

Model Penentuan Jumlah Produksi yang Optimal pada Rantai Pasok dengan Produsen Tunggal dan Multi-Retailer

Prayoga Rizky Hermawan^{*1}, Said Salim Dahda^{*2}, Deny Andesta³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Email: ^{*1}prayogarizkyhermawan@gmail.com, ^{*2}said_salim@umg.ac.id

Abstrak

Penentuan ukuran pengadaan atau produksi yang optimal menjadi kata kunci dalam penentuan persediaan yang optimal. Model optimalisasi ukuran pengadaan dan produksi secara terintegrasi menjadi model yang memberikan hasil optimal untuk semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok. Penelitian ini mengusulkan pengembangan model rantai pasokan satu produsen dan multi retailer dengan tujuan meminimalisasi total biaya persediaan (TIC). Perusahaan mendistribusikan produk ke masing-masing retailer untuk selanjutnya dilakukan penjualan ke konsumen oleh retailer. Permintaan tahunan dari retailer diasumsikan berbeda-beda. Pengembangan model dilakukan untuk mendapatkan jumlah produksi optimal bagi produsen, kuantitas pengiriman optimal serta menentukan jumlah retailer optimal. Penentuan tersebut didasarkan atas waktu siklus produksi produsen sama dengan waktu siklus persediaan pada masing-masing retailer adalah sama. Algoritma sederhana digunakan untuk menentukan Waktu siklus yang optimal yang dapat dilanjutkan dengan penentuan ukuran produksi yang optimal, jumlah pengiriman yang optimal dan jumlah retailer yang optimal. Pada akhir penelitian ini dimunculkan contoh numerik penggunaan model yang telah dibangun berdasarkan data-data studi kasus sebuah industri pupuk sebagai produsen dan mitra-mitranya sebagai retailer. Hasil dari contoh numerik yang telah dilakukan menunjukkan jumlah retailer optimal adalah 3 retailer dengan produksi optimal sebanyak 742 unit, penentuan jumlah retailer optimal tersebut didapatkan dari percobaan dengan nilai TIC paling rendah.

Kata kunci - Koordinasi Rantai Pasokan, Persediaan, Optimal, Ukuran Lot Produksi

Abstract

Determining the optimal size of procurement or production is the key word in determining optimal inventory. An integrated procurement and production size optimization model becomes a model that provides optimal results for all parties involved in the supply chain. This study proposes the development of a single producer and multi retailer supply chain model with the aim of minimizing the total inventory cost (TIC). The company distributes products to each retailer for further sale to consumers by the retailer. The annual demand from retailers is assumed to be different. Model development is carried out to obtain optimal production quantities for producers, optimal delivery quantities and determine the optimal number of retailers. The determination is based on the manufacturer's production cycle time is the same as the inventory cycle time at each retailer is the same. A simple algorithm is used to determine the optimal cycle time which can be followed by determining the optimal production size, optimal number of shipments and optimal number of retailers. At the end of this study, a numerical example of the use of a model that has been built based on case study data of a fertilizer industry is presented as a producer and its partners as retailers. The results of the numerical examples that have been carried out show that the optimal number of retailers is 3 retailers with an optimal production of 742 units, the determination of the optimal number of retailers is obtained from experiments with the lowest TIC value.

Keywords - supply chain coordination, inventory, optimal, production lot size

1. PENDAHULUAN

Proses produksi merupakan kegiatan menciptakan atau menambahkan nilai guna suatu barang ataupun jasa [1]. Sehingga perencanaan produksi adalah hal yang sangat penting dilakukan dalam sebuah perusahaan, perencanaan produksi tersebut dilakukan dengan menyeimbangkan biaya produksi dan biaya persediaan [2]. Kelancaran proses produksi merupakan faktor utama yang menunjang perusahaan untuk mencapai tujuan. Penentuan jumlah produksi yang tepat membuat perusahaan terhindar dari kekurangan ataupun kelebihan persediaan, kekurangan jumlah produksi mengakibatkan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan konsumen, sedangkan kelebihan jumlah produksi mengakibatkan jumlah persediaan akan menumpuk yang menyebabkan penambahan biaya simpan, biaya perawatan [3].

Model rantai pasokan dengan produsen dan pembeli pertama kali dikembangkan oleh [4] pada penelitian tersebut dioptimalkan biaya gabungan pada satu produsen dan hanya satu pembeli, [5] juga mengembangkan penelitiannya dengan mempertimbangkan biaya rata-rata per periode yang optimal secara keseluruhan. Penelitian lain oleh [6] mengembangkan model penelitian produsen dan pembeli untuk mengoptimalkan keuntungan antara kedua belah pihak dengan mempertimbangkan kebutuhan kedua belah pihak tersebut secara adil. [7] mengembangkan model serupa yang menyesuaikan dengan berbagai situasi tidak adanya pemesanan ulang jika terjadi kekurangan. Penelitian-penelitian lainnya seperti [8], [9] dan [10] juga melakukan pemodelan dengan melibatkan integrasi antara produsen dengan retailer dalam penentuan ukuran produksi dan persediaan yang optimal. Pada beberapa penelitian pengembangan model integrasi rantai pasok antara produsen dengan retailer terdapat asumsi produsen tunggal dengan retailer tunggal dengan banyak jenis produk, seperti pada penelitian [11], [10] dan [12]. Berbeda dengan pada penelitian ini dikembangkan dengan asumsi produsen tunggal, multi retailer dan produk tunggal. Asumsi ini sangat realistis pada dunia industri saat ini yang mempunyai struktur rantai pasok satu produsen dan multi retailer. Seperti pada beberapa perusahaan manufaktur seringkali melakukan kerja sama dengan beberapa retailer sebagai penjual produk mereka agar dapat menjangkau konsumen lebih luas dan meminimalkan biaya-biaya lainnya.

Pada rantai pasokan modern yang realistis dengan keadaan saat ini, model produsen tunggal dan banyak pembeli seringkali digunakan dalam menjalankan proses bisnis [8]. Model rantai pasokan antara produsen dan pembeli/retailer telah membuat jaringan yang saling menguntungkan dengan adanya kepastian. Permasalahan yang sering terjadi adalah kurangnya koordinasi yang efektif antara produsen dan pembeli/retailer [13], produsen tidak dapat memperkirakan dengan baik jumlah produksi yang optimal, sehingga sering dijumpai adanya kekosongan atau kekurangan produk [14]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan menentukan jumlah lot produksi sehingga dapat meminimalkan biaya *set-up* dan biaya persediaan yaitu menggunakan metode *Economic Production Quantity* (EPQ). Tujuan utama dari penggunaan metode ini adalah untuk memperkirakan tingkat atau jumlah produksi optimal yang sebaiknya dilakukan oleh produsen, agar tidak terjadi penumpukan persediaan di gudang yang mengakibatkan pembengkakan biaya, maka dari itu diperlukan koordinasi yang efektif di dalam jadwal kegiatan produksi [15].

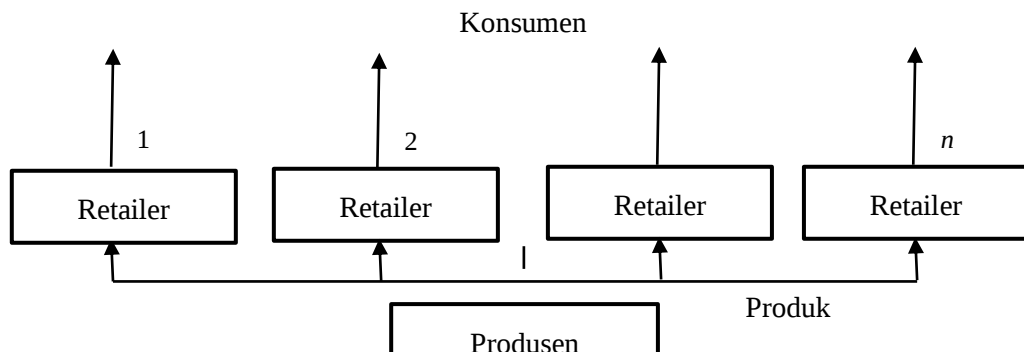
Pada penelitian-penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh [16] mereka mengembangkan model inventaris produksi satu item dengan rantai pasokan yang terdiri dari tahap sebelum proses, tahap perakitan dan yang terakhir tahap pada gudang pusat dengan mempertimbangkan permintaan selama waktu tunggu yang bersifat stokastik, mereka juga mempertimbangkan faktor konversi lainnya. [11] mengembangkan model EPQ dengan produsen tunggal dan hanya pembeli tunggal dengan mempertimbangkan

batasan anggaran dan beberapa pengiriman terpisah. Mengembangkan model serupa yang bertujuan untuk meminimalkan biaya dengan mengkoordinasikan antara pemasok, produsen dan pengecer dengan menggunakan algoritma sederhana dengan solusi dua tahap heuristik [17]. Penelitian lain, seperti [16] mengembangkan model serupa dengan menggunakan simulasi algoritma *annealing* untuk mendapatkan usulan solusi variabilitas yang lebih kecil dan waktu penyelesaian yang lebih sedikit. Tapi pada penelitian ini menggunakan algoritma sederhana dengan beberapa tahapan untuk mendapatkan solusi optimal seperti yang dilakukan pada penelitian [17].

Berdasarkan penelusuran literatur yang telah dilakukan sebelumnya, sebagian besar peneliti hanya melakukan penelitian pada rantai pasokan antara satu produsen dan hanya satu pembeli, dengan mempertimbangan beberapa kendala yang mungkin terjadi. Sehingga pada penelitian ini mencoba mengembangkan model matematika rantai pasokan 2 eselon yang terdiri dari satu perusahaan dan multi retailer, dengan konsep pengiriman produk ke masing-masing retailer dilakukan secara bergantian dalam satu siklus, dengan keadaan tersebut maka lama satu siklus produksi dan satu siklus masing-masing retailer akan sama. Penelitian ini juga mencoba mengembangkan model untuk mendapatkan waktu lamanya satu siklus optimal dan jumlah retailer optimal yang akan bekerja sama dengan perusahaan, sehingga dari penentuan jumlah retailer optimal tersebut nantinya juga didapatkan jumlah produksi optimal yang sebaiknya dilakukan oleh produsen untuk dapat memenuhi masing-masing retailernya dan tercapainya koordinasi optimal antara produsen dan retailer-retailernya. Pemecahan masalah pada penelitian ini disertai dengan solusi optimal yang ditawarkan dengan beberapa tahap percobaan menggunakan algoritma sederhana dan juga terdapat contoh numeriknya.

2. DESKRIPSI MASALAH

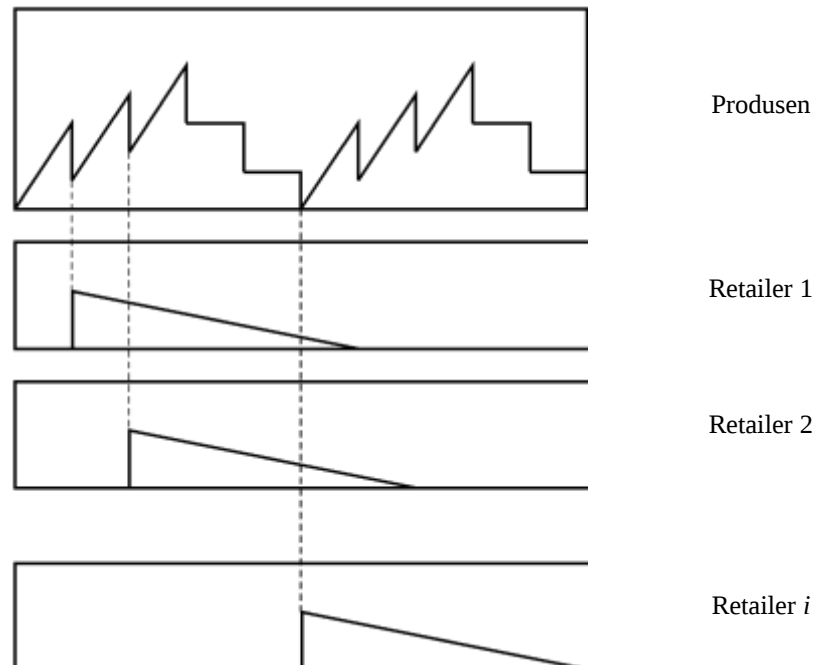
Gambar 1 menunjukkan model rantai pasokan antara produsen dan retailer. Produsen memproduksi satu produk tunggal dengan tingkat produksi yang konstan, produsen melakukan pengiriman produk ke masing-masing retailer. n buah retailer akan bekerja sama dengan produsen untuk melakukan penjualan sampai ke tangan konsumen. Pengiriman oleh produsen dilakukan secara bertahap, seperti misalnya pengiriman pertama ditujukan ke retailer pertama, pengiriman kedua ditujukan ke retailer kedua dan seterusnya.



Gambar 1. Proses Manufaktur

Penetapan waktu siklus yang optimal merupakan hal yang sangat penting dilakukan sebuah perusahaan manufaktur agar tercapai koordinasi yang efektif antara produsen dan masing-masing retailer. Seperti contohnya pada produsen pupuk yang berperan sebagai pemasok yang sebagian besar memiliki jarak tertentu dengan konsumen-konsumennya, produsen tersebut tentunya membutuhkan retailer untuk dapat mendistribusikan atau

menjangkau konsumen mereka secara luas dan menyeluruh. Produsen melakukan proses produksi sesuai dengan jumlah kebutuhan pasar atau permintaan konsumen, setelah proses produksi selesai, produsen akan mendistribusikan produk mereka ke masing-masing retailer secara bertahap, seperti yang telah digambarkan pada gambar 2. Berdasarkan keadaan yang terjadi, bisa dikatakan retailer berperan sebagai perantara antara produsen dan konsumen. Retailer melakukan penjualan secara kontinyu atau terus menerus. Di bawah ini merupakan model persediaan pada produsen dan retailer dalam satu siklus produksi.



Gambar 2 Model Persediaan Dalam Satu Siklus Produksi

3. PEMODELAN

Model matematika yang dikembangkan pada penelitian ini didasarkan pada asumsi-asumsi sebagai berikut:

- Produsen tunggal dan banyak retailer
- Kebutuhan tiap retailer diketahui berbeda-beda, konstan dan bersifat deterministik
- Jumlah produksi lebih besar dari jumlah permintaan
- Kekurangan tidak diperbolehkan
- Pengiriman oleh produsen bertahap dan bersifat sekaligus sebanyak Q_0
- Tidak ada keterbatasan financial, keterbatasan kapasitas dan keterbatasan penyimpanan
- Semua biaya, seperti biaya *set-up* dan biaya persediaan bersifat konstan dan diketahui
- Biaya persediaan selalu bernilai tetap
- Tidak memperhatikan/memperhitungkan biaya dan waktu pengiriman

Notasi:

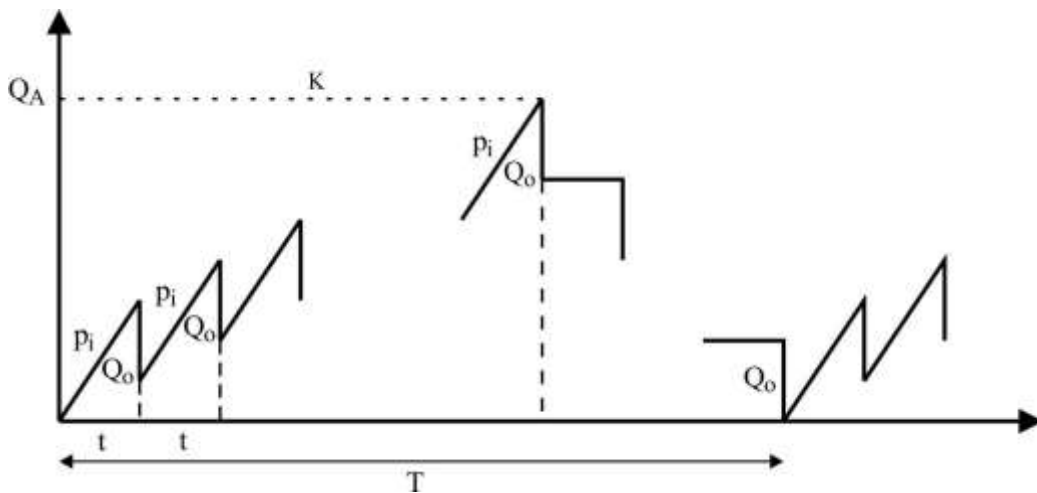
- I : Jumlah produk, unit
 P : Kapasitas produksi produsen
 D : Permintaan produk, unit/tahun
 Q_A : Jumlah total produksi, unit

Q_i : Jumlah pengiriman untuk tiap retailer i , unit
 T_i : Waktu siklus produksi i , hari
 K_i : Jumlah pengiriman yang dilakukan selama satu periode i
 W_i : Jumlah pengiriman yang dilakukan selama waktu produksi i
 n : Jumlah retailer
 A_i : Biaya *set up*/penyiapan i
 H_i : Biaya persediaan i
 TIC : Total inventory cost (total biaya persediaan)

Seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, tujuan pada penelitian ini adalah mencoba mengoptimalkan sistem keseluruhan antara produsen sebagai pemasok dan masing-masing retailernya agar tercapai koordinasi yang optimal, sehingga penelitian ini lebih difokuskan untuk mendapatkan lamanya satu siklus produksi (T) dan jumlah retailer optimal (n) dengan mengaplikasikan pada algoritma sederhana untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Model persediaan produsen dapat dilihat pada gambar 3 seperti dibawah ini. Produsen melakukan produksi (P) sampai jumlah persediaan maksimal (IH_{maks}) setelah itu produsen akan melakukan pengiriman ke n retailer secara bertahap sebanyak Q kepada masing-masing retailer sampai sisa persediaan habis yaitu selama periode T . Waktu siklus sekali produksi ditunjukkan pada notasi T . Jumlah produksi yang dilakukan oleh produsen adalah sebagai berikut:

$$QA = n \cdot Q_0$$

$$T = \frac{n \cdot Q_0}{D} \quad (1)$$



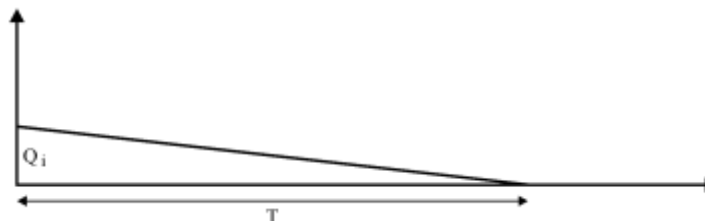
Gambar 3 Model Persediaan Produsen

Total biaya persediaan (TIC) pada produsen terdiri dari biaya set-up mesin (A_1) dan biaya penyimpanan/perawatan (H_1). Rumus total biaya persediaan dengan memasukkan jumlah produksi (Q) dikembangkan dari model pada penelitian [11]. Pengembangan model persediaan yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TIC &= \frac{H_1 \cdot Q_A}{2} \left(1 + \frac{1}{n} - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{D}{Q_A} \cdot A_1 \\
 &= \frac{H_1 \cdot n \cdot Q_0}{2} \left(1 + \frac{1}{n} - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{D}{n \cdot Q_0} \cdot A_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2} \left(1 + \frac{1}{n} - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{A_1}{T} \\
 &= \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2 \cdot n} + \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2} \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{A_1}{T} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Waktu satu siklus retailer dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini. Periode persediaan retailer sampai habis (T) sama dengan titik pengiriman kembali yang dilakukan oleh produsen. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [11] dijelaskan pada saat tingkat persediaan yang dimiliki oleh pembeli mencapai jumlah nol, pengisian akan otomatis dilakukan sampai selesai, tapi pada penelitian ini terdiri dari banyak retailer yang bekerja sama, sehingga pengiriman dilakukan secara bertahap dan tetap akan dilakukan pengiriman kembali ketika jumlah persediaan bernilai nol.



Gambar 4 Model Persediaan Retailer

Total biaya persediaan (TIC) pada masing-masing retailer dihasilkan dengan memasukkan jumlah pengiriman yang dilakukan oleh produsen (Q), didapatkan rumus total biaya persediaan (TIC) satu siklus pada retailer seperti sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TIC &= H_2 \frac{Q_0}{2} + A_2 \frac{\sum d_i}{Q_0} \\
 TIC &= H_2 \frac{T \cdot \sum d_i}{2n} + A_2 \frac{n}{T} \quad (3)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan biaya persediaan pada produsen dan masing-masing retailer yang telah diketahui, selanjutnya akan didapatkan lamanya satu siklus produksi produsen yang sama dengan lamanya satu siklus retailer (T), rumus T tersebut didapatkan dari penurunan rumus total biaya produksi (TIC) seperti sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TIC &= \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2 \cdot n} + \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2} \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{A_1}{T} + H_2 \frac{T \cdot \sum d_i}{2n} + A_2 \frac{n}{T} \\
 \frac{dTIC}{dT} &= \frac{H_1 D}{2n} + \frac{H_1 D}{2} \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) - \frac{A_1}{T^2} + H_2 \frac{\sum d_i}{2n} - A_2 \frac{n}{T^2} \\
 \frac{H_1 D}{2n} + \frac{H_1 D}{2} \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + H_2 \frac{\sum d_i}{2n} &= \frac{A_1}{T^2} + A_2 \frac{n}{T^2} \\
 T^2 &= \frac{2 \{ A_1 + A_2 n \}}{\frac{H_1 D}{n} + H_1 D \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + H_2 \frac{\sum d_i}{n}} \\
 T^2 &= \frac{2n \{ A_1 + A_2 n \}}{H_1 D + H_1 D n \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + H_2 D} \\
 T^2 &= \frac{2n \{ A_1 + A_2 n \}}{D \{ H_1 + H_1 n \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + H_2 \}} \quad (4)
 \end{aligned}$$

Penentuan jumlah retailer optimal dilakukan ketika proses produksi belum dimulai, sehingga dengan ditetapkannya jumlah retailer optimal tersebut, produsen akan dapat menentukan jumlah produksi dan pengiriman optimal ke masing-masing retailer untuk meminimalkan total biaya persediaan. Jumlah retailer optimal didapatkan dari penurunan total biaya persediaan seperti sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TIC &= \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2 \cdot n} + \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2} \left(1 - \frac{D}{P_m} \right) + \frac{A_1}{T} + H_2 \frac{T \cdot \sum d_i}{2n} + A_2 \frac{n}{T} \\
 \frac{dTIC}{dn} &= -\frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2n^2} - \frac{H_2 \cdot T \cdot D}{2n^2} + \frac{A_2}{T} = 0 \\
 \frac{A_2}{T} &= \frac{H_1 \cdot T \cdot D}{2n^2} + \frac{H_2 \cdot T \cdot D}{2n^2} \\
 \frac{A_2}{T} &= \frac{DT(H_1 + H_2)}{2n^2} \\
 n^2 &= \frac{DT^2(H_1 + H_2)}{2A_2} \\
 n &= T \sqrt{\frac{D(H_1 + H_2)}{2A_2}} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Pada penelitian [17] menjelaskan bahwa dari setiap variabel yang tidak diketahui merupakan penjelasan dari variabel lainnya yang juga sama-sama tidak diketahui, sehingga perlu dilakukan simulasi dengan beberapa proses secara berulang untuk menemukan solusi yang optimal. Pada penelitian ini akan menggunakan algoritma sederhana seperti yang dilakukan oleh [17], pada tahap pertama terdapat beberapa langkah percobaan yang akan dilakukan untuk mendapatkan lamanya satu siklus produsen dan retailer awal (T_{awal}), selanjutnya akan didapatkan jumlah retailer awal (n_{awal}) yang secara teoritis belum benar-benar dapat dikatakan optimal, sehingga perlu dilakukan tahap selanjutnya untuk mendapatkan lamanya satu siklus dan jumlah retailer yang optimal. Tahap terakhir adalah penentuan jumlah produksi dan pengiriman (Q) untuk masing-masing retailer.

Tahap 1

- Langkah 1 : Menghitung nilai T_{awal} secara keseluruhan pada tingkatan retailer
- Langkah 2 : Menghitung nilai n_{awal} menggunakan rumus (5) dengan memasukkan nilai T_{awal} yang telah diketahui sebelumnya
- Langkah 3 : Menghitung ulang nilai T menggunakan rumus (4) dengan memasukkan nilai n_{awal} yang telah diketahui pada langkah sebelumnya
- Langkah 4 : Menghitung ulang nilai n menggunakan rumus (5) dengan menggunakan nilai T yang telah diketahui pada langkah sebelumnya
- Langkah 5 : Menghitung jumlah produksi optimal untuk masing-masing retailer (Q_i) karena tiap retailer memiliki permintaan yang berbeda

Tahap 2

- Langkah 6 : Melakukan perhitungan ulang pada langkah 5 dengan nilai n berbeda yang mendekati untuk mendapatkan perbandingan nilai TIC mana yang paling minimum, langkah ini yang disebut algoritma sederhana seperti pada penelitian sebelumnya oleh [17] algoritma ini dipilih karena langkah-langkahnya mudah dipahami dan diterapkan untuk mendapatkan nilai yang paling minimum.

4. CONTOH NUMERIKAL

Percobaan numerikal dilakukan untuk menguji apakah kinerja model siklus sudah sesuai dan tersinkronisasi. Percobaan numerikal juga akan menghasilkan jumlah retailer optimal (n) dari beberapa kali percobaan yang telah dilakukan. Contoh numerik pada penelitian ini terdiri dari satu produsen yang mendistribusikan produk mereka ke beberapa retailer. Permintaan setiap retailer diketahui berbeda antara retailer satu dan lainnya dengan jumlah tingkat permintaan agregat tetap sama. Terdapat beberapa variabel yang telah diketahui seperti sebagai berikut:

A_1 : \$750 /setup
 H_1 : \$15 /unit/tahun
 A_2 : \$100 /setup
 H_2 : \$20 /unit/tahun
 D : 12000 unit
 P : 60000 unit
 $(1-D/P)$: 0,8

Hasil berikut merupakan penerapan algoritma sederhana seperti yang telah dijelaskan sebelumnya:

Tahap 1

Langkah 1 : $T_{awal} = \sqrt{\frac{2 \cdot A_2}{H_2 \cdot D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{20 \cdot 1200}} = 8,66 \text{ hari}$

Langkah 2 : Memasukkan nilai T_{awal} ke rumus (4) menghasilkan $n_{awal} = 1,32$

Langkah 3 : Memasukkan nilai n_{awal} ke rumus (3) menghasilkan $T = 18,55 \text{ hari}$

Langkah 4 : Memasukkan nilai T ke rumus (4) menghasilkan $n = 2,8$

Tahap 2

Hasil dari langkah 5 dan 6 dapat dilihat pada tabel contoh percobaan numerikal dibawah ini:

Tabel 1. Contoh Percobaan Numerikal

n	Q _A (unit)	T (hari)	t _i (hari)	D per tahun (unit)	D per hari (unit)	q _i (unit)	TIC (\$)
n = 2							
1	742,03	18,55	7,73	5000	16,667	309,18	23750,6
2			10,82	7000	23,333	432,85	
n = 3							
1	742,03	18,55	7,73	5000	16,667	309,18	21630,3
2			4,64	3000	10	185,51	
3			6,18	4000	13,333	247,34	
n = 4							
1	837,82	16,76	5,59	5000	16,667	279,27	22613,2
2			3,35	3000	10	167,56	
3			4,49	4000	13,333	223,42	
4			3,35	3000	10	167,56	
n = 5							
1	927,05	15,45	4,29	5000	16,667	257,51	23572,4
2			2,57	3000	10	154,51	
3			3,43	4000	13,333	206,01	
4			2,57	3000	10	154,51	
5			2,57	3000	10	154,51	
n = 6							
1	983,87	14,75	3,69	5000	16,667	245,97	24042,1
2			2,21	3000	10	147,58	
3			2,95	4000	13,333	196,78	
4			2,21	3000	10	147,58	
5			2,21	3000	10	147,58	
6			1,48	2000	6,667	98,39	

Berdasarkan percobaan numerik pada penelitian ini, terdapat lima kali percobaan menggunakan lima nilai n yang berbeda, yaitu nilai $n = 2$ sampai $n = 6$. Pada dua kali percobaan awal didapatkan nilai TIC $n = 2$ sebesar \$23750 dan nilai TIC $n = 3$ sebesar \$21630, dua kali percobaan tersebut menunjukkan adanya penurunan nilai TIC . Berbeda dengan tiga percobaan selanjutnya yang selalu menunjukkan adanya peningkatan nilai TIC , seperti pada TIC $n = 4$ sebesar \$22613, selanjutnya TIC $n = 5$ sebesar \$23572 dan yang terakhir TIC $n = 6$ sebesar \$24042, pada tiga percobaan selanjutnya ini menunjukkan semakin bertambahnya jumlah retailer mengakibatkan semakin meningkatnya nilai TIC . Sehingga berdasarkan hasil yang didapatkan dari percobaan numerikal ini menunjukkan jumlah retailer optimal yang seharusnya digunakan perusahaan adalah 3 retailer, dengan jumlah retailer optimal tersebut, perusahaan membutuhkan waktu selama 18 hari kerja untuk menjalankan satu siklus produksi dengan frekuensi 10 kali siklus. Jumlah produksi maksimal yang dapat dilakukan perusahaan adalah sampai dengan 742 unit produk. Untuk dapat memenuhi ketiga retailernya, perusahaan harus melakukan produksi dan pengiriman masing-masing 309 produk untuk retailer pertama; 185 produk untuk retailer kedua; 247

produk untuk retailer ketiga. Pemenuhan permintaan retailer tersebut didapatkan berdasarkan jumlah kebutuhan retailer yang berbeda antara retailer satu dan lainnya, kebutuhan tersebut dapat dilihat pada tabel percobaan numerikal di atas.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan model rantai pasokan dua eselon dengan satu produsen dan multi retailer yang bertujuan untuk meminimalisasi total biaya persediaan (TIC). Penentuan ukuran pengadaan atau produksi yang optimal menjadi hal penting dalam penentuan persediaan yang optimal. Pengembangan model dilakukan untuk mendapatkan jumlah produksi optimal dan jumlah pengiriman optimal ke masing-masing retailer untuk mendapatkan jumlah retailer optimal. Algoritma sederhana dan disertai dengan contoh numerikal digunakan untuk menentukan waktu siklus optimal, ukuran produksi optimal, jumlah pengiriman optimal dan tentunya jumlah retailer yang optimal. Penelitian ini memungkinkan produsen untuk menentukan jumlah retailer optimal yang akan bekerja sama dengan perusahaan, sehingga produsen mampu menghitung berapa jumlah produksi dan pengiriman optimal ke masing-masing retailernya pada awal proses produksi. pada penelitian ini juga dikembangkan model persediaan antara produsen dan banyak retailer dengan waktu satu siklus yang sama, sehingga memungkinkan tidak terjadinya keterlambatan pengiriman. Hasil yang didapatkan menunjukkan jumlah retailer optimal yaitu 3 retailer dengan produksi optimal sebanyak 742 unit, waktu satu siklus yang diperlukan produsen untuk melakukan produksi dan satu siklus persediaan oleh retailer adalah sama yaitu selama 18 hari, jumlah retailer optimal ditentukan dari nilai TIC paling rendah dari kelima percobaan yang telah dilakukan, yaitu didapatkan nilai TIC $n = 3$ sebesar \$21630. Pada percobaan numerikal yang telah dilakukan juga menunjukkan semakin bertambahnya jumlah retailer mengakibatkan peningkatan pada nilai TIC. Pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi dalam proses meminimalkan total biaya produksi yang menjadi tujuan awal penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Assauri, *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta, 2008.
- [2] E. L. De Castro, M. T. Tabucanon, And N. N. Nagarur, "A Production Order Quantity Model With Stochastic Demand For A Chocolate Milk Manufacturer," *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 49, No. 2, Pp. 145–156, 1997.
- [3] T. Baroto, *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. 2002.
- [4] S. K. Goyal, "An Integrated Inventory Model For A Single Supplier-Single Customer Problem," *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 15, No. 1, Pp. 107–111, 1977.
- [5] S. K. Goyal, "Economic Ordering Policy For Deteriorating Items Over An Infinite Time Horizon," *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 28, No. 3, Pp. 298–301, 1987.
- [6] A. Banerjee, "A Joint Economic Lot Size Model For Purchaser And Vendor," *Decis. Sci.*, Vol. 17, No. 3, Pp. 292–311, 1986.
- [7] S. Sharma, "A Composite Model In The Context Of A Production-Inventory System," *Optim. Lett.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 239–251, 2009.
- [8] B. K. Dey, B. Sarkar, And S. Pareek, "A Two-Echelon Supply Chain Management With Setup Time And Cost Reduction, Quality Improvement And Variable Production Rate," *Mathematics*, Vol. 7, No. 4, 2019.
- [9] J. T. Hsu And L. F. Hsu, "An Integrated Vendor-Buyer Cooperative Inventory Model For Items With Imperfect Quality And Shortage Backordering," *Adv. Decis.*

- Sci., Vol. 2012, 2012.
- [10] C. K. Huang, "An Optimal Policy For A Single-Vendor Single-Buyer Integrated Production-Inventory Problem With Process Unreliability Consideration," *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 91, No. 1, Pp. 91–98, 2004.
 - [11] G. A. Widyadana And H. M. Wee, "A Multi-Products EPQ Model With Discrete Delivery Order: A Lagrangian Solution Approach," *Glob. Perspect. Compet. Enterp. Econ. Ecol. - Proc. 16th ISPE Int. Conf. Concurr. Eng.*, Pp. 601–608, 2009.
 - [12] A. H. Nobil, A. H. A. Sedigh, And L. E. Cárdenas-Barrón, "A Multiproduct Single Machine Economic Production Quantity (EPQ) Inventory Model With Discrete Delivery Order, Joint Production Policy And Budget Constraints," *Ann. Oper. Res.*, Vol. 286, No. 1–2, Pp. 265–301, 2020.
 - [13] C. K. Chan And B. G. Kingsman, "Coordination In A Single-Vendor Multi-Buyer Supply Chain By Synchronizing Delivery And Production Cycles," *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, Vol. 43, No. 2, Pp. 90–111, 2007.
 - [14] A. Oktavia, D. Djuwandi, And S. Khabibah, "Model Economic Production Quantity (EPQ) Untuk Perencanaan Terkoordinasi Pada Produk Dengan Backorder Parsial Dan Komponennya," *J. Mat. Undip*, P. 27, 2017.
 - [15] A Eynan, "The Benefits Of Flexible Production Rates," *IIE Trans.*, Pp. 1057–1058.
 - [16] A. Varyani, A. Jalilvand-Nejad, And P. Fattahi, "Determining The Optimum Production Quantity In Three-Echelon Production System With Stochastic Demand," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 72, No. 1–4, Pp. 119–133, 2014.
 - [17] A. Banerjee, S. L. Kim, And J. Burton, "Supply Chain Coordination Through Effective Multi-Stage Inventory Linkages In A JIT Environment," *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 108, No. 1–2, Pp. 271–280, 2007.