

PENGENDALIAN PERSEDIAAN PROBABILISTIK PRODUK SUBSTITUSI DENGAN PERMINTAAN SEBAGAI FUNGSI HARGA

Dinda Ayuningtyas, Laila Nafisah*, Sutrisno

*Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta,
Jl. Babarsari No. 2 Tambakbayan, Yogyakarta 55281*

(Received: March 2, 2020/ Accepted: October 16, 2020)

Abstrak

Kamara Living merupakan suatu unit usaha yang bergerak dalam penjualan kebutuhan sehari-hari. Salah satu produk yang populer adalah sarung bantal. Sarung bantal yang ditawarkan memiliki beberapa desain motif dan jenis yang berbeda. Permintaan akan produk sarung bantal tidak menentu antara satu desain dengan desain yang lain. Ketika desain tertentu persediaannya habis, perusahaan akan menawarkan desain lain dari jenis kain yang sama. Jika konsumen tidak bersedia maka terjadi kehilangan penjualan. Ketika persediaan berlebih, perusahaan akan memberikan harga promosi untuk mendongkrak tingkat penjualannya. Jika ini dibiarkan terus-menerus, tentu saja perusahaan akan mengalami penurunan keuntungan. Pada makalah ini dikembangkan model persediaan dengan mempertimbangkan produk substitusi dengan permintaan sebagai fungsi harga yang bertujuan untuk meminimasi total biaya persediaan. Penyelesaian model yang dilakukan mampu menghasilkan solusi kuantitas pemesanan dan titik pemesanan yang optimal. Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil dari model yang dikembangkan terhadap kondisi riil. Selain itu juga dilakukan analisis sensitivitas terhadap parameter-parameter yang berpengaruh.

Kata kunci: *Model Persediaan Probabilistik; Produk Substitusi; Permintaan Fungsi Harga*

Abstract

[Product-substitution Inventory Model with Demand depend on Price] Kamara Living is a business unit engaged in selling daily stuff. One popular product is pillowcases. The pillow cover offered has several different motif designs and types. The demand for pillowcases is uncertain between one design and another. When a stockout occurs for a particular design, the company will offer another design of the same type of fabric. If consumers are not willing, there will be lost sales. When there is overstock, the company will provide promotional prices to increase sales levels. If this is allowed to continue, of course the company will experience a decline in profits. In this paper, an inventory model is developed by considering substitute products with demand as a price function that aims to minimize the total cost of inventory. Completion of the model carried out is able to produce optimal order quantity and order point solutions. Model validation is done by comparing the results of the models developed against real conditions. In addition, a sensitivity analysis was carried out on the influential parameters.

Keywords: *Inventory Models; Product Substitution; Demand Depend on Price*

1. Pendahuluan

Persediaan merupakan salah satu bagian yang penting dalam suatu unit usaha. Meskipun dianggap sebagai *waste*, keberadaan persediaan tidak dapat dihindarkan. Persediaan menempati lebih dari 25% aset perusahaan, bahkan di tingkat distributor dan ritel,

*Penulis Korespondensi.

E-mail: lailanafisah71@gmail.com

menempati sekitar 15% - 90% dari total nilai produk yang dimilikinya (Tersine, 1994). Semakin banyak produk yang disediakan, maka akan semakin banyak modal yang tertanam yang tidak dapat dipergunakan untuk keperluan lain yang lebih menguntungkan dan semakin besar pula resiko produk yang kadaluwarsa atau menurun kualitasnya. Semakin sedikit produk yang tersedia, maka kemungkinan terjadinya kekurangan persediaan akan semakin besar. Akibatnya semakin besar pula terjadinya kehilangan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan. Oleh karena itu adanya persediaan perlu diatur sedemikian rupa sehingga resiko kerugian yang dapat dialami perusahaan dapat diminimasi (Nafisah, 2016).

Kamara Living merupakan salah satu unit usaha yang bergerak dalam penjualan barang-barang seperti sarung bantal, selimut, keset dan lainnya. Salah satu produk unggulannya adalah sarung bantal. Sarung bantal yang ditawarkan memiliki dua jenis kain berbeda yang terdiri dari kain linen dan kain tahan air (*waterproof*) dengan kualitas *digital printing* dan memiliki beberapa desain motif yang berbeda.

Adanya permintaan akan produk sarung bantal yang tidak menentu antara satu desain dengan desain yang lain menyebabkan perusahaan mengalami kesulitan dalam menentukan kuantitas pemesanan yang tepat untuk setiap desain produknya. Perusahaan hanya secara intuisi dalam menetapkan pemesanan setiap item per periodenya yaitu sebanyak 12 dozen. Namun kenyataannya masih saja terjadi kehabisan stok sarung bantal dengan desain tertentu, dan dalam waktu yang bersamaan juga terjadi penumpukan barang untuk desain lainnya. Berdasarkan data perusahaan, ketika survei penelitian ini dilakukan, terdapat kelebihan stok sebanyak 46 unit untuk item tertentu. Biasanya ketika kondisi ini terjadi, perusahaan berinisiatif menawarkan sarung bantal dengan desain lainnya yang masih ada (melakukan substitusi produk). Jika konsumen bersedia menerima tawaran substitusi tersebut, maka perusahaan tetap bisa mendapatkan keuntungan meskipun dari item lainnya. Namun ketika konsumen tidak menghendaki substitusi produk, maka akan terjadi kehilangan penjualan terhadap produk yang habis tersebut dan mengakibatkan terjadinya kehilangan kesempatan bagi perusahaan untuk mendapatkan keuntungan. Upaya lain yang dilakukan perusahaan untuk mengatasi produk yang menumpuk adalah dengan menawarkan harga promosi untuk mendongkrak tingkat penjualannya. Biasanya setelah dilakukan promosi harga, permintaan akan meningkat. Sehingga bisa dikatakan permintaan tersebut dipengaruhi harga.

Jika kondisi tersebut dibiarkan terus-menerus, tentu saja keuntungan perusahaan akan semakin turun atau bahkan bisa mengalami kerugian. Oleh karena itu, untuk mengatasi adanya ketidakpastian permintaan sarung bantal, dan memungkinkan dilakukannya substitusi produk, maka perlu dicari solusi untuk

mengendalikan persediaan produk sarung bantal tersebut agar kerugian yang dialami perusahaan dapat diminimasi.

Penelitian mengenai model pengendalian persediaan yang mempertimbangkan produk substitusi telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Dalam Deviabahari dan Widodo (2014) dijelaskan bahwa produk substitusi pertama kali dibahas oleh McGillivray dan Silver (1978) dalam konteks *Economic Order Quantity*, kemudian lebih lanjut dikembangkan oleh peneliti-peneliti lainnya seperti Parlar dan Goyal (1984), Drezner (1991), Rudi dan Netessine (1999), dan lainnya. Tang dan Yin (2007), mengembangkan sebuah model dasar dengan permintaan deterministik yang bertujuan untuk mempelajari bagaimana sebuah toko harus menentukan pemesanan dan harga secara bersamaan. Chiang (2010) membahas tentang pengaruh substitusi produk berdasarkan *stockout* dalam *dual channel distribution*. Widodo (2015) telah melakukan penelitian tentang model kebijakan persediaan dalam *dual channel supply chain* yang mempertimbangkan produk substitusi pada kondisi deterministik yang bertujuan untuk mendapatkan tingkat persediaan yang optimal di masing-masing *channel* sehingga mampu meminimalkan total biaya persediaan yang dikeluarkan. Dalam penelitiannya Deviabahari dan Widodo (2014) dikembangkan model persediaan *Economic Order Interval* deterministik dengan kriteria optimasi untuk meminimasi total biaya persediaan dengan mempertimbangkan produk substitusi, dimana permintaan merupakan fungsi harga.

Mishra (2017) telah mengembangkan model tentang model persediaan yang mempertimbangkan substitusi produk untuk kondisi produk yang memiliki sifat mudah rusak dengan permintaan bersifat konstan. Beberapa penelitian yang dilakukan masih mempertimbangkan kondisi deterministik. Sedangkan dalam Transchel (2017) dijelaskan bahwa keputusan konsumen dalam menentukan produk yang akan dibeli dipengaruhi oleh atribut kualitas produk, penilaian kualitas individu, dan harga. Jika produk pilihan sudah habis, konsumen mungkin bersedia membeli produk pengganti. Model yang dikembangkan Transchel adalah model persediaan dan kebijakan harga, dengan mempertimbangkan substitusi produk berbasis harga dan persediaan. Hasil yang diperoleh dari model ini adalah bahwa jika model yang dikembangkan tidak mempertimbangkan substitusi, akan menyebabkan margin keuntungan lebih rendah dan terjadinya ketidaksesuaian antara penawaran dan permintaan yang tinggi. Beberapa model di atas masih mempertimbangkan kondisi yang sifatnya deterministik.

Pada penelitian ini akan dikembangkan model persediaan yang berbasis pada kasus yang terjadi di Kamara Living, dengan harapan agar dapat berkontribusi secara langsung bagi perusahaan. Model yang dikembangkan adalah model persediaan yang mempertimbangkan produk substitusi dengan permintaan

bersifat probabilistik dan juga merupakan fungsi harga yang bertujuan untuk mengurangi resiko terjadinya kehilangan penjualan dan penumpukan produk agar total biaya persediaan yang ditimbulkan minimum.

2. Metode Penelitian

Pada metode penelitian ini akan dibahas mengenai deskripsi permasalahan yang dikaji sebagai dasar untuk membangun model matematis, notasi-notasi yang akan digunakan, dan model matematisnya.

Deskripsi Permasalahan

Kamara Living merupakan suatu unit usaha yang menjual produk, salah satunya adalah sarung bantal. Sarung bantal tersebut memiliki berbagai desain motif dan jenis kain yang berbeda. Permintaan akan sarung bantal dengan desain motif yang satu dengan lainnya tidak dapat diketahui secara pasti. Ketika permintaan konsumen akan produk dengan desain tertentu tidak dapat dipenuhi karena stok habis, perusahaan menawarkan produk yang sejenis dengan desain motif yang berbeda dinamakan substitusi produk. Jika konsumen tidak bersedia, maka terjadi kehilangan penjualan. Dengan permintaan yang tidak diketahui secara pasti dan adanya pertimbangan produk substitusi, maka pada penelitian ini akan dikembangkan model pengendalian persediaan probabilistik mempertimbangkan produk substitusi untuk meminimasi total biaya persediaan.

Beberapa notasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

D	: permintaan (unit)
D_m	: permintaan untuk produk utama (unit)
D_s	: permintaan untuk produk substitusi (unit)
d^{max}	: permintaan maksimum (unit)
P	: harga jual (Rp/ unit)
C	: harga beli (Rp/ unit)
Q	: kuantitas pemesanan (unit)
Q_m	: kuantitas pemesanan produk utama (unit)
Q_s	: kuantitas pemesanan produk substitusi (unit)
O_b	: biaya pembelian (Rp)
O_p	: biaya pengadaan (Rp)
O_s	: biaya simpan (Rp)
O_k	: biaya kekurangan (Rp)
O_L	: biaya <i>lost sale</i> (Rp)
O_L	: total biaya persediaan per tahun (Rp)
A	: biaya sekali pesan (Rp)
h	: biaya simpan (Rp/ unit/ tahun)
I	: besarnya harga barang yang disimpan (%)
m	: jumlah persediaan yang disimpan (unit)
ss	: <i>safety stock</i> (unit)
L	: <i>lead time</i> (hari)
r	: titik pemesanan ulang (unit)
r_m	: titik pemesanan ulang produk utama (unit)
r_s	: titik pemesanan ulang produk substitusi (unit)

D_L	: ekspektasi permintaan selama L (unit)
N	: ekspektasi <i>lost sales</i> (unit)
N_T	: kekurangan barang selama satu tahun (unit)
S	: standar deviasi permintaan (unit)
f	: frekuensi pemesanan
c_u	: biaya kekurangan persediaan (Rp/ unit)
α	: peluang terjadinya kekurangan persediaan
z_α	: nilai z untuk tingkat α
$f(z_\alpha)$: fungsi dari nilai z untuk α
$\Psi(z_\alpha)$: fungsi dari nilai z untuk α selama L
x	: jumlah permintaan selama <i>lead time</i> (unit)
β	: koefisien elastisitas permintaan terhadap harga
θ	: nilai preferensi konsumen terhadap produk substitusi
η	: tingkat pelayanan (%)

Model Matematika

Model usulan yang dikembangkan merupakan model persediaan probabilistik dimana permintaan merupakan fungsi harga dengan mempertimbangkan produk substitusi. Sedangkan model permintaan menjadi yang menjadi dasar pedoman dalam pengembangan model ini adalah modelnya Widodo, *et al.* (2011) untuk model permintaan pada *store*. Model usulan ini diharapkan dapat menentukan kuantitas pemesanan optimal (Q^*) untuk masing-masing produk serta total biaya persediaan yang ditimbulkan minimal (O_T).

Berikut merupakan fungsi-fungsi yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Fungsi permintaan (D) yang mempertimbangkan produk substitusi

Fungsi permintaan yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi dari fungsi permintaan Chen and Simchi-Levi (2004); Yan (2008); Zhao and Wang (2002) dalam Widodo *et al.* (2011).

$$D = d^{max} - \beta P \quad (1)$$

Dimana menurut Case and Fair (1999), koefisien elastisitas permintaan dinyatakan sebagai

$$E_d = \beta = \left| \frac{\Delta Q_d / Q_d}{\Delta P_d / P_d} \right| \quad (2)$$

Fungsi permintaan yang digunakan mempertimbangkan substitusi produk ketika produk utama habis terjual. Ketika sebesar θ bagian permintaan konsumen bersedia dialihkan ke produk substitusi, maka

Produk utama:

$$D_m = (1 - \theta)D$$

$$D_m = (1 - \theta)(d^{max} - \beta P) \quad (3)$$

Produk substitusi:

$$D_s = \theta D \quad (4)$$

$$D_s = \theta(d^{max} - \beta P) \dots \dots \dots$$

(4.5) Sehingga besarnya permintaan total sebesar:

$$D = D_m + D_s \quad (5)$$

2. Fungsi kuantitas pemesanan (Q) mempertimbangkan produk substitusi.

Fungsi kuantitas untuk produk utama dan produk substitusi masing-masing menjadi

$$Q_m = (1 - \theta)Q \quad (6)$$

$$Q_s = \theta Q \quad (7)$$

Sehingga besarnya kuantitas pemesanan

$$Q = Q_m + Q_s \quad (8)$$

3. Fungsi titik pemesanan kembali (r) mempertimbangkan produk substitusi.

Fungsi kuantitas untuk produk utama dan produk substitusi masing-masing menjadi

$$r_m = (1 - \theta)r \quad (9)$$

$$r_s = \theta r \quad (10)$$

$$r = r_m + r_s \quad (11)$$

Fungsi tujuannya adalah meminimasi total biaya persediaan setahun

Komponen biaya persediaan per tahun terdiri dari biaya pembelian (O_b), biaya pemesanan (O_p), biaya simpan (O_s) dan biaya kekurangan persediaan (O_k).

- a. Biaya pembelian per tahun

$$O_b = CxD \quad (12)$$

- b. Biaya pemesanan per tahun

$$O_p = \frac{AxD}{Q} \quad (13)$$

- c. Biaya simpan per tahun

$$O_s = h \cdot m \quad (14)$$

Ekspektasi jumlah persediaan yang disimpan adalah:

$$m = \frac{1}{2}Q + ss \quad (15)$$

Maka, biaya simpan:

$$O_s = \left(\frac{1}{2}Q + ss\right)h \quad (16)$$

Dimana

$$ss = \begin{cases} r - x, & \text{jika } r > x \\ 0, & \text{jika } r \leq x \end{cases} \quad (17)$$

Untuk itu perhitungan ekspektasi ss ketika terjadi *lost sales* (Elsayed and Bounchen, 1994), adalah:

$$ss = \int_0^r (r - x)f(x)dx \quad (18)$$

$$ss = \int_0^r (r - x)f(x)dx + \int_r^\infty (r - x)f(x)dx$$

$$ss = \int_0^r (r - x)f(x)dx - \int_r^\infty (r - x)f(x)dx$$

$$ss = \int_0^r (r - x)f(x)dx + \int_r^\infty (x - r)f(x)dx$$

$$ss = r - D_L + N \quad (19)$$

dimana,

$$N = \int_r^\infty (x - r)f(x)dx \quad (20)$$

Sehingga didapat:

$$O_s = \left(\frac{1}{2}Q + r - D_L + N\right)h \quad (21)$$

- d. Biaya *stockout* per tahun

Terdapat tiga kondisi *stockout* dalam perusahaan, yaitu

- 1) Jika permintaan tidak dapat dipenuhi dan konsumen tidak bersedia dialihkan ke produk substitusi, maka terjadi kekurangan persediaan. Sehingga biaya *stockout* yang diatasi secara *lost sale* per tahun yang ditimbulkan sebesar

$$O_K = \frac{c_u D}{Q} \int_r^\infty (x - r)f(x)dx \quad (22)$$

- 2) Jika kekurangan persediaan pada produk utama seluruhnya dipenuhi oleh produk substitusi yang memiliki kualitas dan harga yang sama dengan produk utama, maka dianggap tidak terjadi kekurangan persediaan. Sehingga biaya kekurangan persediaan per tahun adalah nol.

$$O_K = 0 \quad (23)$$

- 3) Jika terdapat kekurangan persediaan produk utama, dan hanya sebesar θ permintaan saja yang dapat dialihkan ke produk substitusi, maka terjadi *lost sale* sebesar $(1 - \theta)$. Sehingga besarnya biaya kekurangan persediaan dengan kasus *lost sale* per tahun sebesar

$$O_K = (1 - \theta) \left(\frac{c_u D}{Q} \int_r^\infty (x - r)f(x)dx\right) \quad (24)$$

Maka total biaya persediaan per tahun (O_T) sebesar

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_K \quad (25)$$

$$O_T = C \cdot D + \frac{AD}{Q} + h \left\{ \frac{Q}{2} + r - D_L + N \right\} + (1 - \theta) \left\{ \frac{C_u D}{Q} \int_r^\infty (x - r)f(x)dx \right\} \quad (26)$$

Untuk memperoleh kuantitas pemesanan dan titik pemesanan yang optimal, maka

$$\frac{\partial O_T}{\partial Q} = 0 \quad \text{dan} \quad \frac{\partial O_T}{\partial r} = 0 \quad (27)$$

Sehingga diperoleh

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D[A+(1-\theta)c_u \int_r^\infty (x-r)f(x)dx]}{h}} \quad (28)$$

$$\alpha = \int_r^\infty f(x)dx = \frac{hQ}{(1-\theta)c_u D+hQ} \quad (29)$$

Algoritma atau langkah-langkah dalam penyelesaian model usulan adalah sebagai berikut.

- 1) Identifikasikan tingkat permintaan tertinggi di sebuah horison perencanaan sebagai d^{max}
- 2) Tentukan nilai rata-rata preferensi konsumen terhadap produk substitusi, θ
- 3) Tentukan nilai elastisitas permintaan terhadap harga dengan menggunakan persamaan (2)
- 4) Hitung nilai permintaan per tahun, D , yang terlebih dulu ditentukan D_m dengan persamaan (3) dan D_s dengan persamaan (4)
- 5) Tentukan nilai kuantitas pemesanan optimal, q_0^* dan titik pemesanan kembali yang optimal, r^* dengan metode Hadley-Within (Bahagia, 2006) sebagai berikut:
 - a) Menghitung nilai q_{01}^* awal sama dengan q_{0w}^* dengan formula:
$$q_{01}^* = q_{0w}^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (30)$$
 - b) Mencari nilai r_1^* dengan menggunakan persamaan (29). Jika permintaan berdistribusi normal, maka $\alpha = \int_{r_1^*}^\infty f(x)dx \rightarrow r_1^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}$ (31)
 - c) Menghitung nilai q_{02}^* berdasarkan persamaan (28)

Dimana untuk permintaan berdistribusi normal $\int_{r_1^*}^\infty (x - r_1^*)f(x)dx = S_L[f(z_\alpha) - z_\alpha\Psi(z_\alpha)]$ (32)
 - d) Menghitung kembali nilai α dengan $\alpha = \int_{r_1^*}^\infty f(x)dx = \frac{hQ}{(1-\theta)c_u D+hQ}$ dan nilai r_2^* dengan $\int_{r_2^*}^\infty f(x)dx \rightarrow r_2^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}$
 - e) Membandingkan nilai r_1^* dan r_2^* , jika harga r_2^* relatif sama dengan r_1^* , maka iterasi selesai dan akan diperoleh $r^* = r_2^*$ dan $q_0^* = q_{02}^*$. Jika tidak, kembali ke langkah c) dengan menggantikan nilai $r_1^* = r_2^*$ dan $q_{01}^* = q_{02}^*$
 - f) Untuk menentukan tingkat pelayanan dapat digunakan persamaan

$$\eta = \left(1 - \frac{N}{D_L}\right) \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan secara numerik mengenai permasalahan yang dihadapi oleh Kamara Living

dilakukan untuk mengilustrasikan algoritma penyelesaian model.

Diketahui bahwa permintaan selama *lead time* berdistribusi normal dan diasumsikan bahwa permintaan maksimal d^{max} diperoleh dari permintaan per bulan yang tertinggi sebesar 518 unit. Beberapa data dan parameter yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data dan Parameter yang Dibutuhkan

No	Data dan Parameter	Keterangan
1	D_m , unit/ bulan	236
2	D_s , unit/ bulan	107
3	P , Rp /unit	110.000
4	C , Rp/ unit	16.500
5	A , Rp/ pesan	7500
6	h , Rp/ unit/ siklus	140,741
7	c_u , Rp/ unit	64.800
8	β , unit/ Rp	0,0016
9	θ	0,31
10	L , hari	7

Hasil perhitungan yang diperoleh dari kasus di atas adalah kuantitas pemesanan optimal, q^* sebesar 1.748 unit dengan kuantitas pemesanan produk utama, q_m sebesar 1.206 unit dan produk substitusi, q_s sebesar 542 unit. Dimana titik pemesanan kembali untuk produk utama, r_m sebesar 81 unit dan produk substitusi, r_s sebesar 36 unit. *Safety stock* sebesar 38 unit dengan tingkat pelayanan 98,7%, dan ekspektasi total biaya yang ditimbulkan sebesar Rp 68.165.500 per tahun.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui manakah parameter yang kritis dalam mempengaruhi total biaya persediaan per tahun. Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengubah (menambah atau mengurangi) parameter-parameter yang dianalisis sedangkan parameter-parameter lain dibiarkan tetap untuk melihat bagaimana pengaruh dari laju perubahan tersebut terhadap total biaya persediaan. Parameter-parameter yang digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas diantaranya parameter β , θ , A , h , dan c_u dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas yang telah dilakukan, diperoleh bahwa parameter β merupakan parameter yang cukup berpengaruh secara signifikan setiap unit per rupiah perubahannya. Hal ini terlihat pada **Tabel 2**, bahwa semakin naik nilai parameter β maka permintaan akan semakin menurun, sehingga mempengaruhi keputusan kuantitas yang akan dipesan yang nilainya semakin kecil dan akibatnya total biaya persediaan yang semakin kecil. Sebaliknya semakin kecil nilai β maka permintaan akan meningkat, sehingga keputusan kuantitas yang akan dipesan yang nilainya semakin besar dan akibatnya total biaya persediaan yang semakin besar. Sedangkan untuk perubahan nilai parameter θ , A , h , dan c_u tidak berpengaruh secara

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Analisis Sensitivitas

Parameter	Perubahan (%)	Q^* (unit)	O_T (Rp)	Laju Perubahan O_T untuk per unit (Rp)
β	-15%	1812	73.207.743	78.786
	-10%	1790	71.471.916	78.725
	-5%	1768	69.719.522	77.704
	5%	1723	66.231.146	77.372
	10%	1700	64.478.630	76.809
	15%	1677	62.742.460	76.380
θ	-15%	1798	68.172.446	139.949
	-10%	1781	68.170.135	142.021
	-5%	1765	68.167.803	138.495
	5%	1731	68.163.071	139.833
	10%	1714	68.160.671	140.522
	15%	1697	68.158.246	141.225
A	-15%	1729	68.162.784	140.218
	-10%	1735	68.163.675	136.375
	-5%	1742	68.164.563	147.469
	5%	1754	68.166.330	146.942
	10%	1761	68.167.209	135.401
	15%	1767	68.168.084	138.716
h	-15%	1896	68.145.428	135.270
	-10%	1843	68.152.277	138.643
	-5%	1793	68.158.946	144.501
	5%	1706	68.171.797	151.159
	10%	1667	68.178.003	154.992
	15%	1630	68.184.075	157.853
c_u	-15%	1632	68.149.109	140.856
	-10%	1672	68.154.682	141.667
	-5%	1710	68.160.125	140.082
	5%	1785	68.170.659	140.819
	10%	1821	68.175.763	141.298
	15%	1857	68.180.768	140.546

signifikan, atau dapat dikatakan bahwa model tetap dalam kondisi valid atau mendekati kondisi riil sistem yang diteliti, hal tersebut dapat dilihat dari nilai Q^* dan O_T yang tidak berubah secara signifikan.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dikembangkan model pengendalian persediaan probabilistik dengan mempertimbangkan adanya produk substitusi. Pengembangan dilakukan dengan modifikasi terhadap fungsi permintaan yang digunakan merupakan fungsi harga. Model usulan yang dikembangkan telah sesuai dan cocok dengan kondisi yang ada sesuai dengan hasil validasi model usulan yang telah dilakukan menggunakan data dan parameter yang diperoleh dari perusahaan. Selain itu, telah dilakukan analisis sensitivitas dengan mengubah nilai parameter, memberikan hasil secara keseluruhan bahwa model tetap dalam kondisi valid atau mendekati kondisi riil sistem yang diteliti, hal tersebut dapat dilihat bahwa parameter yang dikaji tidak terlalu terpengaruh secara signifikan.

5. Daftar Pustaka

- Chen, X. and Simchi-Levi, D. (2004). Coordinating Inventory Control and Pricing Strategies with Random Demand and Fixed Ordering Cost: The Finite Horizon Case, *Operations Research*, 52 (6), pp.887–896
- Chiang, W. K. (2010). Product Availability in Competitive and Cooperative Dual-Channel Distribution with Stock-Out Based Substitution, *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, No. 1, pp. 111-126.
- Deviabahari, J.R. dan Widodo, E. (2014). Model Inventory untuk Dual Channel Supply Chain dengan Pertimbangan Substitusi, *1st Annual Conference in Industrial and System Engineering*, pp.83-90
- Elsayed, A. E. and Bounchen, T. O. (1994). *Analysis and Control of Production System*, Prentice Hall International, New Jersey.
- Heizer, J. and Render, B. (2011). *Operation Management Global Edition*, 10th edition., Pearson, New Jersey.

- Mishra, V. K. (2017). Optimal ordering quantities for substitutable deteriorating items under joint replenishment with cost of substitution, *Journal of Industrial Engineering International*, 13, pp. 381-391 (Springer Link).
- Nafisah, L., Sally, W., dan Puryani. (2016). Model Persediaan pada Produk yang Mendekati Masa Kadaluwarsa: Mempertimbangkan Diskon Penjualan dan Retur, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 18, No. 1, hal. 63-72.
- Tang, C. S. dan Yin, R. (2007). Joint Ordering and Pricing Strategies for Managing Substitutable Products, *Production and Operations Management*, Vol. 16, No. 1, hal. 138-153.
- Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management*, 4th edition, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Tranchel, S. (2017). Inventory management under price-based and stockout-based substitution, *European Journal of Operational Research*, Vol. 262, Issue 3, pp. 996-1008.
- Widodo, E., Takahashi, K., Morikawa, K., Pujawan, I. N., Santosa, B. (2011). Managing Sales Return in Dual Sales Channel: Its Product Substitution and Return Channel Analysis, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9 (2), pp.121-149
- Widodo, E. (2015). A Model Reflecting The Impact Of Product Substitution In Dual Channel Supply Chain Inventory Policy, *Industrial Engineering and Service Science 2015*, 4, pp 168-175
- Yan, R. (2008). Profit Sharing And Firm Performance In The Manufacturer–Retailer Dual-Channel Supply Chain, *Electronic Commerce Research*, 8 (3), pp.155–172
- Zhao, W. and Wang, Y. (2002). Coordination of Joint Pricing-Production Decisions in A Supply Chain, *IIE Transactions*, 34 (8), pp.701–715