

# Model Persediaan Produk dan Bahan Kemasan Terintegrasi (Studi Kasus PT Indomex Dwijaya Lestari)

Nilda Tri Putri\*, Jonrinaldi, dan Yohanna Safari

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis  
Padang, 25163, Indonesia

---

## Abstract

*One of the factors to increase the competitiveness is the price of product. One of the factors that affect the product price is inventory cost. Shortages inventory can result in the cessation of the production process so that inventory is one of crucial issue in the company's operation while overstock had an effect on high costs. This research aimed to obtain integrated inventory model between products and packaging materials to minimize the total cost of inventory at PT Indomex Dwijaya Lestari considering safety stock. Data used in this research are the major and minor setup cost, production cost (one cardboard products) , sales data of mineral water for cup and bottle products from January 2011-April 2013 , data of production bottle mineral water for cup and bottle products from January 2011-April 2013, and the price of packaging materials . Then, data is processed to obtain the minimum inventory cost by using a phased approach and the simultaneous approach (using the software LINGO 11.0) for inventory model that considers safety stock and inventory model without considering the safety stock. Results of this research obtained an integrated inventory model between products and packaging materials that considering safety stock and without considering safety stock in PT Indomex Dwijaya Lestari. Based on the calculation, the result is valid. The proposed inventory costs are cheaper than the company's current inventory costs. The cost of the company's current inventory is Rp. 15.020.370,09 considering safety stock per month . Inventory costs in the company without considering safety stock is Rp 13.651.301,74 per month. The cost of inventory using gradual approach is Rp. 4.328.441,38 per month considering safety stock and Rp. 2.745.085,15 per month without considering safety stock. The cost of inventory using the simultaneous approach is Rp. 3.543.637,00 per month considering safety stock and Rp. 3.543.637,00 per month without considering safety stock.*

**Keywords:** *inventory cost, gradual approach, safety stock, simultaneous approach*

---

## 1. Pendahuluan

Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat adalah dengan hadirnya produk air minum dalam kemasan. Bisnis Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) memiliki prospek yang sangat baik, karena kebutuhan akan air minum semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Semakin banyak perusahaan air minum yang terdapat di Indonesia, perusahaan dituntut untuk dapat bersaing dengan perusahaan lain. Salah satu faktor yang meningkatkan daya saing perusahaan yaitu harga produk. Salah satu faktor yang mempengaruhi harga produk yaitu biaya persediaan (inventory cost). Perusahaan harus mengelola manajemen persediaan suatu dengan baik untuk mendapatkan harga produk yang bersaing. Kekurangan persediaan dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi, sehingga persediaan adalah salah satu masalah yang krusial dalam operasional perusahaan. Terlalu besarnya persediaan (*over stock*) dapat mengakibatkan tingginya beban biaya untuk menyimpan dan memelihara barang selama penyimpanan di gudang.

PT Indomex Dwijaya Lestari merupakan perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang berlokasi di Gadut, Padang. Bahan kemasan yang digunakan untuk membuat Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) ini yaitu bahan kemas (kardus), sedotan (*straw*), tutup atas *cup* (*lid cup*), *cup*, lakban, segel untuk botol (*seal cap*), tutup botol, label untuk botol, botol kosong, dan bahan kemasan pembuat botol (*preeform*). Untuk dapat menekan biaya persediaan,

---

\* Correspondance : nilda@ft.unand.ac.id

PT Indomex Dwijaya Lestari harus mengelola persediaan dengan baik agar dapat tetap bersaing dengan perusahaan lain.

Sistem persediaan yang dijalankan perusahaan saat ini yaitu berupa instruksi dan kebijakan dari direktur berdasarkan persediaan pembatas. Barang yang sudah mendekati persediaan pembatas akan segera dipesan. Permasalahannya adalah dengan *lead time* rata-rata yang diperkirakan oleh pihak perusahaan, terkadang barang yang dikirimkan oleh pemasok (*supplier*) terlambat datang sehingga terjadi *stockout*. Di PT Indomex Dwijaya Lestari apabila terjadi *stockout* maka proses produksi akan terhenti karena masing-masing bahan kemasan mempunyai keterkaitan untuk membuat air minum dalam kemasan. Apabila proses produksi terhenti, perusahaan tidak akan dapat memenuhi permintaan konsumen sehingga konsumen akan mencari produk pesaing yang akan menyebabkan perusahaan kehilangan keuntungan.

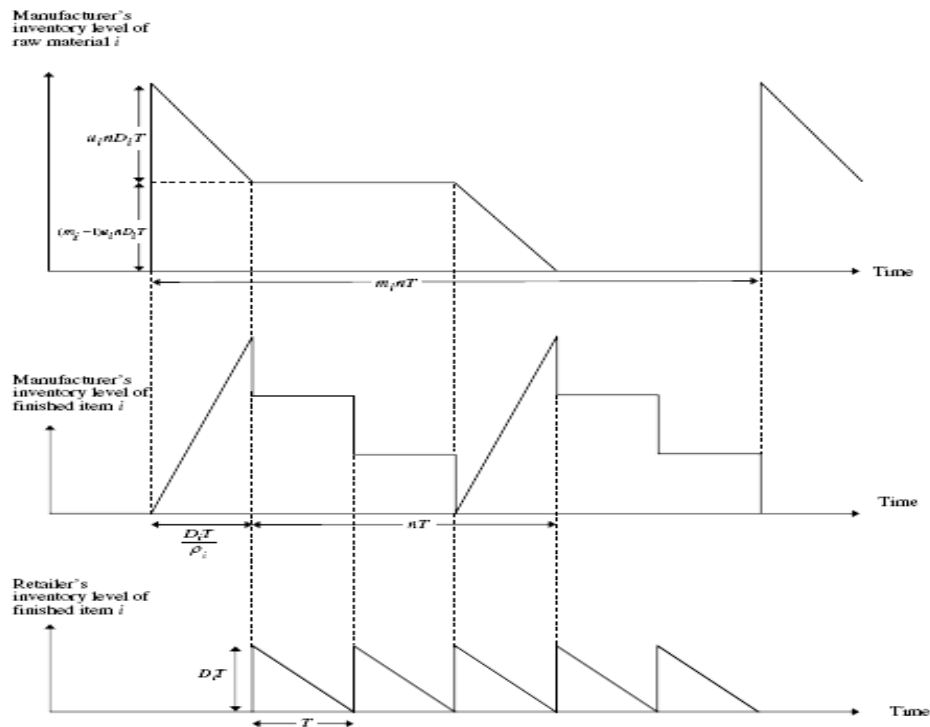
Permasalahan yang dijelaskan sebelumnya menjelaskan bahwa pengelolaan sistem persediaan yang ada saat ini pada PT Indomex Dwijaya Lestari perlu diteliti lebih lanjut. Untuk itu dilakukan perencanaan kebijakan persediaan yang diharapkan dapat meminimasi barang *stockout* dan *overstock* sehingga biaya persediaan minimum dengan mengembangkan model terintegrasi antara produk dan bahan kemasan dengan mempertimbangkan adanya *safety stock*. Tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah menghasilkan model persediaan yang terintegrasi antara produk dan bahan kemasan pada PT Indomex Dwijaya Lestari dengan mempertimbangkan adanya *safety stock*.

## 2. Metode Penelitian

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari pendahuluan, formulasi model matematis, pengumpulan dan pengolahan data untuk validasi data pada PT Indomex Dwijaya Lestari, analisis, dan penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

### 2.1. Formulasi Model Matematis

Penelitian ini mengacu kepada model pada penelitian Chen dan Chen (2004) dan Jonrinaldi (2012). Gambar 1 memperlihatkan level Persediaan produk jadi dan *raw material* pada rantai pasok dua eselon.



**Gambar 1** Level Persediaan produk jadi dan *raw material* pada rantai pasok dua eselon  
(Sumber : Chen dan Chen, 2004 )

**Indeks**

$i$  = produk jadi; 1, 2 (AMDK *cup*, AMDK botol)

$j$  = bahan kemasan; 1, 2, ..., 10 (kardus, *straw*, *lid cup*, *cup*, lakban, kardus, *seal cap*, tutup botol, label, *preeform*)

**Notasi**

TC Total biaya persediaan

$TCF_i$  Total biaya persediaan untuk produk jadi

$TCR_{ij}$  Total biaya persediaan untuk bahan kemasan

$D_i$  Permintaan produk jadi  $i$

F Harga bahan kemasan

A *Major Cost*

$a_i$  *Minor Setup Cost*

$T^*$  Siklus produksi

$m_j$  Jumlah berapa kali produksi untuk satu kali pemesanan bahan kemasan

E Biaya produksi per kardus produk

$Hp_i$  Biaya simpan produk jadi  $i$

$P_i$  Laju produksi produk jadi  $i$

SS *Safety Stock*

$k$  Faktor pengaman (*safety factor*)

$\sigma_i$  Standar Deviasi

$B_j$  Biaya pesan bahan kemasan

$Hr_j$  Biaya simpan bahan kemasan

$u_{ij}$  Proporsi penggunaan bahan kemasan untuk satu unit produk jadi  $i$

$V_i$  *Volume* AMDK *cup* dan botol

$V_k$  *Volume* gudang

L Kelonggaran

**Fungsi Tujuan Model**

$$TC = TCF_i + TCR_{ij} \quad (1)$$

**Model Persediaan dengan Mempertimbangkan *Safety Stock***

## 1. Biaya Persediaan Produk

$Hp_i = (\% \text{ cost of capital} + \% \text{ biaya asuransi} + \% \text{ pencurian} + \% \text{ keusangan} + \% \text{ biaya penyusutan}) \times E$  (2)

$$TCF_i = \frac{A}{T} + \sum_{i=1}^k \left[ \frac{a_i}{T} + Hp_i \left( \frac{D_i T (P_i - D_i)}{2P_i} + k\sigma_i \sqrt{T} \right) \right] \quad (3)$$

Dengan rumus *safety stock*

$$SS = k\sigma_i \sqrt{T} \quad (4)$$

## 2. Biaya Persediaan Bahan Kemasan

a. Biaya pesan bahan kemasan ( $B_j$ )

$$B_j = \text{biaya telepon} + \text{biaya fax} + \text{biaya pembuatan } \textit{purchase Order} \quad (5)$$

$$\text{Total biaya pesan bahan kemasan} = \sum_{i=1}^k \frac{B_j}{m_j T} \quad (6)$$

b. Biaya simpan bahan kemasan ( $Hr_j$ )

$$Hr_j = (\% \text{ cost of capital} + \% \text{ biaya asuransi} + \% \text{ pencurian} + \% \text{ keusangan} + \% \text{ biaya penyusutan}) \times F \quad (7)$$

Total biaya simpan bahan kemasan:

$$= Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T}{2} \left( \frac{D_i^2}{P_i} + (m_j - 1) D_i \right) \quad (8)$$

$TCR_{ij}$  = Total biaya pesan + total biaya simpan

$$= \sum_{j=1}^n \left[ \frac{B_j}{m_j T} + Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T}{2} \left( \frac{D_i^2}{P_i} + (m_j - 1) D_i \right) \right] \quad (9)$$

$$TC = TCF_i + TCR_{ij}$$

$$\frac{A}{T} + \sum_{i=1}^k \left[ \frac{a_i}{T} + Hp_i \left( \frac{D_i T (P_i - D_i)}{2P_i} + k\sigma_i \sqrt{T} \right) \right] + \left\{ \sum_{j=1}^n \left[ \frac{B_j}{m_j T} + Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T}{2} \left( \frac{D_i^2}{P_i} + (m_j - 1) D_i \right) \right] \right\} \quad (10)$$

### Model Persediaan tanpa Mempertimbangkan *Safety Stock*

$$TC = TCF_i + TCR_{ij} \\ = \left[ \frac{A}{T} + \sum_{i=1}^k \left( \frac{a_i}{T} + \frac{Hp_i D_i T (P_i - D_i)}{2P_i} \right) \right] + \left\{ \sum_{j=1}^n \left[ \frac{B_j}{m_j T} + Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T}{2} \left( \frac{D_i^2}{P_i} + (m_j - 1) D_i \right) \right] \right\} \quad (11)$$

## 2.2 Prosedur Solusi Model

Solusi model dilakukan untuk mendapatkan solusi optimal yaitu total biaya yang paling minimum dengan penentuan nilai  $T^*$  (siklus produksi) dan  $m_j$ . Dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan bertahap dan pendekatan simultan.

### 1. Pendekatan Bertahap

Pendekatan bertahap dilakukan dengan menurunkan persamaan (3) untuk mendapatkan persamaan  $T^*$ .

a. Pendekatan bertahap dengan mempertimbangkan *safety stock*

Minimasi

$$TCF_i = \frac{A}{T} + \sum_{i=1}^k \left[ \frac{a_i}{T} + Hp_i \left( \frac{D_i T (P_i - D_i)}{2P_i} + k\sigma_i \sqrt{T} \right) \right] \\ \frac{dTCF_i(T)}{dT} = -\frac{A}{T^2} + \sum_{i=1}^k \left( -\frac{a_i}{T^2} + \frac{Hp_i D_i (P_i - D_i)}{2P_i} + \frac{k\sigma_i}{2\sqrt{T}} \right) \\ \left( \frac{A + \sum_{i=1}^k a_i}{T^2} \right) = \sum_{i=1}^k \left( \frac{Hp_i D_i (P_i - D_i)}{2P_i} \right) + \sum_{i=1}^k \frac{Hp_i k\sigma_i}{2\sqrt{T}} \quad (12)$$

Keterangan: Persamaan (12) tidak dapat diselesaikan menggunakan persamaan matematika, nilai T diperoleh menggunakan *software Microsoft Mathematics*.

$$\begin{aligned} & \text{s/t.} \\ & T > 0 \\ & \sum_{i=1}^k D_i T (V_i) \leq V_k - LV_k \text{ (Kapasitas gudang)} \end{aligned}$$

Kapasitas gudang digunakan apabila apabila  $\sum_{i=1}^k D_i T (V_i)$  lebih besar daripada  $V_k - LV_k$  (kapasitas gudang) maka dilakukan produksi sebesar kapasitas gudang.

- b. Pendekatan bertahap tanpa mempertimbangkan *safety stock*  
Minimasi

$$\begin{aligned} TCF_i &= \frac{A}{T} + \sum_{i=1}^k \left[ \frac{a_i}{T} + Hp_i \left( \frac{D_i T (P_i - D_i)}{2P_i} \right) \right] \\ \frac{dTCF_i(T)}{dT} &= -\frac{A}{T^2} + \sum_{i=1}^k \left( -\frac{a_i}{T^2} + \frac{Hp_i D_i (P_i - D_i)}{2P_i} \right) \\ &= \frac{\left( \sum_{i=1}^k 2P_i \right) \left( A + \sum_{i=1}^k a_i \right)}{\sum_{i=1}^k Hp_i D_i (P_i - D_i)} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & \text{s/t.} \\ & T > 0 \\ & \sum_{i=1}^k D_i T (V_i) \leq V_k - LV_k \text{ (Kapasitas gudang)} \end{aligned}$$

Tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai  $m_j$  dengan menurunkan persamaan (9), sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} TCR_{ij} &= \sum_{j=1}^n \left[ \frac{B_j}{m_j T^*} + Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T^*}{2} \left( \frac{D_i^2}{P_i} + (m_j - 1) D_i \right) \right] \\ \frac{dTCR_{ij}(m_j)}{dm_j} &= \sum_{j=1}^n \left[ -\frac{B_j}{m_j^2 T^*} + Hr_j \sum_{i=1}^k \frac{u_{ij} T^*}{2} (D_i) \right] \\ m_j^* &= \frac{1}{T^*} \sqrt{\frac{2B_j}{Hr_j \left( \sum_{i=1}^k u_{ij} D_i \right)}} \end{aligned} \quad (14)$$

$m_j^*$  = bilangan integer terdekat yang menghasilkan biaya persediaan bahan kemasan yang minimum.

## 2. Pendekatan simultan

Pendekatan simultan dilakukan dengan mencari solusi model ( $T^*$  dan  $m_j^*$ ) secara serentak. Pencarian solusi pada penelitian ini menggunakan *software* LINGO 11.0.

### 2.3 Algoritma Proses Solusi Model Pendekatan Bertahap

Algoritma atau langkah-langkah dalam mencari solusi model dengan pendekatan bertahap dengan mempertimbangkan *safety stock* adalah sebagai berikut :

- Langkah 1 : Menentukan siklus produksi optimal ( $T^*$ ) yang didapatkan dari persamaan (12)  
 Langkah 2 : Siklus produksi optimal ( $T^*$ ) lalu disubstitusikan ke dalam persamaan (14) untuk mendapatkan  $m_j^*$ .  
 Langkah 3 : Pembulatan  $m_j^*$  yang diperoleh. Pembulatan yang dilakukan terhadap bilangan integer terdekat yang menghasilkan biaya persediaan bahan kemasan yang lebih kecil.  
 Langkah 4 : Nilai  $T^*$  dan  $m_j^*$  yang telah didapatkan lalu disubstitusikan ke dalam persamaan (10) untuk memperoleh TC yang mempertimbangkan *safety stock*.

Algoritma atau langkah-langkah dalam mencari solusi model dengan pendekatan bertahap tanpa mempertimbangkan *safety stock* adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 : Menentukan siklus produksi optimal ( $T^*$ ) yang didapatkan dari persamaan (13)  
 Langkah 2 : Siklus produksi optimal ( $T^*$ ) lalu disubstitusikan ke dalam persamaan (14) untuk mendapatkan  $m_j^*$ .  
 Langkah 3 : Pembulatan  $m_j^*$  yang diperoleh. Pembulatan yang dilakukan terhadap bilangan integer terdekat yang menghasilkan biaya persediaan bahan kemasan yang lebih kecil.  
 Langkah 4 : Nilai  $T^*$  dan  $m_j^*$  disubstitusikan ke dalam persamaan dan (11) untuk memperoleh TC tanpa mempertimbangkan *safety stock*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 sampai dengan Tabel 4 memperlihatkan data yang diperlukan dalam pengolahan data untuk memperoleh solusi optimal.

**Tabel 1.** Harga bahan kemasan produk *cup*

Bahan Kemasan	Harga (Rp)	Satuan (Rp)	Ket
Kardus 240 mL (pc)	Rp 2.600,00	Rp 2.600,00	-
Straw (koli)	Rp 550.000,00	Rp 7,50	67200 pc/koli
Lid (roll)	Rp 950.000,00	Rp 22,80	41664/roll
Cup (pc)	Rp 92,00	Rp 92,00	-
Lakban (roll)	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00	untuk 500 kardus

**Tabel 2.** Harga bahan kemasan produk botol

Bahan Kemasan	Harga (Rp)
Kardus 600 mL (pc)	Rp 3,500.00
Seal Cap (pc)	Rp 60.00
Tutup botol (pc)	Rp 70.00
Label (pc)	Rp 50.00
Preeform (pc)	Rp 350.00

**Tabel 3.** Proporsi penggunaan bahan kemasan untuk satu unit produk jadi  $i$  ( $u_{ij}$ )

No	Bahan Kemas	$u_{ij}$	Keterangan
1	Kardus 240 mL (pc)	1	$u_{11}$
2	Straw (koli)	48	$u_{12}$
3	Lid (roll)	48	$u_{13}$
4	Cup (pc)	48	$u_{14}$
5	Lakban (roll)	0,002	$u_{15}$
		0,002	$u_{25}$
6	Kardus 600 mL (pc)	1	$u_{26}$
7	Seal cap (pc)	24	$u_{27}$
8	Tutup botol (pc)	24	$u_{28}$
9	Label (pc)	24	$u_{29}$
10	Preeform (pc)	24	$u_{210}$

**Tabel 4.** Biaya simpan masing-masing bahan kemasan

No	Bahan Kemasan	Hr <sub>i</sub>	Keterangan
1	Kardus 240 mL (pc)	Rp 50,59	Hr <sub>1</sub>
2	Straw (koli)	Rp 0,15	Hr <sub>2</sub>
3	Lid (roll)	Rp 0,44	Hr <sub>3</sub>
4	Cup (pc)	Rp 1,79	Hr <sub>4</sub>
5	Lakban (roll)	Rp 583,70	Hr <sub>5</sub>
6	Kardus 600 mL (pc)	Rp 68,10	Hr <sub>6</sub>
7	Seal cap (pc)	Rp 1,17	Hr <sub>7</sub>
8	Tutup botol (pc)	Rp 1,36	Hr <sub>8</sub>
9	Label (pc)	Rp 0,97	Hr <sub>9</sub>
10	Preeform (pc)	Rp 6,81	Hr <sub>10</sub>

### 3.1 Biaya Persediaan

Tabel 5 menunjukkan perbandingan biaya persediaan yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan bertahap dan simultan.

**Tabel 5.** Biaya Persediaan Pendekatan Bertahap dan Simultan

	Pendekatan Bertahap		Pendekatan Simultan	
	Mempertimbangkan <i>Safety Stock</i>	Tanpa Mempertimbangkan <i>Safety Stock</i>	Mempertimbangkan <i>Safety Stock</i>	Tanpa Mempertimbangkan <i>Safety Stock</i>
TC	Rp 4.086.996,49	Rp 2.528.586,89	Rp 3.543.637,00	Rp 2.049.545,00
T	0,08169	0,134901628	0,0711925	0,0991073
m1	1	1	1	1
m2	2	1	1	1
m3	1	1	1	1
m4	1	1	1	1
m5	4	1	1	1
m6	7	4	1	1
m7	11	7	1	1
m8	10	6	1	1
m9	12	7	1	1
m10	5	3	1	1

### 3.2 Biaya Persediaan Perusahaan Saat Ini

Perhitungan kebijakan sistem persediaan PT Indomex Dwijaya Lestari yang telah dilakukan oleh perusahaan menggunakan model yang telah dikembangkan, namun menggunakan nilai  $T^*$  yang berbeda tergantung pemesanan bahan kemasan yang dilakukan oleh perusahaan. Tabel 6 menunjukkan nilai  $T^*$  masing-masing bahan kemasan, sedangkan Tabel 7 memperlihatkan perbandingan biaya sistem kebijakan persediaan perusahaan dan usulan.

**Tabel 6.** Nilai  $T^*$  masing-masing bahan kemasan

Bahan Kemas	Periode Pemesanan	$T^*$ (dalam bulan)
Kardus 240 mL (pc)	2x sebulan	0.5
Straw (koli)	1x sebulan	1
Lid (roll)	1x sebulan	1
Cup (pc)	1x sebulan	1
Lakban (roll)	1x 4 bulan	4
Kardus 600 mL (pc)	1x 2 bulan	2
Seal Cup (pc)	1x sebulan	1
Tutup botol (pc)	1x 4 bulan	4
Label (pc)	1x3 bulan	3
Preeform (pc)	1x3 bulan	3
Produk akhir	6 hari	0.230769231

**Tabel 7** Perbandingan biaya kebijakan sistem persediaan perusahaan dan usulan

	Bertahap	Simultan	Biaya Persediaan saat ini
Dengan <i>Safety Stock</i>	Rp 4.086.996,49	Rp 3.543.637,00	Rp 15.020.370,09
Tanpa <i>Safety Stock</i>	Rp 2.528.586,89	Rp 2.049.545,00	Rp 13.651.301,74

Pada metode bertahap didapatkan bahwa biaya persediaan menggunakan *safety stock* diperoleh sebesar Rp 4.086.996,49/bulan, pada metode simultan sebesar Rp 3.543.637,00/bulan, dan biaya persediaan perusahaan saat ini sebesar Rp 15.020.370,09 /bulan. Sedangkan untuk biaya persediaan tidak menggunakan *safety stock* diperoleh bahwa pendekatan bertahap biayanya sebesar Rp 2.528.586,89/bulan, pada pendekatan simultan sebesar Rp 2.049.545,00/bulan, dan biaya persediaan perusahaan saat ini sebesar Rp 13.651.301,74/bulan. Terjadi reduksi biaya (penghematan biaya) sebesar Rp 10.933.37,61/bulan apabila menggunakan pendekatan bertahap dengan mempertimbangkan *safety stock* dan Rp 11.122.714,85/bulan tanpa mempertimbangkan *safety stock* dibandingkan dengan sistem persediaan perusahaan saat ini. Sedangkan pada pendekatan simultan terjadi penghematan sebesar Rp 11.476.733,09/bulan apabila mempertimbangkan *safety stock* dan Rp 11.601.756,74/bulan apabila tanpa mempertimbangkan *safety stock*.

Nilai  $T^*$  yang diperoleh pendekatan bertahap mempertimbangkan *safety stock* adalah sebesar 0,081 bulan atau jika dikonversi dalam hari yaitu 2,12 hari. Kebijakan apakah siklus produksi 2 hari atau 3 hari tergantung biaya yang paling kecil. Setelah perhitungan diperoleh bahwa biaya persediaan jika siklus produksi selama 2 hari yaitu Rp 4.092.645,58 sedangkan untuk siklus produksi selama 3 hari sebesar Rp 4.238.044,84. Lama siklus produksi yang direkomendasikan adalah selama 2 hari karena biaya persediaan yang dihasilkan lebih murah.

Nilai  $T^*$  yang diperoleh pendekatan bertahap tanpa mempertimbangkan *safety stock* adalah sebesar 0,134 bulan atau jika dikonversi dalam hari yaitu 3,507 hari. Kebijakan apakah siklus produksi 3 hari atau 4 hari tergantung biaya yang paling kecil. Setelah perhitungan diperoleh bahwa biaya persediaan jika siklus produksi selama 3 hari yaitu Rp 2.512.177,00 sedangkan untuk siklus produksi selama 4 hari sebesar Rp 2.588.263,58. Lama siklus produksi yang direkomendasikan adalah selama 3 hari karena biaya persediaan yang dihasilkan lebih murah.

Nilai  $T^*$  yang diperoleh pendekatan simultan mempertimbangkan *safety stock* adalah sebesar 0,071 bulan atau jika dikonversi dalam hari yaitu 1,851 hari. Kebijakan apakah siklus produksi 1 hari atau 2 hari tergantung biaya yang paling kecil. Setelah perhitungan diperoleh bahwa biaya persediaan jika siklus produksi selama 1 hari yaitu Rp 4.053.312,00 sedangkan untuk siklus produksi selama 2 hari sebesar Rp 3.551.117,00. Lama siklus produksi yang direkomendasikan adalah selama 2 hari karena biaya persediaan yang dihasilkan lebih murah.

Nilai  $T^*$  yang diperoleh pendekatan simultan tanpa mempertimbangkan *safety stock* adalah sebesar 0,099 bulan atau jika dikonversi dalam hari yaitu 2,576 hari. Kebijakan apakah siklus produksi 2 hari atau 3 hari tergantung biaya yang paling kecil. Setelah perhitungan diperoleh bahwa biaya persediaan jika siklus produksi selama 2 hari yaitu Rp 2.115.699,00 sedangkan untuk siklus produksi selama 3 hari sebesar Rp 2.073.289,00. Lama siklus produksi yang direkomendasikan adalah selama 3 hari karena biaya persediaan yang dihasilkan lebih murah. Dengan keterangan bahwa hari kerja adalah enam hari seminggu (Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, dan Sabtu) sehingga dalam satu bulan terdapat 26 hari kerja (sebulan ada 30 hari kerja).

Berdasarkan hasil perhitungan selanjutnya diperoleh bahwa dengan menggunakan pendekatan simultan didapatkan bahwa nilai  $m$  untuk semua bahan kemasan sama baik yang mempertimbangkan *safety stock* dan tanpa mempertimbangkan *safety stock* yaitu satu (1), sedangkan pada metode bertahap nilai  $m$  yang didapatkan berbeda-beda. Nilai  $m$  yang sama memudahkan dalam perencanaan produksi pada perusahaan.

## 2.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat seberapa sensitif model yang dihasilkan. Analisis sensitivitas dengan mengubah input parameter dalam proses validasi dengan persentase tertentu (-10%, -5%, -2,5%, 2,5%, 5%, dan 10%) untuk biaya pesan, biaya simpan, dan permintaan seperti yang terlihat dalam Tabel 8 sampai dengan Tabel 13.



**Tabel 8.** Sensitivitas dengan variasi permintaan pada model yang mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,02187	-0,02029	0,00822	0,02960
-5	-0,01084	-0,01005	0,00365	0,01443
-2,5	-0,00541	-0,00500	0,00172	0,00713
2,5	0,00537	0,00496	-0,00146	-0,00695
5	0,01069	0,00988	-0,00271	-0,01374
10	0,02125	0,01959	-0,00456	-0,02686

**Tabel 9.** Sensitivitas dengan variasi permintaan pada model tanpa mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya TC (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,06110	-0,04934	0,01702	0,05190
-5	-0,03491	-0,02432	0,00745	0,02492
-2,5	-0,02194	-0,01207	0,00347	0,01222
2,5	0,00384	0,01191	-0,00297	-0,01177
5	0,01667	0,02366	-0,00547	-0,02311
10	0,04227	0,04670	-0,00904	-0,04462

**Tabel 10.** Sensitivitas dengan variasi biaya pesan pada model yang mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,010774	-0,000164	0	0,000231
-5	-0,005371	-0,000082	0	0,000116
-2,5	-0,002676	-0,000041	0	0,000058
2,5	0,002665	0,000041	0	-0,000058
5	0,005330	0,000082	0	-0,000116
10	0,010607	0,000164	0	-0,000231

**Tabel 11.** Sensitivitas dengan variasi biaya pesan pada model tanpa mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,021758	-0,000394	0	0,000394
-5	-0,015447	-0,000197	0	0,000197
-2,5	-0,012231	-0,000098	0	0,000099
2,5	0,000304	0,000099	0	-0,000098
5	0,003322	0,000197	0	-0,000197
10	0,009725	0,000394	0	-0,000394

**Tabel 12.** Sensitivitas dengan variasi biaya simpan pada model yang mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,06028	-0,06082	0,06378	0,06150
-5	-0,02982	-0,03010	0,03058	0,02950
-2,5	-0,01483	-0,01498	0,01499	0,01446
2,5	0,01471	0,01461	-0,01439	-0,01360
5	0,02925	0,02954	-0,02825	-0,02731
10	0,05797	0,05854	-0,05448	-0,05268

**Tabel 13.** Sensitivitas dengan variasi biaya simpan pada model tanpa mempertimbangkan *safety stock*

Perubahan Parameter (%)	Perubahan jumlah biaya (%)		Perubahan nilai T (%)	
	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan	Pendekatan Bertahap	Pendekatan Simultan
-10	-0,05988	-0,05102	0,05409	0,05376
-5	-0,03412	-0,02517	0,02598	0,02583
-2,5	-0,02149	-0,01251	0,01274	0,01267
2,5	0,00329	0,01181	-0,01227	-0,01167
5	0,01545	0,02456	-0,02410	-0,02397
10	0,03934	0,04854	-0,04654	-0,04629

Pada Tabel 8 hingga Tabel 13 terlihat bahwa persentase perubahan dari total biaya persediaan lebih kecil dari pada persentase perubahan dari parameter. Ini menunjukkan bahwa model tidak sensitif terhadap perubahan dari parameter.

Analisis nilai Q juga dilakukan untuk kedua pendekatan seperti yang terlihat pada Tabel 14 sampai dengan Tabel 17 dengan nilai T optimal yang didapatkan dari model.

**Tabel 14** Q pendekatan bertahap dengan mempertimbangkan *safety stock* dengan T=2 hari

No	Bahan Kemasan	Q	Q aktual
1	Kardus 240 mL (pc)	8527,769231	8528
2	Straw (koli)	818665,8462	13
3	Lid (roll)	409332,9231	10
4	Cup (pc)	409332,9231	409333
5	Lakban (roll)	85,84307692	86
6	Kardus 600 mL (pc)	395,7692308	396
7	Seal Cap (pc)	16283,07692	16284
8	Tutup botol (pc)	14926,15385	14927
9	Label (pc)	17640	17640
10	Preeform (pc)	6784,615385	6785

**Tabel 15** Q pendekatan bertahap tanpa mempertimbangkan *safety stock* dengan T = 3 hari

No	Bahan Kemasan	Q	Q aktual
1	Kardus 240 mL (pc)	12791,65385	12792
2	Straw (koli)	613999,3846	10
3	Lid (roll)	613999,3846	15
4	Cup (pc)	613999,3846	614000
5	Lakban (roll)	25,75292308	26
6	Kardus 600 mL (pc)	424,0384615	425
7	Seal Cap (pc)	16283,07692	16284
8	Tutup botol (pc)	14247,69231	14248
9	Label (pc)	16283,07692	16284
10	Preeform (pc)	6106,153846	6107

**Tabel 16** Q pendekatan simultan dengan mempertimbangkan *safety stock* dengan T = 2 hari

Bahan Kemasan	Q	Q aktual
Kardus 240 mL (pc)	8527,769231	8528
Straw (koli)	409332,9231	7
Lid (roll)	409332,9231	10
Cup (pc)	409332,9231	409333
Lakban (roll)	17,16861538	18
Kardus 600 mL (pc)	56,53846154	57
Seal Cap (pc)	1356,923077	1357
Tutup botol (pc)	1356,923077	1357
Label (pc)	1356,923077	1357
Preeform (pc)	1356,923077	1357

**Tabel 17** Q pendekatan simultan tanpa mempertimbangkan *safety stock* dengan T = 3 hari

Bahan Kemasan	Q	Q aktual
Kardus 240 mL (pc)	12791,65385	12792
Straw (koli)	613999,3846	10
Lid (roll)	613999,3846	15
Cup (pc)	613999,3846	614000
Lakban (roll)	25,75292308	26
Kardus 600 mL (pc)	84,80769231	85
Seal Cap (pc)	2035,384615	2036
Tutup botol (pc)	2035,384615	2036
Label (pc)	2035,384615	2036
Preeform (pc)	2035,384615	2036

Pada model diketahui terdapat konstrain untuk  $\sum_{i=1}^k D_i T(V_i) \leq V_k - LV_k$  kapasitas gudang, sehingga apabila  $\sum_{i=1}^k D_i T(V_i)$  lebih besar daripada kapasitas gudang maka dilakukan produksi sebesar kapasitas gudang. Pemesanan bahan kemasan juga sebesar kapasitas gudang. Untuk konstrain kapasitas gudang dengan mempertimbangkan *safety stock* volume produk jadi yaitu 147.930.363 cm<sup>3</sup> dan 221.895.544,5 cm<sup>3</sup> untuk tanpa mempertimbangkan *safety stock*. Kelonggaran (L) yang dipakai untuk perusahaan ini adalah sebesar 5%. Kapasitas gudang dengan dikurangi kelonggaran (L) 5% adalah sebesar 729.600.000 cm<sup>3</sup>. Hasil yang diperoleh ternyata lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas gudang, sehingga rencana pemesanan bahan kemasan berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan baik untuk model yang mempertimbangkan *safety stock* dan tanpa mempertimbangkan *safety stock*.

#### 4. Simpulan

Dari penelitian ini didapatkan model persediaan terintegrasi antara produk dan bahan kemasan yang mempertimbangkan *safety stock* dan tanpa mempertimbangkan *safety stock* pada PT Indomex Dwijaya Lestari. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil yang valid. Biaya persediaan yang diusulkan lebih kecil atau lebih murah dibandingkan biaya persediaan perusahaan saat ini. Biaya persediaan perusahaan saat ini sebesar Rp 15.020.370,09 per bulan dengan mempertimbangkan *safety stock*. Biaya persediaan perusahaan saat ini tanpa mempertimbangkan *safety stock* Rp 13.651.301,74 per bulan. Biaya persediaan usulan menggunakan pendekatan bertahap sebesar Rp 4.328.441,38 per bulan dengan mempertimbangkan *safety stock* dan Rp 2.745.085,15 per bulan tanpa mempertimbangkan *safety stock*. Biaya persediaan usulan menggunakan pendekatan simultan sebesar Rp 3.543.637,00 per bulan dengan mempertimbangkan *safety stock* dan Rp 2.049.545,00 per bulan tanpa mempertimbangkan *safety stock*.

Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan penambahan cakupan sistem persediaan integrasi rantai pasok yang lebih luas dari *supplier* hingga *retailer* untuk memperoleh sistem persediaan rantai pasok air minum dengan biaya minimum dari awal proses hingga ke konsumen. Di samping itu penelitian selanjutnya juga mempertimbangkan diskon (*quantity discount*) dan biaya transportasi (*transportation costs*).

#### Daftar Pustaka

- Chen, Jen-Ming dan Chen, Tsung-hui. (2004). *Optimizing Supply Chain Collaboration Based On Joint Replenishment and Channel Coordination*. Institute of Industrial Management. National Central University. Taiwan.
- Ertogral, Kadir. (2011). *Vendor-buyer Lot Sizing Problem with Stochastic Demand: An Exact Procedure Under Service level Approach*. Industrial Engineering Departement. TOBB University of Economics and Technology. Turkey.
- Fogarty, Donald W. (1991). *Production and Inventory Management 2<sup>nd</sup> Edition*. Ohio: South Western Publishing Co.

- Juniar, Asrid. (2010). *Studi Kelayakan Pabrik Air Minum Dalam Kemasan PDAM Kabupaten Hulu Sungai Utara Ditinjau Dari Aspek Keuangan*. Fakultas Ekonomi. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Jonrinaldi. (2012). *Modelling Of Coordinating Production And Inventory Cycles In A Manufacturing Supply Chain Involving Reverse Logistics*. Thesis. University of Exeter. United Kingdom (UK).
- Kemas A., et al. (2012). *Perencanaan Pengendalian Persediaan Dengan Kebijakan Back Order di PT. American Standard Indonesia*. Program studi Teknik Industri. Fakultas Rekayasa Industri. Institut Teknologi Telkom. Bandung.
- King, Peter L. (2011). *Understanding Safety Stock And Mastering Its Equations*. APICS Magazine. July/August 2011.
- Stephyna, Happy Ganadial. (2011). *Analisis Kinerja Manajemen Persediaan Pada PT. United Tractors, TBK Cabang Semarang*. Skripsi. Fakultas Ekonomi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Tersine, Richard J. (1994) . *Principle of Inventory and Materials Management, 4<sup>th</sup> Edition*. New Jersey USA: Prentice Hall International.
- Widyalestari. (2008). *Analisis Strategi Pemasaran Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) Merek Citrabas Deluxe (Studi Kasus di PT. Buana Tirta Abadi Jakarta)*. Skripsi. Jurusan Manajemen Agribisnis. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.