

PENGENDALIAN PERSEDIAAN SUKU CADANG PESAWAT TERBANG DI PT. GARUDA MAINTENANCE FACILITY AERO ASIA (PT. GMF AA) DENGAN METODE ABC-FUZZY CLASSIFICATION DAN CONTINUOUS REVIEW MODEL

Tyas Dessandie, Sutanto, dan Pangadi
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstrak. PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia (PT. GMF AA) mengelompokkan suku cadang menjadi 3 kategori, yaitu *rotable*, *repairable*, dan *consumable*. PT. GMF AA mempunyai permasalahan kekurangan dan kelebihan persediaan suku cadang pada jenis *consumable*. Dalam penelitian ini diawali dengan pengelompokkan prioritas suku cadang menggunakan metode ABC-fuzzy classification yang mengombinasikan metode klasifikasi ABC dan metode fuzzy classification. Kemudian dilakukan penentuan tingkat persediaan yang meliputi ukuran lot pemesanan optimal (q) dan titik pemesanan ulang (r) dengan menggunakan continuous review model. Metode usulan ini disimulasikan pada 60 suku cadang pesawat terbang kelas *consumable*. Data ini dipilih berdasarkan jumlah permintaan terbesar dengan frekuensi permintaan terbanyak dari tahun 2001 hingga 2010. Tahap akhir dari penelitian ini adalah melakukan perbandingan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan dengan metode usulan. Penelitian ini menghasilkan ukuran lot pemesanan (q) dan titik pemesanan ulang (r) yang optimal, sehingga dapat meminimalkan total biaya persediaan. Hasil perbandingan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan dengan metode usulan mengindikasikan adanya penghematan total biaya persediaan yang cukup signifikan yaitu sebesar 24%.

Kata kunci: model persediaan, suku cadang, pesawat terbang, klasifikasi ABC, fuzzy classification, continuous review model.

1. PENDAHULUAN

Aktivitas persediaan adalah sesuatu yang penting dalam sebuah industri. Persediaan dalam suatu industri dapat dikategorikan sebagai modal kerja yang berbentuk barang. Persediaan yang terlalu banyak akan memerlukan modal yang besar untuk biaya penyimpanan, sedangkan jika terjadi kekurangan persediaan maka akan menimbulkan kerugian karena produksi perusahaan tidak bisa memenuhi target produksi. Kedua kondisi ini memiliki konsekuensi biaya yang besar. Oleh karena itu diperlukan manajemen persediaan yang tepat agar perusahaan memiliki *service level* yang baik dengan biaya penyimpanan serendah mungkin.

PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia (PT. GMF AA) merupakan salah satu anak perusahaan PT. Garuda Indonesia (Persero) yang bergerak dalam bidang jasa perawatan pesawat terbang yang dikenal dengan MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*). Dalam bisnis jasa perawatan pesawat terbang di PT. GMF AA, komponen utama yang digunakan dalam proses perawatan pesawat terbang adalah suku cadang. PT. GMF AA mengklasifikasikan suku cadang ke dalam tiga kategori. Pertama, *rotable* adalah kategori suku cadang yang dapat dirotasikan antar pesawat. Kedua, *repairable* adalah kategori suku cadang yang dapat diperbaiki dan memiliki karakteristik yang hampir sama dengan suku

cadang *rotable*, namun harganya lebih murah. Ketiga, *consumable* adalah kategori suku cadang yang hanya dapat digunakan untuk sekali pakai dan tidak dapat diperbaiki. Dari ketiga jenis suku cadang tersebut, yang menjadi objek pengamatan dalam penelitian ini adalah suku cadang jenis *consumable* karena memerlukan *stock* lebih banyak dan memiliki frekuensi permintaan yang tinggi sehingga ketika terjadi kekurangan *stock*, konsumen harus menunggu karena membutuhkan waktu pengadaan yang lebih lama untuk pengadaan suku cadang jenis ini.

Metode klasifikasi yang telah umum digunakan adalah metode klasifikasi ABC. Namun menurut Partovi dan Anandarajan [3], metode ini tidak dapat menyediakan klasifikasi item persediaan yang tepat karena hanya menggunakan satu parameter saja sebagai acuan. Parameter yang digunakan dalam metode klasifikasi ABC adalah biaya penggunaan tahunan per item, sedangkan tidak menutup kemungkinan ada parameter lain yang dapat dijadikan pertimbangan, seperti tingkat kritikalitas dan prioritas suku cadang. Menurut Chu [2], untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, dirumuskan kombinasi metode baru yaitu perencanaan pengelolaan persediaan dengan menggabungkan metode klasifikasi ABC dengan metode *fuzzy classification*.

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi menggunakan metode *ABC-fuzzy classification* untuk menentukan suku cadang yang termasuk ke dalam kelas sangat penting, cukup penting, dan kurang penting. Kemudian dilanjutkan dengan pengendalian persediaan dengan menggunakan *continuous review model*.

2. METODE KLASIFIKASI ABC

Klasifikasi ABC merupakan metode klasifikasi dari suatu kelompok material dalam susunan menurun berdasarkan biaya penggunaan material itu selama periode waktu tertentu (harga per unit material dikalikan volume penggunaan dari material tersebut selama periode tertentu). Periode yang umum digunakan adalah 1 tahun. Tiga kelompok yang lazim digunakan dalam klasifikasi ABC adalah

- (1) kelompok A (item bernilai tinggi): 15-20% dari total item yang menyumbang dalam 75-80% total nilai tahunan persediaan,
- (2) kelompok B (item bernilai menengah): 30-40% dari total item yang menyumbang kira-kira 15% total nilai tahunan persediaan, dan
- (3) kelompok C (item bernilai rendah): 40-50% dari total item yang menyumbang dalam 10-15% total nilai tahunan persediaan.

3. *Fuzzy Classification*

Fuzzy classification adalah klasifikasi yang digunakan untuk mengklasifikasikan *training data set* (*data set* yang digunakan untuk menghasilkan *membership function*) dan untuk memprediksi *data testing*. *Training data set* terdiri dari nilai parameter dependen dan beberapa nilai parameter yang dapat berupa nominal maupun non-nominal (Sari [4]).

4. ATURAN ABC-*Fuzzy Classification*

Aturan ABC-*Fuzzy Classification* dapat dirumuskan sebagai berikut.

- (1) Rancang fungsi tingkat kritikalitas dari item inventori, yaitu $Y = f(X_1, X_2)$, dimana Y adalah tingkat kritikalitas per item yang merupakan parameter nominal dependen. Parameter ini dibagi menjadi tiga kelas, yaitu sangat kritis, kritis, dan tidak kritis. X_1 adalah parameter nominal independen yaitu tingkat kefatalan dari dampak kehabisan inventori dibagi menjadi tiga kelas klasifikasi yaitu sangat fatal, fatal, dan tidak fatal. X_2 adalah parameter non-nominal independen yaitu frekuensi penggunaan item inventori dalam periode perencanaan.
- (2) Klasifikasikan item inventori berdasarkan klasifikasi ABC yang kemudian akan menghasilkan tiga kelas klasifikasi (A, B, dan C) dan selanjutnya dinotasikan dengan A, B, dan C.
- (3) Klasifikasikan hasil klasifikasi ABC (A, B, dan C) dengan menggunakan *fuzzy classification*. Semua item inventori dibagi menjadi sub kelompok sesuai dengan tingkat kritikalitasnya sehingga didapatkan tiga kelompok pada masing-masing kelompok ABC yaitu 2, 1, dan 0 yang kemudian dinotasikan dengan B_1 , B_2 , dan B_3 .
- (4) Setelah *fuzzy classification* selesai maka didapat sembilan kelompok klasifikasi persediaan. Untuk memudahkan hasil klasifikasi untuk diterapkan dalam kondisi perusahaan maka dilakukan kombinasi sembilan kelompok tadi menjadi tiga kelompok kombinasi yaitu kelompok sangat penting (AB_1 , BB_1 , AB_2), kelompok cukup penting (CB_1 , BB_2 , AB_3), dan kelompok kurang penting (CB_2 , BB_3 , CB_3).

5. *Continuous Review Model*

Continuous review model merupakan model pengendalian persediaan dengan tingkat persediaan dimonitor secara berkelanjutan, sehingga bila tingkat persediaan telah mencapai titik r (*reorder point*), pemesanan harus segera dilakukan. Notasi yang digunakan dalam menggambarkan model adalah sebagai berikut.

- (1) D menyatakan rata-rata laju permintaan (*demand*) per unit waktu,
- (2) σ menyatakan standar deviasi dari permintaan per unit waktu,
- (3) A menyatakan biaya pesan per sekali pesan (*ordering cost*),
- (4) r menyatakan tingkat persediaan pemesanan ulang (*reorder point*),
- (5) k menyatakan faktor pengaman (*safety factor*),
- (6) h menyatakan biaya simpan per unit per unit waktu (*holding cost*),
- (7) q menyatakan jumlah yang dipesan per siklus (lot pemesanan),
- (8) SS menyatakan *safety stock*,
- (9) ES menyatakan ekspektasi *backorder*,
- (10) π menyatakan biaya kekurangan per unit *backorder* (*shortage cost*),
- (11) L menyatakan waktu tunggu (*lead time*),
- (12) X menyatakan variabel acak permintaan selama waktu tunggu,
- (13) $f(x)$ menyatakan *pdf* untuk permintaan selama waktu tunggu,
- (14) TC_{B1} menyatakan total biaya pemesanan,
- (15) TC_{B2} menyatakan total biaya penyimpanan, dan
- (16) TC_{B3} menyatakan total biaya *backorder*.

Asumsi yang digunakan dalam *continuous review model* adalah

- (1) permintaan bersifat probabilistik berdistribusi normal dengan rata-rata D dan standar deviasi σ ,
- (2) harga barang tidak dipengaruhi oleh ukuran pemesanan,
- (3) titik pemesanan kembali $r = DL + SS = DL + k\sigma\sqrt{L}$,
- (4) biaya kekurangan tidak bergantung terhadap lama waktu tunggu *backorder*,
- (5) biaya pemesanan konstan dan tidak bergantung terhadap ukuran pemesanan, dan
- (6) biaya penyimpanan proporsional terhadap harga barang dan waktu penyimpanan.

6. PENERAPAN

Pada bagian ini diberikan penerapan metode klasifikasi dan model pengendalian persediaan suku cadang pesawat terbang sebanyak 60 *part number* pada kelas *consumable*. Data ini dipilih berdasarkan jumlah permintaan terbesar dengan frekuensi permintaan terbanyak dari tahun 2001 hingga 2010. Pengolahan data yang dilakukan meliputi pengelompokkan suku cadang berdasarkan metode ABC-*fuzzy classification*, perhitungan *safety factor*, perhitungan *safety stock*, perhitungan *backorder*, penentuan *reorder point* (r) dan jumlah pemesanan (q), serta penentuan biaya total persediaan suku cadang berdasarkan kebijakan usulan menggunakan *continuous review model* dengan *minimax distribution free*.

Berdasarkan hasil metode klasifikasi ABC, didapatkan kelas A sebanyak 11 item suku cadang, kelas B sebanyak 14 item suku cadang, dan kelas C sebanyak 35 item suku cadang. Dan setelah dilakukan klasifikasi dengan *fuzzy classification*, didapatkan hasil *fuzzy classification* 2 sebanyak 21 item suku cadang, *fuzzy classification* 1 sebanyak 3 item suku cadang, dan *fuzzy classification* 0 sebanyak 36 item suku cadang. Hasil metode klasifikasi gabungan ABC-*fuzzy classification* untuk kelas sangat penting disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil ABC-*Fuzzy Classification*

Suku Cadang	ABC	<i>Fuzzy</i>	ABC- <i>Fuzzy</i>
CH34736	A	B1	Sangat Penting
335-299-401-0	A	B1	Sangat Penting
S9413-11	A	B1	Sangat Penting
740001	A	B1	Sangat Penting
KB29665	A	B2	Sangat Penting
QA03963	A	B1	Sangat Penting
335-299-401	B	B1	Sangat Penting
740007	B	B1	Sangat Penting
MS20995C32	B	B1	Sangat Penting
ABS0368-01	B	B1	Sangat Penting

Besarnya biaya pemesanan dalam kurun waktu tertentu merupakan perkalian antara frekuensi pemesanan ($\frac{D}{q}$) dengan biaya setiap kali melakukan pemesanan (A), sehingga dapat dirumuskan

$$TC_{B1} = \frac{D}{q}A.$$

Besarnya biaya penyimpanan produk merupakan perkalian antara rata-rata persediaan ditambah dengan *safety stock*, dengan biaya penyimpanan selama waktu tertentu (h). *Safety stock* dapat dirumuskan sebagai perkalian antar faktor pengaman (k) dengan standar deviasi selama periode pengiriman ($\sigma\sqrt{L}$). Sehingga menurut Tersine [6], biaya penyimpanan dapat dirumuskan

$$TC_{B2} = h \left(\frac{q}{2} + k\sigma\sqrt{L} \right).$$

Besarnya biaya *backorder* dapat dicari dengan mengalikan biaya per unit *backorder* (π) dengan ekspektasi jumlah *backorder* selama kurun waktu tertentu. Misalkan variabel acak kontinu x berdistribusi normal dengan rata-rata μ dan standar deviasi $\sigma > 0$, maka menurut Chopra dan Meindl [1], *probability density function* dari variabel tersebut dapat dirumuskan

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x-\mu^2}{2\sigma^2}\right).$$

Jika permintaan selama periode waktu tertentu (L) dirumuskan sebagai DL dengan standar deviasi $\sigma\sqrt{L}$, maka *reorder point* merupakan ekspektasi permintaan selama waktu tunggu ditambah dengan *safety stock* dengan *safety factor*

yaitu $k\sigma\sqrt{L}$ dan k merupakan *safety factor* sehingga $r = DL + k\sigma\sqrt{L}$. Ekspektasi terjadinya *backorder* per siklus dapat dirumuskan

$$E[X - r]^+ = \int_r^\infty (x - r) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi L}} \exp \frac{-1}{2} \left(\frac{x - DL}{\sigma\sqrt{L}} \right)^2 dx. \quad (6.1)$$

Jika dimisalkan $z = \frac{x - DL}{\sigma\sqrt{L}}$ dan $dx = \sigma\sqrt{L}dz$, lalu disubstitusikan ke dalam persamaan (6.1), maka diperoleh

$$\begin{aligned} E[X - r]^+ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sigma\sqrt{L} \int_k^\infty (z - k) \exp \frac{-1}{2} z^2 dz \\ &= \sigma\sqrt{L} \int_k^\infty (z - k) f_s(z) dz \\ &= \sigma\sqrt{L} (f_s(k) - k[1 - F_s(k)]) \\ &= \sigma\sqrt{L} \psi(k), \end{aligned}$$

dengan $\psi(k) = f_s(k) - k[1 - F_s(k)]$, f_s dan F_s berturut-turut merupakan *probability density function* dan *cumulative distribution function* dari distribusi normal standar. Sehingga biaya *backorder* selama kurun waktu tertentu dapat dirumuskan

$$TC_{B3} = \frac{D}{q} \sigma\sqrt{L} \psi(k).$$

Adapun total biaya persediaan dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} TC &= \text{biayapemesanan} + \text{biayapenyimpanan} + \text{biyabackorder} \\ &= TC_{B1} + TC_{B2} + TC_{B3} \\ &= \frac{D}{q} A + h \left(\frac{q}{2} + k\sigma\sqrt{L} \right) + \frac{D}{q} \sigma\sqrt{L} \psi(k). \end{aligned} \quad (6.2)$$

Variabel keputusan q dapat dicari dengan melakukan turunan parsial pertama persamaan (6.2) terhadap q sama dengan nol. Sehingga menurut Silver *et al.* [5] nilai q optimal akan diperoleh seperti persamaan berikut

$$q = \sqrt{\frac{2D(A + \pi\sigma\sqrt{L}\psi(k))}{h}}.$$

Ekspektasi total biaya persediaan meliputi komponen biaya pemesanan, biaya penyimpanan, biaya *backorder*

$$\text{MinETC}(q, r) = A \frac{D}{q} + h \left(\frac{q}{2} + r - DL \right) + \pi \frac{D}{q} E(X - r)^+,$$

dengan $E(X - r)^+$ merupakan ekspektasi jumlah *backorder* per siklus. Karena distribusi probabilitas dari permintaan selama waktu tunggu tidak diketahui, sehingga nilai eksak dari $E(X - r)^+$ tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, prosedur *minimax distribution free* digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Jika diberikan τ adalah kelas dari *pdf* dengan rata-rata DL dan standar

deviasi $\sigma\sqrt{L}$, maka pendekatan *minimax distribution free* digunakan untuk menentukan *pdf* f_X terburuk di τ untuk setiap (q,r) dan kemudian meminimumkan terhadap (q,r) , sehingga diperoleh model

$$Min_{q,r} Max_{f_x \in \tau} ETC(q, r).$$

Proposisi berikut digunakan untuk menyelesaikan model tersebut

$$E(X - r)^+ \leq \frac{1}{2} \left[\sqrt{\sigma^2 L + (r - DL)^2} - (r - DL) \right] \text{ untuk setiap } f_x \in \tau.$$

Diberikan $r = DL + k\sigma\sqrt{L}$, dan untuk setiap distribusi probabilitas dari permintaan selama waktu tunggu X, pertidaksamaan di atas selalu dipenuhi. Dengan demikian, *safety factor* k dapat dipandang sebagai variabel keputusan menggantikan r . Sehingga diperoleh model

$$MinETC(q, k) = A\frac{D}{q} + h \left(\frac{q}{2} + k\sigma\sqrt{L} \right) + \frac{1}{2}\pi\frac{D}{q}\sigma\sqrt{L} \left[\sqrt{1+k^2} - k \right].$$

Nilai optimal q dan k ditentukan dengan menurunkan parsial $ETC(q,k)$ berturut-turut terhadap q dan k dan menyamadengankan dengan nol, diperoleh

$$\frac{\partial ETC(q, k)}{\partial q} = -\frac{AD}{q^2} + \frac{h}{2} - \frac{\pi D}{2q^2}\sigma\sqrt{L} \left[\sqrt{1+k^2} - k \right] = 0, \tag{6.3}$$

$$\frac{\partial ETC(q, k)}{\partial k} = h\sigma\sqrt{L} + \frac{\pi D}{2q}\sigma\sqrt{L} \left[\frac{k}{\sqrt{1+k^2}} - 1 \right] = 0. \tag{6.4}$$

Dari persamaan (6.3) dan (6.4) diperoleh

$$q = \sqrt{\frac{D(2A+\pi\sigma\sqrt{L}(\sqrt{1+k^2}-k))}{h}}$$

$$\frac{k}{\sqrt{1+k^2}} = 1 - \frac{2hq}{\pi D}.$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai q dan k yang konvergen setelah dilakukan 10 kali iterasi (perulangan) dan diperoleh total biaya persediaan berdasarkan *continuous review model* seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Biaya Persediaan Berdasarkan *Continuous Review Model*

Suku Cadang	TC
CH34736	Rp 14.517.175
335-299-401-0	Rp 634.216
S9413-11	Rp 31.285.915
740001	Rp 6.656.806
KB29665	Rp 2.156.627
QA03963	Rp 2.575.038
335-299-401	Rp 2.775.473
740007	Rp 2.148.105
MS20995C32	Rp 356.374
ABS0368-01	Rp 3.291.142

7. KESIMPULAN

Perhitungan total biaya persediaan pada kebijakan perusahaan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan perhitungan total biaya persediaan berdasarkan metode usulan. Perbandingan hasil perhitungan total biaya persediaan dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 3. Hasil perbandingan total biaya persediaan pada model usulan memiliki persentase penghematan total biaya persediaan sebesar 24% dari total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan.

Tabel 3. Perbandingan Total Biaya Persediaan Berdasarkan *Continuous Review Model* dengan Kebijakan Perusahaan

Suku Cadang	Kebijakan Perusahaan	<i>Continuous Review Model</i>
CH34736	Rp 17.874.127	Rp 14.517.175
335-299-401-0	Rp 801.344	Rp 634.216
S9413-11	Rp 38.299.428	Rp 31.285.915
740001	Rp 8.742.993	Rp 6.656.806
KB29665	Rp 2.614.053	Rp 2.156.627
QA03963	Rp 3.211.548	Rp 2.575.038
335-299-401	Rp 5.473.047	Rp 2.775.473
740007	Rp 3.007.260	Rp 2.148.105
MS20995C32	Rp 444.082	Rp 356.374
ABS0368-01	Rp 5.965.471	Rp 3.291.142

PUSTAKA

- [1] Chopra, S. and Meindl P., *Supply chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, United States: Prentice Hall, 2007.
- [2] Chu, C.W., Liang G.S., and Liao C.T., *Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classification*, Computers and Industrial Engineering 55 (2008), 841-851.
- [3] Partovi, F. Y., and Anandarajan M., *Classifying Inventory Using an Artificial Neural Network Approach*, Computers and Industrial Engineering 41 (2002), 389-404.
- [4] Sari, N.L., *Rancang Bangun Strategi Persediaan dengan Metode ABC-Fuzzy Classification di Apotek K24 Surabaya*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- [5] Silver, E.A., Pyke D.F., and Peterson R., *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: John Willey and Sons, 1998.
- [6] Tersine, R.J., *Principles of Inventory and Material Management*, New Jersey: Prentice Hall, 1994.