
TINGKAT PERSEDIAAN SPARE PART FORKLIFT MEREK KOMATSU DENGAN PENDEKATAN MODEL PERSEDIAAN SINGLE ITEM

Wahid Ahmad Jauhari

Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 96 Surakarta

email: wachid_aj@yahoo.com

ABSTRAK

The control and maintenance of inventories is a problem common to all enterprises in any sector of a given economy. Two fundamental question that must be answered in controlling the inventory are when to replenish the inventory and how much to order for replenishment. The (Q,r) inventory models attempt to answer the two question under a variety of circumstances. Studies have shown, (1) that a company that ignores lead-time demand variability may suffer great financial damage, (2) that the gamma distribution provides the most common best fit to lead-time demand for variety of inventories items, (3) that a fixed lead-time demand assumption or a normal approximation to it will often yield significant errors (Namit and Chen, 1998). This research performed an efficient and accurate algorithm for solving (Q,r) inventory model with gamma lead-time demand.

Kata kunci: model persediaan, permintaan waktu tunda, algoritma

Pendahuluan

Persediaan merupakan asset yang cukup penting dari suatu organisasi perusahaan. Dalam pengendaliannya, perlu dilakukan secara cermat dan tepat guna meminimalkan biaya total persediaan dan memaksimalkan kepuasan pelanggan. Dalam kenyataannya kebijaksanaan pengaturan persediaan menghadapi beberapa kendala yang merupakan *tradeoff* antara meminimasi biaya total persediaan dan memaksimalkan *service level* bagi pelanggan.

Dalam suatu sistem persediaan yang membolehkan terjadinya backorder, permintaan selama lead time merupakan ukuran yang penting dalam pengambilan keputusan. Perusahaan yang dalam operasinya mengabaikan variabilitas dari permintaan selama *lead time* akan mengalami kerugian financial yang cukup signifikan (Vinson, 1972 dalam Namit dan Chen, 1998). Sementara itu banyak model itu banyak model-model persediaan yang ada mengasumsikan bahwa permintaan selama *lead time* dianggap tetap atau mengikuti distribusi normal. Padahal dari beberapa studi, ditemukan bahwa distribusi gamma merupakan distribusi yang paling umum dari permintaan selama *lead time* (Bagchi, 1986 dalam Namit dan Chen, 1998). Dengan melihat kenyataan tersebut diatas maka diperlukan suatu kebijaksanaan pengendalian persediaan yang memperhatikan distribusi permintaan selama *lead time*.

Penelitian ini membahas penetapan tingkat persediaan *spare part* forklift merek Komatsu yang mampu meminimalkan biaya total persediaan dan meningkatkan *service level*. Studi kasus dilakukan dengan menerapkan model persediaan *spare part* yang ada di literatur pada sebuah perusahaan yaitu PT United Tractors. PT United Tractors

merupakan salah satu distributor resmi dan *supporting product* alat berat khusus yang bermerek Komatsu.

Tinjauan Pustaka

Model inventory (Q,r) untuk kasus *backorder* dapat diformulasikan sebagai berikut (Namit dan Chen, 1998) :

$$K(Q^*, r^*) = A \frac{\lambda}{Q^*} + IC (1/2 Q^* + r^* - \mu) + \pi \frac{\lambda}{Q^*} \left(\int_r^{\infty} xh(x)dx - rH(r) \right) \dots (1)$$

Dimana :

K = *expected annual total variable cost*

r = *reorder point*

Q = *order quantity*

A = *order cost*

λ = *expected annual demand*

I = *inventory carrying charge in dollars per dollars per years*

C = *cost per item*

μ = *expected lead time demand*

π = *backorder cost per backordered*

$h(x)$ = *probability density function of lead time demand*

$H(r)$ = *probability of stockout*

Dengan menotasikan $\eta(r)$ sebagai *expected number backorder per cycle*, maka:

$$\eta(r) = \int_r^{\infty} xh(x)dx - rH(r) \dots (2)$$

Dua persamaan yang harus diselesaikan untuk mencari *optimal order quantity* dan *optimal reorder point* adalah :

$$Q = \sqrt{\frac{2\lambda(A + \pi\eta(r))}{IC}} \dots (3)$$

dan

$$H(r) = \frac{QIC}{\pi\lambda} \dots (4)$$

Dengan mengasumsikan *lead time demand* x mengikuti distribusi gamma dengan rata-rata $\mu = \alpha / \beta$ maka diperoleh :

$$h(x) = g(x|\alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha - 1)!} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \text{ untuk } x > 0 \text{ dan } \alpha = 1, 2, \dots \dots (5)$$

Sehingga resiko terjadinya *stockout* dapat dihitung :

$$H(r) = \int_r^{\infty} g(x|\alpha, \beta) = G(r|\alpha, \beta) \dots (6)$$

Dan $\eta(r)$ dapat ditulis :

$$\eta(r) = \mu G(r|\alpha + 1, \beta) - rG(r|\alpha, \beta) \quad \dots (7)$$

dimana $\mu = \alpha / \beta$

Dengan mengintegral parsialkan persamaan (7), dimana $u = x^{\alpha-1}$ dan $dv = e^{-\beta x}$, kita dapat mencari $G(r|\alpha, \beta)$, *cumulative distribution function* dari $g(x|\alpha, \beta)$, yang mengikuti yang mengikuti suatu *cumulative poisson distribution function* :

$$G(r|\alpha, \beta) = \int_r^\infty g(x|\alpha, \beta) dx = e^{-\beta r} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\beta r)^i}{i!} \quad \dots (8)$$

Kemudian persamaan diatas dapat dinotasikan sebagai :

$$P(\alpha - 1|\beta r) = e^{-\beta r} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\beta r)^i}{i!} \quad \dots (9)$$

dan

$$p(\alpha|\beta r) = e^{-\beta r} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\beta r)^i}{\alpha!} \quad \dots (10)$$

Sekarang $H(r)$ dan $\eta(r)$ dapat dinyatakan sebagai distribusi poisson :

$$H(r) = P(\alpha - 1|\beta r) \quad \dots (11)$$

$$\eta(r) = (\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r) \quad \dots (12)$$

sehingga persamaan (3) dan (4) dapat ditulis sebagai :

$$Q = \sqrt{\frac{2\lambda\{A + \pi[(\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r)]\}}{IC}} \quad \dots (13)$$

$$\text{dan } P(\alpha - 1|\beta r) = \frac{QIC}{\pi\lambda} \quad \dots (14)$$

Untuk $\alpha = 1$, misalkan ketika *lead time demand* mengikuti distribusi eksponensial dengan parameter β , maka $P(\alpha - 1|\beta r)$ dan $(\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r)$ akan berubah menjadi :

$$P(\alpha - 1|\beta r) = e^{-\beta r} \quad \dots (15)$$

$$(\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r) = -\frac{1}{\beta} e^{-\beta r} \quad \dots (16)$$

Dengan mensubstitusikan bagian kanan dari persamaan (15) dan (16) ke bagian kiri persamaan (13) dan (14), maka didapatkan :

$$r^* = -\frac{1}{\beta} \ln \left[\frac{1}{\pi\lambda} \sqrt{\left(\frac{IC}{\beta}\right)^2 + 2\lambda IC A + \frac{IC}{\beta}} \right] \quad \dots (17)$$

$$Q^* = \frac{\pi\lambda}{IC} e^{-\beta r} \quad \dots (18)$$

Untuk $\alpha > 1$, kita substitusikan persamaan (13) untuk Q di persamaan (14). Dengan melakukan tranposisi dan simplifikasi, persamaan (14) dapat dirubah menjadi:

$$\left[\pi\lambda(\alpha - 1|\beta r) \right]^2 - 2\lambda IC \{ A + \pi[(\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r)] \} = 0 \quad \dots (19)$$

Dengan menotasikan bagian kiri persamaan (19) sebagai $f(r)$, kemudian dengan $f(r)$, $f'(r)$ dan r_0 , sebuah algoritma dapat disusun untuk menyelesaikan model tersebut, seperti pada gambar 1.

Algorithm

For n=1,2,3....., until satisfied, do :

$$\text{Compute } r_{n+1} = r_n - \frac{f(n)}{f'(n)}$$

$$\text{Compute } Q^* = \frac{\pi\lambda P(\alpha - 1|\beta r^*)}{IC}$$

Compute

$$K(Q^*, r^*) = A \frac{\lambda}{Q^*} + IC \left(\frac{1}{2} Q^* + r^* - \mu \right) +$$

$$\pi \frac{\lambda}{Q^*} \left[(\mu - r^*) P(\alpha - 1|\beta r^*) + \mu p(\alpha|\beta r^*) \right]$$

dimana :

$$f(r) = \left[\pi\lambda P(\alpha - 1|\beta r) \right]^2 - 2\lambda IC \left\{ A + \pi[(\mu - r)P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p(\alpha|\beta r)] \right\}$$

$$f'(r) = 2(\pi\lambda)^2 P(\alpha - 1|\beta r) P'(\alpha - 1|\beta r) - 2\lambda IC \pi \left[(\mu - r) P'(\alpha - 1|\beta r) - P(\alpha - 1|\beta r) + \mu p'(\alpha|\beta r) \right]$$

$$P'(\alpha - 1|\beta r) = -e^{-\beta r} \frac{\beta^\alpha r^{\alpha-1}}{(\alpha - 1)!}$$

$$p'(\alpha|\beta r) = (\alpha - r\beta) e^{-\beta r} \frac{\beta^\alpha r^{\alpha-1}}{\alpha!}$$

Gambar 1. Algoritma (Q,r) policy

Metodologi Penelitian

Ada beberapa langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Pada langkah awal diperlukan pengumpulan data yang berhubungan dengan objek penelitian, yaitu *spare part* merek Komatsu. Beberapa data yang diperlukan diantaranya : data permintaan histories, data *lead time*, data permintaan selama *lead time* dan biaya pengadaan *spare part*.

Setelah beberapa data yang diperlukan terkumpul, maka pertama kali yang dilakukan adalah melakukan pemilihan spare part untuk diikutkan dalam perhitungan. Pada penelitian ini untuk memilih spare part digunakan metode ABC. Kemudian dilakukan uji distribusi permintaan selama lead time terhadap spare part yang telah dipilih. Uji ini dilakukan untuk mencocokkan apakah data permintaan selama lead time yang ada sudah sesuai dengan asumsi berdistribusi gamma yang dipakai dalam model persediaan. Selanjutnya perhitungan reorder point dan order quantity dilakukan dengan menggunakan algoritma (Q,r) policy yang dikembangkan oleh Kal Namit dan Jim Chen. Sedangkan untuk menghitung biaya total persediaan dilakukan dengan simulasi Monte Carlo.

Hasil dan Pembahasan

Penentuan Biaya Persediaan

1. Biaya Penyimpanan (Holding Cost)

Dalam menentukan biaya penyimpanan terdapat 2 komponen, yaitu interest rate dan asuransi serta biaya sewa gudang. Untuk interest rate dan asuransi ditetapkan perusahaan sebesar 15 % per tahun. Sedangkan biaya sewa gudang ditetapkan perusahaan sebesar Rp. 100.000,00 per m² per tahun dengan luas gudang 240 m². Perusahaan mengelola spare part rata-rata 2000 item setiap tahunnya. Sehingga dari uraian tersebut didapatkan perhitungan biaya penyimpanan sebagai berikut :

Interest rate + Asuransi =

$$15 \% \times \text{Net value spare parts yang distok selama setahun}$$

Biaya sewa gudang

$$= \text{Rp. } 100.000,00 \times 240 \text{ m}^2$$

$$= \text{Rp } 24.000.000,00/\text{tahun}$$

$$= \text{Rp } 12.000,00 \text{ per tahun per item}$$

2. Biaya Pemesanan (Ordering Cost)

Biaya pemesanan dihitung dari komponen biaya telepon, fax dan inspeksi. Biaya telepon dan fax untuk perusahaan setiap bulannya dialokasikan dana sebesar Rp. 7.000.000,00 dan untuk departemen parts diperkirakan menggunakan sekitar 30 %. Penggunaan fasilitas tersebut untuk order rutin kira-kira sebesar 20 % selebihnya 30 % untuk mengelola non-stocked item dan 50 % untuk menangani pelanggan. Sedangkan rata-rata order per bulan adalah 10 kali order. Dari uraian diatas dapat diperoleh perhitungan biaya pemesanan sebagai berikut :

Biaya telepon dan fax

$$= (30\% \times 20\% \times \text{Rp } 7.000.000,00) : 10 \text{ kali order}$$

$$= \text{Rp } 420.000,00 : 10$$

$$= \text{Rp } 42.000 \text{ per order}$$

Total biaya pemesanan

$$= \text{Biaya telepon dan fax} + \text{biaya inspeksi}$$

$$= \text{Rp. } 42.000,00 + 2.000,00$$

$$= \text{Rp. } 44.000 \text{ per order}$$

3. Biaya Pemesanan Kembali (Backordering Cost)

Biaya pemesanan kembali adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan karena terjadi kekurangan. Biaya pemesanan kembali ini terdiri dari komponen biaya

transportasi ekstra dan komponen biaya pinalti yang oleh perusahaan ditetapkan sebesar 10 % dari *amount* item yang dilakukan *backorder*.

Pemilihan Spare Part

Pemilihan *spare part* dilakukan dengan metode ABC untuk membagi item berdasarkan kontribusi jumlah dan harga. Dari 199 spare part yang diteliti, kemudian dapat diklasifikasikan sebagai berikut : 21 jenis kelas A, 24 jenis kelas B dan 154 jenis kelas C. Kemudian dipilih 5 item dari masing-masing kelas dengan mengikutsertakan item dengan permintaan besar dan kecil. Daftar ke-15 item yang diikutkan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar Spare part yang dilibatkan dalam penelitian

No	Spare Part	Kelas
1	<i>Radiator</i>	A
2	<i>Converter Assy</i>	A
3	<i>Gear Assy</i>	A
4	<i>King Pin Kit</i>	A
5	<i>Plug</i>	A
6	<i>Cartridge</i>	B
7	<i>Uring</i>	B
8	<i>Joint</i>	B
9	<i>Gear Assy</i>	B
10	<i>Bearing Assy</i>	B
11	<i>Belt</i>	C
12	<i>Clutch Seal Kit</i>	C
13	<i>Valve</i>	C
14	<i>Metal</i>	C
15	<i>Element</i>	C

Penentuan Distribusi Selama Lead Time

Pengujian distribusi ini dilakukan dengan uji *Kolmogorov Smirnov*, dengan berdasarkan asumsi :

- H_0 : Permintaan selama *lead time* berdistribusi gamma
- H_1 : Permintaan selama *lead time* tidak berdistribusi gamma

Pengambilan keputusan pada uji distribusi ini adalah berdasarkan pada nilai *p-value* yang dapat dilihat pada nilai *significance level* dari hasil pengujian :

- Jika *significance level* > 0,05 maka H_0 diterima
- Jika *significance level* < 0,05 maka H_0 ditolak

Hasil pengujian untuk ke-15 spare part disajikan pada tabel 2.

Perhitungan reorder point dan order quantity

Perhitungan *reorder point* dan *order quantity* dilakukan dengan menggunakan algoritma yang telah dikembangkan oleh Kal Namit dan Jim Chen. Input yang diperlukan guna menjalankan algoritma ini adalah *annual demand*, parameter distribusi permintaan selama *lead time*, biaya penyimpanan, biaya pemesanan dan biaya pemesanan kembali. Ringkasan hasil running algoritma disajikan pada tabel 3.

Tabel 2. Ringkasan hasil uji distribusi dengan Statgraf

No	Spare Part	Sig. Level
1	<i>Radiator</i>	0,98
2	<i>Converter Assy</i>	0,36
3	<i>Gear Assy</i>	0,48
4	<i>King Pin Kit</i>	0,89
5	<i>Plug</i>	0,35
6	<i>Cartridge</i>	0,13
7	<i>Uring</i>	0,3
8	<i>Joint</i>	0,48
9	<i>Gear Assy</i>	0,08
10	<i>Bearing Assy</i>	0,51
11	<i>Belt</i>	0,57
12	<i>Clutch Seal Kit</i>	0,14
13	<i>Valve</i>	0,63
14	<i>Metal</i>	0,11
15	<i>Element</i>	0,46

Tabel 3. Ringkasan hasil running algorithma

No	Spare Part	r	Q
1	<i>Radiator</i>	14	8
2	<i>Converter Assy</i>	5	6
3	<i>Gear Assy</i>	7	3
4	<i>King Pin Kit</i>	23	18
5	<i>Plug</i>	26	20
6	<i>Cartridge</i>	4	5
7	<i>Uring</i>	18	26
8	<i>Joint</i>	6	9
9	<i>Gear Assy</i>	4	8
10	<i>Bearing Assy</i>	10	17
11	<i>Belt</i>	20	43
12	<i>Clutch Seal Kit</i>	3	16
13	<i>Valve</i>	11	40
14	<i>Metal</i>	3	16
15	<i>Element</i>	7	20

Perhitungan Total Persediaan dan Service Level

Untuk menghitung besarnya biaya total persediaan dan *service level* yang dicapai dari metode usulan dan kebijakan perusahaan, maka dilakukan simulasi terhadap permintaan *spare part* selama 400 periode. Simulasi dilakukan dengan membangkitkan bilangan random dengan range antara 0 sampai 99,99 selama 400 periode dan memprosentasikan permintaan *spare part* yang terjadi berdasarkan data

aktual, maka diperoleh simulasi permintaan yang terjadi. Dari data aktual permintaan *spare part* dan *lead time*, terdapat berbagai ukuran permintaan dan *lead time*. Masing-masing permintaan dan *lead time* dihitung prosentase kemunculannya dan kemudian sesuai dengan langkah-langkah simulasi Monte Carlo prosentase tersebut dikuantitatifkan untuk kemudian dikonversikan dengan kemunculan bilangan random yang telah *digenerate*. Hasil simulasi Monte Carlo dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan hasil simulasi Monte Carlo

No	Spare Part	Metode	Total Biaya Persediaan (Rp)	Service Level (%)	Penghematan (%)
1	Radiator	I	21.207.256,94	98,07	6,57
		II	19.814.985,41	98,55	
2	Converter Assy	I	54.179.982,70	90	16,35
		II	45.322.766,20	92,86	
3	Gear Assy	I	29.854.287,93	91,84	19,71
		II	23.969.987,35	93,88	
4	King Pin Kit	I	19.018.624,00	88,34	13,48
		II	16.454.944,40	90,22	
5	Plug	I	8.937.180,54	93,54	7,42
		II	8.273.801,00	94,14	
6	Cartridge	I	4.457.590,00	100	18,56
		II	3.630.278,25	100	
7	Uring	I	7.039.873,12	88,56	3,14
		II	6.818.597,53	88,93	
8	Joint	I	4.738.965,93	91,67	17,85
		II	3.892.928,84	95,37	
9	Gear	I	2.699.585,52	100	27,18
		II	1.965.804,75	100	
10	Bearing Assy	I	2.636.246,13	95,39	8,53
		II	2.411.272,25	96,31	
11	Belt	I	2.709.517,49	90,71	3,99
		II	2.601.237,55	90,88	
12	Clutch Seal Kit	I	574.605,22	100	26,74
		II	420.969,47	100	
13	valve	I	829.270,21	94,98	22,78
		II	640.380,14	99,16	
14	Metal	I	310.260,65	100	13,91
		II	267.109,95	100	
15	Element	I	548.790,79	95,12	21,1
		II	432.995,48	100	

Keterangan : Metode I = Kebijakan perusahaan
Metode II = Kebijakan usulan

Dari tabel 4, dapat dilihat bahwa dari hasil simulasi Monte Carlo kebijakan usulan telah mampu memberikan penghematan terhadap biaya total persediaan yang cukup signifikan. Kebijakan usulan mampu memberikan penghematan yang bervariasi antara 3 sampai dengan 37 %. Penghematan biaya terendah dicapai oleh *spare part* Uring sebanyak 3,14 % dan penghematan tertinggi dicapai oleh *spare part* Gear sebesar 27,18 %. Secara keseluruhan kebijakan usulan mampu memberikan penghematan biaya total persediaan sebesar 21,1 %. Selain mampu menurunkan biaya total persediaan, kebijakan usulan juga mampu menaikkan tingkat *service level*. *Service level* terendah, sebesar 88,93 % dicapai oleh *spare part* Uring, sedangkan *service level* tertinggi, sebesar 100 % dicapai oleh *spare part* Cartridge, Gear, Clutch Seal Kit, Metal dan Element. Dengan kebijakan usulan rata-rata *service level* yang bisa dicapai adalah 96,02 % yang berarti terjadi kenaikan peningkatan *service level* rata-rata sebesar 1,47 %.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan perhitungan algorithm, level persediaan yang optimal untuk ke-15 *spare part* adalah sebagai berikut :
 - *Spare part* Radiator order quantity 8 reorder point 14
 - *Spare part* Converter Assy order quantity 6 reorder point 5
 - *Spare part* Gear Assy order quantity 3 reorder point 7
 - *Spare part* King Pin Kit order quantity 18 reorder point 23
 - *Spare part* Plug order quantity 20 reorder point 26
 - *Spare part* Cartridge order quantity 5 reorder point 4
 - *Spare part* Uring order quantity 26 reorder point 18
 - *Spare part* Joint order quantity 9 reorder point 6
 - *Spare part* Gear order quantity 8 reorder point 4
 - *Spare part* Bearing Assy order quantity 17 reorder point 10
 - *Spare part* Belt order quantity 43 reorder point 20
 - *Spare part* Clutch Seal Kit order quantity 16 reorder point 3
 - *Spare part* Valve order quantity 40 reorder point 11
 - *Spare part* Metal order quantity 16 reorder point 3
 - *Spare part* Element order quantity 20 reorder point 7
2. Dengan kebijakan usulan, secara keseluruhan didapatkan penghematan terhadap biaya total persediaan sebesar 21,1 %. Selain itu kebijakan usulan juga mampu memberikan peningkatan *service level* rata-rata sebesar 1,47 %.

Referensi

- Carrie, Allan, 1992, *Simulation of Manufacturing System*, John Willey and Sons
- Dervitsiotis, K. N., 1984, *Operation Management*, Mc Graw Hill
- Hanifah, Dewi, 2001, *Penentuan Kebijakan Pengadaan Suku Cadang Mesin Produksi yang Bersifat Non Repairable untuk Peningkatan Service Level dan Minimasi Total Biaya*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- Namit, K., dan Chen, J., 1998, Solution to The (Q,r) Inventory Model for Gamma Lead Time demand, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 29 No. 2 pp. 138-151
- Strijbosch, L. W. G., Heuts, dan Van Der Scoot, E. H. M., 1998, *Improved Spare Parts Inventory Management : Case Study*, Tilburg University, Netherlands
- Tyworth, J.E. dan Ganeshan, R., 1999, A Note On Solution to The (Q,r) Inventory Model for Gamma Lead Time Demand, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 30 No. 6 pp. 524-530
- Tyworth, J.E., Guo Y., dan Ganeshan, R., 1996, Inventory Control Under Gamma Demand and Random Lead Time, *Journal of Bussiness Logistics*, Vol. 17 No. 1 pp. 291-304