}}}{\bar{M}}$$

Biaya kehilangan stok per unit tertinggi adalah jenis *spare parts Pusher Pins #BLE1156* sebesar Rp 665,25. Biaya kehilangan terendah adalah untuk *spare parts* jenis *Knife Shaft #98017.198* sebesar Rp 15.397,27. Besarnya jumlah *stockout cost* dipengaruhi oleh banyaknya jam rusak dari setiap *spare parts*.

3.2.4 Biaya Pemesanan (Order Cost)

Biaya pemesanan (C) adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan (bagian *purchasing*) untuk melakukan pemesanan kembali ke pemasok. Biaya pemesanan di perusahaan yang dianggarkan oleh perusahaan untuk setiap *spare parts* tidak dihitung secara terinci (biaya telepon, biaya surat menyurat, biaya kurir, dan sebagainya). Namun perusahaan mengasumsikan biaya pemesanan untuk keseluruhan jenis *spare parts* sebesar Rp 10.000,00.

3.3 Penentuan Distribusi Spare Parts Pada Mesin D3E.

Pendugaan data persediaan *spare parts* pada mesin D3E berdistribusi poisson karena pola data persediaan *spare parts* mirip dengan pola data distribusi poisson dan distribusi ini dapat memenuhi beberapa periode permintaan kebutuhan *spare parts* mesin D3E. Pendugaan ini dilakukan secara teoritis berdasarkan teori tentang jenis distribusi untuk metode *Inventory Probabilistic Models*.

3.3.1 Penentuan Parameter

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan parameter dari masing-masing jenis distribusi untuk dijadikan *variable* dalam menghitung uji kesesuaian distribusi. Pengujian jenis distribusi yang dilakukan adalah untuk mengetahui apakah data kerusakan berdistribusi Poisson atau tidak berdistribusi Poisson.

Distribusi Poisson

Parameter : $\lambda = \bar{M}$ (pers. 4)

$$\lambda = \frac{\sum \bar{M} \times \text{FREKUENSI}}{\sum \text{FREKUENSI}} \quad (\text{pers. 5})$$

dimana, \bar{M} = rata – rata permintaan per *lead time*

FREKUENSI = jumlah kemunculan \bar{M} dalam satu tahun produksi

λ = lamda frekuensi

Contoh perhitungan parameter untuk jenis *spare parts Suction Band 12.7x1546*

$$\lambda = \bar{M} = \frac{\sum \bar{M} \times \text{FREKUENSI}}{\sum \text{FREKUENSI}} =$$

$$\frac{(0 \times 45) + (1 \times 80) + (2 \times 149) + (3 \times 139) + (4 \times 117)}{45 + 80 + 149 + 139 + 117}$$

$$= \frac{(5 \times 54) + (6 \times 40) + (7 \times 46) + (8 \times 14) + (9 \times 11)}{54 + 40 + 46 + 14}$$

$$= \frac{+ (10 \times 6) + (11 \times 0) + (12 \times 3) + (13 \times 0) + (14 \times 1)}{11 + 6 + 0 + 3 + 0 + 1}$$

$$= \frac{2416}{705} = 3,4269504$$

Tabel 4. Parameter Distribusi Poisson *Spare Parts*

Kode Parts	Nama Parts	λ
500886	Pusher Pins#BLE1156	69,89
GT060008	Suction Band 12.7x1546	3,43
011101	Knife Shaft#98017.198	1,14
088036	Bearing#38 KTT	1,90
500867A	Center Pusher#98018.509A	10,87
500867	Center Pusher 500687#98018-509	13,19
GT060025	Grip Tape 2.0MM	7,53

3.3.2 Pengujian Kesesuaian Distribusi (Goodness of Fit Test) Data Persediaan Spare Parts

Pengujian kesesuaian distribusi (*chi-square goodness of fit test*) data persediaan *spare parts* terdiri dari pengujian kesesuaian distribusi (*chi-square goodness of fit test*) data ketujuh jenis *spare parts* dari mesin D3E. Setelah dilakukan pendugaan distribusi untuk data persediaan *spare parts*, maka akan pengujian kesesuaian distribusi (*chi-square goodness of fit test*). Dibawah ini merupakan formulasi hipotesis.

H_0 : Data *spare parts Suction Band 12.7x1546* berdistribusi poisson.

H_1 : Data *spare parts Suction Band 12.7x1546* tidak berdistribusi poisson.

H_0 diterima jika hasil perhitungan Chi- Test $\geq 0,05$.

Perhitungan *Goodness of Fit* yaitu

$$P(M) \text{ observed} = \frac{\text{Frekuensi (M)}}{\sum \text{Frekuensi (M)}} \quad (\text{pers. 6})$$

$$P(M) \text{ expected} = \frac{\lambda^M \times e^{-\lambda}}{M!} \quad (\text{pers. 7})$$

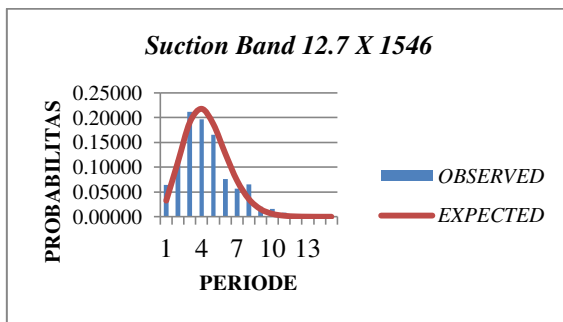
$$\text{Frekuensi expected} = \frac{P(M)}{\sum P(M)} \times \sum \text{Frekuensi (M)}$$

$$\lambda = E(M) \quad (\text{pers. 8})$$

Tabel 5. *Chi-Square Goodness of Fit Test Suction Band 12.7x1546*

M	Observed Distribution			Expected Distribution		
	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Kumulatif	Probabilitas	Frekuensi
0	45	0.064	0.064	0.032	0.032	22.903
1	80	0.113	0.177	0.144	0.111	78.486
2	149	0.211	0.389	0.335	0.191	134.484
3	139	0.197	0.586	0.552	0.218	153.623
4	117	0.166	0.752	0.739	0.187	131.615
5	54	0.077	0.828	0.867	0.128	90.208
6	40	0.057	0.885	0.940	0.073	51.523
7	46	0.065	0.950	0.976	0.036	25.224
8	14	0.020	0.970	0.991	0.015	10.805
9	11	0.016	0.986	0.997	0.006	4.114
10	6	0.009	0.994	0.999	0.002	1.410
11	0	0.000	0.994	1.000	0.001	0.439
12	3	0.004	0.999	1.000	0.000	0.125
13	0	0.000	0.999	1.000	0.000	0.033
14	1	0.001	1.000	1.000	0.000	0.008
Σ	705	1.000			1.000	705

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai $\Sigma P_{\text{expected}} = 1.00000 \leq \Sigma P(B)_{\text{observed}} = 1.00000$. Kesesuaian probabilitas data *expected* dengan data *observed* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Probabilitas *Expected* dan Probabilitas *Observed*

Kesimpulan dari hasil perhitungan adalah jenis distribusi dari ketujuh jenis *spare parts* tidak sesuai dengan pendugaan awal yaitu berdistribusi poisson. Hasil perhitungan *Chi-square Test* dari ketujuh jenis *spare parts* dapat dilihat pada Pada tabel 4.7

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa jenis distribusi dari ketujuh jenis *spare parts* tidak sesuai dengan pendugaan awal yaitu tidak berdistribusi poisson. Hal ini dapat dilihat dari perhitungan bahwa nilai perhitungan *Chi-Test* ketujuh *spare parts* tersebut kurang dari 0,05.

Tabel 6. Hasil *Chi-square Test Spare Parts* Mesin D3E

Nama Parts	Chi-square Test
Pusher Pins#Ble1156	0
Suction Band 12.7x1546	0
Knife Shaft#98017.198	$5,45 \cdot 10^{-8}$
Bearing#38 KTT	0
Center Pusher#98018.509A	0
Center Pusher 500687#98018-509	0
Grip Tape 2.0MM	$3,23 \cdot 10^{-8}$

3.4 Perhitungan *Backorder per Unit* tiap *Spare Parts*

Perhitungan ini dilakukan dengan perhitungan *expected* dari data yang sudah ada. Hasil perhitungan ini didapatkan dengan melihat probabilitas *stockout* dari permintaan selama *lead time* dibandingkan dengan probabilitas *stockout* ketika *demand* lebih besar dari *backorder per parts*. Hasil perhitungan dari perbandingan probabilitas ini adalah untuk mengetahui posisi M untuk *parts* tertentu yang dapat dijadikan acuan titik pemesanan kembali.

Rumus dari probabilitas *reorder point* dengan *stockout cost* yang diketahui adalah

$$P(M > B) = \frac{H \times Q}{A \times R} \quad (\text{pers. 9})$$

Contoh untuk *spare parts* jenis *Suction Band 12.7 x 1546* adalah

$$P(M > B) = \frac{H \times Q}{A \times R} = \frac{21.000 \times 6}{7.690,81 \times 91} = 0,28310$$

3.4.1 Perhitungan *Backorder per Unit Knife Shaft #98017.198*

Backorder per unit untuk *spare parts Knife Shaft #98017.198* dapat diketahui dengan membandingkan nilai probabilitas *stockout* untuk mendapatkan hasil pada M titik berapa yang akan dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan *backorder*.

Tabel 7. Probabilitas *Stockout KNIFE SHAFT #98017.198*

KELAS	M	FREKUENSI	P(B)	PS (M>B)
1	0	123	0,343575	0,656425
2	1	123	0,343575	0,312849
3	2	72	0,201117	0,111732
4	3	19	0,053073	0,058659
5	4	21	0,058659	0,000000

Probabilitas *spare parts* jenis *Knife Shaft #98017.198* adalah sebesar 0,28310. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 1 unit dan 2 unit. Iterasi perhitungan

diperlukan untuk menentukan letak posisi M dari probabilitas tersebut. Tahap selanjutnya adalah dengan menghitung ulang E (M > B) yaitu sebagai berikutnya:

$$E(M > B) = \sum_{M=B+1}^{Mmax} (M - B)P(M) \quad (\text{pers. 10})$$

$$= (3 - 2) 0,053073 + (4 - 2) 0,058659$$

$$= 0,17039$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R [C+AE(M>B)]}{PF}} =$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 38 [10.000 + 15.397,27(0,17039)]}{475.000 \times 0,2}} = 3,16 \approx 3$$

$$P(M > B) = \frac{H \times Q}{A \times R} = \frac{35.625 \times 3}{15.397,27 \times 38} = 0,182662$$

Berdasarkan Tabel 4.9 untuk P = 0,182662, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 2. Masalah terpecahkan karena mencapai titik tertinggi dari titik *reorder point* yang sama pada perhitungan awal. Dan hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 3 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 3 dan B = 2.

3.4.2 Perhitungan Backorder per Unit Pusher Pins #BLE1156

Probabilitas untuk *spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE1156* didapatkan nilai 0,15318 dapat diketahui bahwa perbandingan berada di antara rata-rata 123 unit dan 124 unit. Dilakukan 2 kali proses iterasi untuk mendapatkan P = 0,10456, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 160. Hasil perhitungan *quantity order*nya adalah 134 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 134 dan B = 160.

3.4.3 Perhitungan Backorder per Unit Center Pusher #98018.509A

Probabilitas *spare parts* jenis *Center Pusher #98018.509A* adalah sebesar 0,16860. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 23 unit dan 24 unit. Dilakukan 2 kali proses iterasi untuk mendapatkan P = 0,144627, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 27. Dan hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 27 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 27 dan B = 27.

3.4.4 Perhitungan Backorder per Unit Center Pusher 500687 #98018.509

Probabilitas *spare parts* jenis *Center Pusher 500687 #98018.509* adalah sebesar 0,22282. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 22 unit dan 23 unit.

Dilakukan 2 kali proses iterasi untuk mendapatkan P = 0,182144, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 27. Hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 28 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 28 dan B = 27.

3.4.5 Perhitungan Backorder per Unit Bearing #38 KTT

Probabilitas *spare parts* jenis *Bearing #38 KTT* adalah sebesar 0,30802. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 2 unit dan 3 unit. Setelah dilakukan iterasi didapatkan nilai P = 0,24789, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 3. Dan hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 4 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 4 dan B = 3.

3.4.6 Perhitungan Backorder per Unit Suction Band 12.7X1546

Probabilitas *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* adalah sebesar 0,28011. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 3 unit dan 4 unit. Setelah dilakukan iterasi didapatkan nilai P = 0,24004, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 4. Dan hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 8 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 8 dan B = 4.

3.4.7 Perhitungan Backorder per Unit Grip Tape 2.0 MM

Probabilitas *spare parts* jenis *Grip Tape 2.0 MM* adalah sebesar 0,39754. Posisi M dari nilai tersebut masih berada di antara rata-rata 8 unit dan 9 unit. Setelah dilakukan iterasi didapatkan nilai P = 0,25968, didapatkan bahwa *reorder point* yang didapatkan adalah 9. Dan hasil dari perhitungan *quantity order*nya adalah 13 unit. Maka kebijakan persediaan optimum *spare parts* ini adalah Q* = 13 dan B = 9.

3.5 Perhitungan Jumlah Quantity Order Expected dan Reorder Point Expected

Perhitungan Quantity Order Expected (Q*)

Perhitungan jumlah *quantity order expected* didapatkan dengan rumus

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R [C+AE(M>B)]}{PF}} \quad (\text{pers.11})$$

Contoh perhitungan untuk *spare parts Knife Shaft #98017.198* adalah

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 38 [10.000 + 15.397,27(0,17039)]}{475.000 \times 0,2}} = 3,16 \approx 3$$

Hasil perhitungan jumlah *quantity order spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE 1156* adalah sebesar 134 buah, *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* sebanyak 8 buah, dan untuk jenis *spare parts Knife Shaft #98017.198* sebanyak 2 buah. sedangkan untuk jenis *spare parts Bearing #38 KTT* sebesar 4 buah, jenis *spare parts Center Pusher #98018.509A* sebesar 27 buah, *Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 28 buah, dan *Grip Tape 2.0 MM* sebesar 13 buah.

Perhitungan *Reorder Point Expected (B)*

Perhitungan *reorder point (B)* di dapatkan dengan rumus rata-rata permintaan selama *lead time (M)* dalam satuan unit ditambah dengan *safety stock* per unit (*S*).

$$B = \bar{M} + S \quad (\text{pers. 12})$$

Sedangkan dalam penelitian untuk menentukan *reorder point*, caranya adalah mencocokkan letak probabilitas $P(M > B)$ *expected* dengan letak *M*.

Contoh perhitungan *reorder point* untuk *spare parts Pusher Pins #BLE1156*

$$P(M > B) = \frac{H \times Q}{A \times R} \quad (\text{pers. 13})$$

$$= \frac{937,50 \times 134}{665,25 \times 1806} = 0,10456$$

Letak probabilitas $P(M > B)$ *expected* adalah di titik 160.

Hasil perhitungan jumlah *reorder point spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE 1156* sebesar 160 buah, *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* sebanyak 4 buah, dan untuk jenis *spare parts Knife Shaft #98017.198* sebanyak 2 buah. sedangkan untuk jenis *spare parts Bearing #38 KTT* sebesar 3 buah, jenis *spare parts Center Pusher #98018.509A* sebesar 27 buah, *Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 27 buah, dan *Grip Tape 2.0 MM* sebesar 9 buah.

Perhitungan *safety stock (SS)* didapatkan dengan rumus jumlah *reorder point (B)* dikurangi dengan rata-rata permintaan selama *lead time* dalam satuan unit (\bar{M}).

$$S = B - \bar{M} \quad (\text{pers. 14})$$

Contoh perhitungan *safety stock* untuk *spare parts Pusher Pins #BLE1156*

$$S = B - \bar{M}$$

$$= 160 - 75 = 85$$

Hasil perhitungan dapat diketahui bahwa jumlah *safety stock spare parts Pusher Pins #BLE 1156* adalah sebesar 85 buah, *spare parts Suction Band 12.7X1546* adalah sebanyak 0 buah, dan *spare parts Knife Shaft #98017.198* sebanyak 0 buah. Sedangkan *spare parts Bearing #38 KTT* adalah sebesar 1 buah, *spare parts Center Pusher #98018.509 A* sebesar 16 buah, *Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 10 buah, dan *Grip Tape 2.0 MM* sebesar 1 buah.

3.6 Perhitungan *Total Cost, Service Level, dan Stock Level*

Total cost (TC) adalah biaya tahunan yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan *safety stock spare parts*. Berikut rumus perhitungan *total cost* yaitu:

$$TC = RP + \frac{R}{Q} [C + A E(M > B)] + H \left[\frac{Q}{2} + B - \bar{M} \right] \quad (\text{pers. 15})$$

dimana *TC = Total Cost*

Contoh perhitungan dengan menggunakan data *spare parts Knife Shaft #98017.198* yaitu sebagai berikut:

$$TC_{\text{knife shaft}} = RP + \frac{R}{Q} [C + A E(M > B)] + H \left[\frac{Q}{2} + B - \bar{M} \right]$$

$$= 38 \times 475.000 + \frac{38}{2} [10.000 + 2.850] + 35.625 \left[\frac{3}{2} + 2 - 2 \right]$$

$$= \text{Rp } 18.042.148,44$$

Total cost tertinggi adalah untuk *spare parts* jenis *Center Pusher 500687 #98018-509* adalah sebesar Rp 35.953.553,57, *spare parts Pusher Pins #BLE1156* sebesar Rp 22.846.711,46, selanjutnya *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* sebesar Rp 25.562.937,50.

Service level dalam penelitian ini adalah indikasi kemampuan bagian pengadaan barang untuk memenuhi kebutuhan *spare parts* bagian *maintenance* tepat waktu ketika terjadi kerusakan yang membutuhkan penggantian. Rumus untuk menentukan perhitungan *service level* adalah

$$SL_c = 1 - \frac{\text{jumlah permintaan selama stockout}}{\text{jumlah total dari siklus permintaan}}$$

$$= 1 - P(M > B) \quad (\text{pers. 16})$$

Perhitungan *service level spare parts Pusher Pins #BLE1156* adalah

$$SL_c = 1 - P(M > B)$$

$$= 1 - 0,10459 = 0,89541$$

Service level spare parts mesin D3E yang diteliti merata yaitu berada di antara 70% hingga 90%. *Service level spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE1156* sebesar 0,895, lalu *spare parts Center Pusher #98018.509A*

sebesar 0,855 selanjutnya *spare parts Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 0,818. *Spare parts* jenis *Grip Tape 2.0MM* sebesar 0,740 dan *spare parts* jenis *Bearing #38 KTT* adalah sebesar 0,752. Perhitungan *service level spare parts* jenis *Knife Shaft #98017.198* yaitu sebesar 0,815 dan *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* adalah sebesar 0,759.

Stock level adalah indikasi kemampuan bagian pengadaan barang untuk memenuhi *stock spare parts* bagian *maintenance* tepat waktu ketika terjadi kerusakan yang membutuhkan penggantian. Rumus *Stock Level* adalah

$$\left(\frac{Q}{2} + B - \bar{M}\right) \quad (\text{pers. 17})$$

Perhitungan untuk *stock level Suction Band 12.7X1546* adalah

$$\text{Stock Level} = \left(\frac{Q}{2} + B - \bar{M}\right) = \left(\frac{8}{2} + 4 - 4\right) = 4$$

Stock level tertinggi adalah *spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE1156* yaitu sebesar 151,77. Sedangkan nilai *stock level* terendah adalah *spare parts* jenis *Knife Shaft #98017.198* adalah sebesar 1,94. *Stock level spare parts* jenis *Bearing #38 KTT* sebesar 3,17 dan *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* sebesar 4,23. Selanjutnya *stock level spare parts* jenis *Center Pusher #98018.509A* sebesar 29,13 dan *spare parts* jenis *Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 24,50. Sedangkan *stock level spare parts* jenis *Grip Tape 2.0MM* adalah sebesar 7,21.

3.7 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas nilai *stockout* mempengaruhi proses perhitungan penentuan *reorder* dan *quantity order* apakah perlu dilakukan iterasi atau tidak. Jumlah *reorder* berbanding lurus dengan besarnya *stock level* dari setiap *spare parts*. Semakin banyak jumlah *reorder* maka makin besar *stock level spare parts* tersebut. Hal tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai *stock level spare parts Pusher Pins #BLE1156* yaitu 151,77 yang berbanding lurus dengan jumlah *reorder* sebanyak 160 buah. dan ketika semakin sedikit jumlah *reorder* maka makin kecil *stock level spare parts* tersebut. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai *stock level spare parts Knife Shaft #98017.198* yaitu 1,94 yang berbanding lurus dengan jumlah *reorder* sebanyak 3 buah.

Rekomendasi perbaikan system persediaan *spare parts* khususnya untuk mesin D3E adalah

dengan menggunakan perhitungan *lead time* selama 2 minggu, perhitungan lebih teliti baik dalam perhitungan biaya maupun perhitungan satuan dari permintaan *spare parts*.

4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Usulan untuk *quantity order spare parts Pusher Pins #BLE 1156* = 134 buah, *Suction Band 12.7X1546* = 8 buah, *Knife Shaft #98017.198* = 2 buah, *Bearing #38 KTT* = 4 buah, *Center Pusher #98018.509A* = 27 buah, *Center Pusher 500687 #98018-509* = 28 buah, *Grip Tape 2.0 MM* = 13 buah.
2. Usulan untuk *reorder point spare parts Pusher Pins #BLE 1156* = 160 buah, *Suction Band 12.7X1546* = 4 buah, *Knife Shaft #98017.198* = 2 buah, *Bearing #38 KTT* = 3 buah, *Center Pusher #98018.509A* = 27 buah, *Center Pusher 500687#98018-509* = 27 buah, *Grip Tape 2.0 MM* = 9 buah.
3. *Service level spare parts* mesin D3E yang diteliti merata yaitu berada di antara 70% hingga 90%. *Service level spare parts* jenis *Pusher Pins #BLE1156* = 0,895, *Center Pusher #98018.509A* = 0,855, *Center Pusher 500687 #98018-509* = 0,818, *Grip Tape 2.0MM* = 0,740, *Bearing #38 KTT* = 0,752, *Knife Shaft #98017.198* = 0,815, *Suction Band 12.7X1546* = 0,759.
4. Hasil perhitungan *stock level* tertinggi adalah *spare parts Pusher Pins #BLE1156* yaitu sebesar 151,77. Sedangkan nilai *stock level* terendah adalah *spare parts* jenis *Knife Shaft #98017.198* adalah sebesar 1,94. *Stock level spare parts* jenis *Bearing #38 KTT* sebesar 3,17 dan *spare parts* jenis *Suction Band 12.7X1546* sebesar 4,23. Selanjutnya *stock level spare parts* jenis *Center Pusher #98018.509A* sebesar 29,13 dan *spare parts* jenis *Center Pusher 500687 #98018-509* sebesar 24,50. Sedangkan *stock level spare parts* jenis *Grip Tape 2.0MM* adalah sebesar 7,21.
5. Hasil perhitungan *total cost Center Pusher 500687 #98018-509* = Rp 35.953.553,57,

Pusher Pins #BLE1156 = Rp 22.846.711,46,
Knife Shaft #98017.198 = Rp 18.042.148,44,
Suction Band 12.7X1546 = Rp
25.562.937,50,
Bearing #38 KTT = Rp 21.158.437,50,
Center Pusher #98018.509A = Rp
20.327.582,88,
Grip Tape 2.0MM = Rp 26.919.536,08.

Daftar Pustaka

Assauri, S, (2008), *Manajemen Produksi dan Operasi. Edisi Revisi 2008*, Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia

Corder, Antony, (1992), *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Jakarta: Erlangga

Ebeling, C.E, (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Singapore: The McGraw-Hill Company

Nasution, Armand H, (2005), *Manajemen Industri*, Jakarta: Gunawidya.

Reksodiprodjo, Sukanto, (1991), *Pengantar Ekonomi Perusahaan*. Yogyakarta: BPFE

Tersine, Richard J, (1994), *Principles of Inventory and Materials Management*, New Jersey: Prentice Hall