



Model *Three-Level Dual-Channel Supply Chain* pada Sistem Sentralisasi dengan Memertimbangkan Waktu Tunggu Pengiriman

Shinta Nur Pratiwi Ramadhani^{1*}, Ririn Setiyowati¹, Titin Sri Martini¹

¹Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

*Corresponding author: shintanpr@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Era pasar global telah mengubah kebiasaan konsumen dalam membeli produk, sehingga konsumen dapat membeli produk melalui media *online*. Oleh karena itu, produsen mengembangkan media penjualannya melalui media *online* dan *offline*. Pada penelitian ini dikembangkan model *three-level dual-channel supply chain* dengan mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman pada penjualan melalui media *online* yang dilakukan oleh produsen serta mengembangkan media penjualan distributor sehingga distributor dapat menjual produk secara langsung ke konsumen. Konstruksi model bertujuan untuk mengoptimalkan keuntungan gabungan produsen, distributor, dan pengecer dengan sistem sentralisasi. Fungsi keuntungan gabungan merupakan fungsi nonlinear tanpa kendala dengan tiga variabel keputusan yaitu harga jual produsen pada media *online*, harga jual distributor langsung ke konsumen, dan harga jual pengecer ke konsumen. Selanjutnya, ditentukan solusi optimal model berdasarkan syarat perlu dan syarat cukup untuk fungsi multivariabel tanpa kendala. Hasil simulasi numerik dan analisis sensitivitas menunjukkan adanya pengaruh waktu tunggu pengiriman terhadap fungsi keuntungan gabungan yang optimal. Selain itu lamanya waktu tunggu pengiriman sangat berpengaruh pada besarnya keuntungan optimal produsen, distributor, dan pengecer.

ABSTRACT

The global market era changes the consumer behavior to shop the product, so the consumer can buy through online channel. Therefore, the producer develop the selling channel to sell their products through online channel and offline channel. In this research, we develop the three-level dual-channel supply chain by notice delivery lead time in the online channel used by the producer and develop selling channel from distributors so distributors can sell their product to consumer with direct selling. We construct the model with profit maximization motive of the system that consists producer, distributors, and retailer in the centralize system. The total profit function is nonlinear function without constrains with three decision variables. Furthermore, we determine the optimal solution of the model based on necessary and sufficient condition. Numerical simulations and sensitivity analysis show that the delivery lead time strongly influences the optimal total profit system. In addition, the delivery lead time strongly influences the optimal profit of manufacturer, distributors, and retailers.

INFO ARTIKEL

Diterima : 1 Februari 2020

Diterima setelah revisi : 7 Maret 2020

Tersedia *online* : 15 Maret 2020

Kata Kunci:

Sentralisasi,
Three-Level,
Waktu Tunggu

ARTICLE INFO

Received : 1 February 2020

Received in revised : 7 March 2020

Available online : 15 March 2020

Keywords:

Centralize,
Lead Time,
Three-Level

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era digital telah mengubah pola pembelian konsumen yang menyebabkan produsen mengembangkan struktur media penjualannya untuk menjangkau segmen pasar secara luas. Menurut Linton *et al.* [8] untuk mencapai segmen pasar yang lebih luas dapat dilakukan dengan strategi ketahanan perusahaan yang diperkuat melalui *supply chain*. Bilgen [2] menyebutkan bahwa *supply*

chain management (SCM) adalah sistem terintegrasi yang meliputi pembelian, pembuatan, penyimpanan, distribusi, dan pengelolaan produk. Disebutkan oleh Choi [4] bahwa penjualan produk menggunakan media *online* dapat memperluas segmen pasar, mengontrol harga produk, dan meningkatkan laba. Menurut Kumar *et al.* [7], *supply chain* dengan proses distribusi produk melalui media *offline* dan media *online* disebut dengan *dual-channel supply chain*. Model *dual-channel supply*

chain dapat memberikan banyak pilihan belanja dan harga yang lebih murah kepada konsumen sehingga konsumen cenderung memilih produsen yang menjual produk melalui media *online* dan *offline*. Oleh karena itu, Hanover [5] menyebutkan bahwa produsen perlu mengembangkan *dual-channel supply chain*.

Produsen yang menjual produk menggunakan media *online* pada *dual-channel supply chain* erat kaitannya dengan waktu pengiriman karena waktu pengiriman. Urban *et al.* [13] pada penelitiannya menyebutkan bahwa waktu tunggu pengiriman adalah durasi ketika pelanggan memesan produk ke waktu menerima produk, yang mencakup waktu pesanan, waktu pengumpulan dan waktu pengiriman dari gudang ke pelanggan. Waktu tunggu pengiriman menjadi ukuran penting untuk kualitas layanan dari media *online*. Waktu tunggu pengiriman menyebabkan beberapa dampak, jika waktu tunggu pengiriman pendek maka biaya logistik meningkat dan *markup margin* berkurang. Berdasarkan penelitian Hua *et al.* [6], jika pengiriman membutuhkan waktu lama maka loyalitas konsumen terhadap media *online* berkurang. Waktu tunggu pengiriman pada *dual-channel supply chain* memiliki efek pada keuntungan sistem atau keuntungan setiap bagian yang terlibat dalam *dual-channel supply chain*.

Struktur DCSC pada umumnya terdiri dari dua level yaitu produsen dan pengecer. Produsen menjual produk ke pengecer dan selanjutnya pengecer menjual produk ke konsumen. Namun, perkembangan bidang ekonomi industri yang semakin pesat menyebabkan perubahan struktur *supply chain* yang semula terdiri dari dua level menjadi tiga level. Modak *et al.* [9] mengembangkan *three-echelon dual-channel supply chain* yang terdiri dari produsen, distributor, dan pengecer dengan produsen menggunakan dua media penjualan *online* dan *offline*. Disamping model tersebut para ahli juga mengembangkan model *three-level dual-channel supply chain* dengan struktur yang berbeda-beda. Saha *et al.* [11] mengembangkan tiga struktur media penjualan yang berbeda pada *three-level dual-channel supply chain*, yaitu pengecer yang menggunakan *offline channel*, produsen yang menggunakan *offline channel* dan *online channel*, serta pengecer yang menggunakan *offline channel* dan *online channel*.

Dalam penelitian ini, akan dikonstruksikan model *three-level dual-channel supply chain* dengan mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman. Produsen menjual produk ke konsumen melalui media *online* dan ke distributor melalui media *offline*, dan kemudian distributor menjual produk ke konsumen dan pengecer dengan media *offline*, serta pengecer menjual produk ke konsumen melalui media *offline*. Pada penelitian ini mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman karena pada media *online* waktu tunggu pengiriman dapat mempengaruhi keuntungan optimal dari sistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimalkan keuntungan sistem yang terdiri dari produsen, distributor, dan pengecer. Pada penelitian ini ditentukan harga jual optimal dari produsen pada media *online*, harga jual distributor langsung ke konsumen, dan harga jual pengecer ke konsumen sehingga diperoleh total keuntungan sistem yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kesadaran bahwa internet memiliki peluang besar untuk menjangkau segmen konsumen yang lebih

luas telah menyebabkan banyak produsen mengembangkan media penjualannya melalui media *online*. Pada media *online*, waktu tunggu pengiriman adalah faktor penting dalam keputusan penentuan harga untuk menentukan harga dalam *supply chain management*. Pekgun *et al.* [10], dalam penelitiannya tentang keputusan penetapan harga dan waktu tunggu pengiriman yang dilakukan oleh departemen produksi dan pemasaran, mengasumsikan bahwa konsumennya homogen dan hasilnya menunjukkan bahwa jika waktu tunggu lama harga akan lebih rendah, dan menyebabkan permintaan total yang lebih besar.

Hua [6] menyebutkan bahwa perbedaan permintaan antara media *offline* dan *online* dengan mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman, harga jual dari penjualan secara langsung, dan pendapatan konsumen dari penjualan secara langsung memiliki pengaruh signifikan terhadap keputusan penetapan harga. Pada tahun 2012 dilakukan penelitian oleh Chen *et al.* [3] tentang strategi keputusan harga produsen pada *dual-channel supply chain*, jika ada perjanjian yang dibuat oleh produsen mengenai harga grosir dan harga jual dalam penjualan secara langsung, hal ini dapat mengkoordinasikan *dual-channel supply chain*. Dilakukan penelitian tentang keputusan penetapan harga dan hasilnya menunjukkan bahwa layanan penjualan ritel memiliki dampak besar pada strategi keputusan penetapan harga kepada produsen dan pengecer. Jika tidak, harga dari pengecer dan penjualan secara langsung sangat dipengaruhi oleh loyalitas konsumen dalam penjualan ritel dan peningkatan rasio permintaan pada kedua media yang memperhatikan layanan penjualan ritel. Menurut Zhang *et al.* [12] hal ini mempengaruhi keuntungan di media penjualan tersebut. Strategi untuk mengoptimalkan keuntungan telah diteliti oleh Batarfi *et al.* [1], ditunjukkan bahwa struktur *dual-channel* memiliki keuntungan yang lebih besar daripada struktur *single-channel*. Dalam struktur *dual-channel* produsen dapat memperoleh *markup margin* dan mendapatkan keuntungan tinggi. Selain itu, keuntungan pengecer menurun karena permintaan menurun. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat penerimaan pelanggan dari media *online*, waktu pengiriman, dan pengaruh perubahan harga pada jumlah permintaan produk memiliki dampak besar pada total keuntungan pada struktur *dual-channel*.

Saha *et al.* [11] melakukan studi tentang *dual-channel supply chain* di mana ada tiga struktur, yaitu *manufacturer's dual-channel*, *retailer's dual-channel*, dan *single-retail channel*. Dalam penelitian tersebut, dibuat analisis dan perbandingan ketiga struktur tersebut. Melalui perbandingan manfaat dari dua *dual-channel* dengan *single-retail channel*, teridentifikasi bahwa *dual-channel* tidak menguntungkan jika menggunakan *non-cooperative scenario*. Oleh karena itu, produsen, distributor dan pengecer bersama-sama membuat keputusan terpusat untuk menentukan harga eceran dan harga jual dalam penjualan secara langsung dengan tujuan untuk mengoptimalkan total keuntungan *supply chain*.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur mengenai *three-level dual-channel supply chain* kemudian dilakukan pengembangan model dengan menambahkan media penjualan distributor dan mempertimbangkan waktu

tunggu pengiriman lalu dilakukan analisis. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu

1. mempelajari penelitian yang sudah ada mengenai model *three-level dual-channel supply chain*,
2. menentukan asumsi model *three-level dual-channel supply chain* yang akan dikembangkan,
3. menentukan fungsi tujuan berupa fungsi keuntungan dengan mengonstruksi fungsi permintaan, pendapatan total, dan biaya total pada produsen, distributor dan pengecer,
4. membuktikan model memiliki penyelesaian optimal,
5. menentukan penyelesaian optimal untuk model *three-level dual-channel supply chain* yang mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman,
6. menentukan parameter yang sesuai kemudian dilakukan simulasi numerik,
7. mengubah parameter waktu tunggu pengiriman untuk menganalisis pengaruh waktu tunggu pengiriman terhadap keuntungan optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diuraikan model *three-level dual-channel supply chain* yang terdiri dari produsen, distributor dan pengecer. Diasumsikan bahwa produsen, distributor dan pengecer menjual produk standar. Produsen menjual kepada distributor melalui media *offline* dan kepada konsumen melalui media *online*. Distributor menjual produk ke pengecer dan konsumen melalui media *offline*, dan kemudian pengecer menjual produk ke konsumen melalui media *offline*.

4.1 Asumsi

Berikut asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Jumlah produk yang diproduksi oleh produsen sama dengan jumlah permintaan, sehingga tidak terjadi kekurangan produk dan tidak terdapat biaya penyimpanan.
2. Harga grosir produk pada produsen lebih besar dari biaya produksi produk dan lebih kecil dari harga grosir produk pada distributor sehingga $c_m < w_m < w_d$.
3. Produsen menjual produk ke konsumen melalui media *online* dengan harga p_m , distributor dan pengecer menjual produk ke konsumen melalui media *offline* berturut-turut dengan harga p_d dan p_r .
4. Perubahan permintaan tiap pelaku dipengaruhi adanya perubahan harga jual masing-masing pelaku yang digambarkan dengan parameter elastisitas harga produk β_i , $i = m, d, r$ dengan m menggambarkan produsen, d menggambarkan distributor dan r menggambarkan pengecer.
5. Permintaan konsumen tiap pelaku dipengaruhi oleh perubahan harga jual antara kedua media penjualan yang digambarkan dengan

parameter sensitivitas harga silang antara media *online* dan *offline* sebesar s_j , $j = d, r$.

6. Pengaruh harga silang antar pelaku pada media *offline* diabaikan.
7. Waktu tunggu antara distributor dengan produsen, distributor dengan pengecer, serta konsumen dengan distributor maupun pengecer adalah nol.
8. Penjualan produk dari produsen melalui media *online* mempertimbangkan faktor waktu tunggu pengiriman produk yang disimbolkan dengan l .
9. Prioritas konsumen dalam membeli produk melalui media *online* dipengaruhi oleh lamanya waktu tunggu pengiriman produk, perpindahan jumlah permintaan konsumen dari media *online* ke media *offline* sesuai dengan parameter sensitivitas waktu tunggu pengiriman sebesar γ_j , $j = d, r$.
10. Diasumsikan bahwa $\min \{\beta_m, \beta_d, \beta_r\} > \max \{s_d, s_r, \gamma_d, \gamma_r\}$.
11. Proses produksi yang dilakukan produsen tidak terdapat produk cacat sehingga tidak memerhatikan faktor pengembalian produk.

4.2 Fungsi Permintaan

Potensi permintaan pasar pada media *online* yang dilakukan oleh produsen adalah a_m dan dari media *offline* pada distributor adalah a_d , serta pada pengecer adalah a_r . Diasumsikan bahwa fungsi permintaan linier dengan elastisitas harga β_m pada produsen, β_d di distributor, dan r di pengecer. Fungsi permintaan dipengaruhi oleh sensitivitas harga silang antara media *online* dan *offline* dengan sensitivitas s_d pada distributor dan s_r di pengecer. Diasumsikan bahwa fungsi permintaan linear terhadap waktu pengiriman. Waktu tunggu pengiriman dapat mengubah kecenderungan konsumen dalam membeli produk di media *online* yang dilambangkan dengan l . Lamanya waktu tunggu pengiriman di media *online* berpengaruh pada unit permintaan dengan sensitivitas waktu tunggu pengiriman γ_d di distributor dan γ_r di pengecer. Fungsi permintaan di produsen dilambangkan dengan D_m , di distributor dilambangkan dengan D_d , dan di pengecer dilambangkan dengan D_r . Dengan demikian, fungsi permintaan dirumuskan sebagai berikut:

$$D_m = a_m - \beta_m p_m + s_d p_d + s_r p_r - (\gamma_d + \gamma_r) l \quad (1)$$

$$D_d = a_d - \beta_d p_d + s_d p_d + \gamma_d l \quad (2)$$

$$D_r = a_r - \beta_r p_r + s_r p_r + \gamma_r l \quad (3)$$

4.3 Fungsi Keuntungan Produsen

Penjualan produk dari produsen melalui media *online* dan *offline*, sehingga fungsi keuntungan dari produsen adalah jumlah dari keuntungan *online* dan *offline*. Jumlah biaya produsen diperoleh dari biaya produksi c_m dikalikan permintaan konsumen dari produsen pada media *online* dan permintaan konsumen dari distributor pada media *offline*. Berdasarkan persamaan (1), (2), dan (3) biaya produsen dilambangkan dengan TC_m , pendapatan produsen

dilambangkan dengan TR_m , dan fungsi keuntungan produsen dilambangkan dengan Π_m sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} TC_m &= c_m(D_m + D_d + D_r) \\ TR_m &= p_m D_m + w_m(D_d + D_r) \\ \Pi_m &= (p_m - c_m)D_m + (w_m - c_m)(D_d + D_r). \end{aligned} \quad (4)$$

4.4 Fungsi Keuntungan Distributor

Total biaya distributor diperoleh dari harga grosir pada produsen w_m dengan nilai $w_m = \mu p_m$. Biaya ini dikalikan dengan fungsi permintaan distributor yang diperoleh dari jumlah permintaan pada penjualan secara langsung ke konsumen dan ke pengecer. Berdasarkan persamaan (1), (2), dan (3), biaya distributor yang dilambangkan dengan TC_d , pendapatan distributor dilambangkan dengan TR_d , dan fungsi keuntungan dari distributor yang dilambangkan dengan Π_d dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} TC_d &= w_m(D_d + D_r) \\ TR_d &= w_d D_r + p_d D_d \\ \Pi_d &= (w_d - w_m) D_r + (p_d - w_m) D_d. \end{aligned} \quad (5)$$

4.5 Fungsi Keuntungan Pengecer

Total biaya pengecer diperoleh dari harga grosir pada distributor w_d dengan nilai $w_d = \delta p_d$. Biaya ini dikalikan dengan fungsi permintaan pengecer yang diperoleh dari jumlah permintaan pada penjualan secara langsung ke konsumen. Berdasarkan persamaan (1), (2), dan (3), biaya pengecer yang dilambangkan dengan TC_r , pendapatan pengecer dilambangkan dengan TR_r , dan fungsi keuntungan dari pengecer yang dilambangkan dengan Π_r dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} TC_r &= w_d D_r \\ TR_r &= p_r D_r \\ \Pi_r &= (p_r - w_d) D_r. \end{aligned} \quad (6)$$

4.6 Model *Three-Level Dual-Channel Supply Chain* dengan Memertimbangkan Waktu Tunggu Pengiriman

Model *three-level dual-channel supply chain* merupakan keuntungan gabungan dari keuntungan produsen, distributor dan pengecer berdasarkan persamaan (4), (5) dan (6). Jadi, dapat dirumuskan model matematika dari *three-level dual-channel supply chain* dengan memertimbangkan waktu tunggu pengiriman yaitu sebagai berikut

$$maks, \Pi_c(p_m, p_d, p_r) = (p_m - c_m)D_m + (w_m - c_m)(D_d + D_r) + (w_d - w_m) D_r + (p_d - w_m) D_d + (p_r - w_d) D_r.$$

4.7 Solusi Optimal

Sebelum menentukan solusi optimal, terlebih dahulu dibuktikan bahwa fungsi keuntungan gabungan dari model *three-level dual-channel supply chain* adalah fungsi konkaf tegas. Oleh karena itu, ditentukan matriks Hessian dari fungsi Π_c adalah

$$H(\Pi_c) = \begin{pmatrix} -2\beta_m & 2s_d & 2s_r \\ 2s_d & -2\beta_d & 0 \\ 2s_r & 0 & -2\beta_r \end{pmatrix}$$

berdasarkan matriks Hessian, dapat ditentukan *principal minor determinan* sebagai berikut

$$|H_{11}| = -2\beta_m, \quad (8)$$

$$|H_{22}| = 4\beta_d\beta_m - 4s_d^2, \quad (9)$$

$$|H_{33}| = 8(s_r^2\beta_d + (s_d^2 - \beta_d\beta_m)\beta_r) \quad (10)$$

berdasarkan asumsi ke-9 dapat diperoleh nilai persamaan (8), (9), dan (10) yaitu $|H_{11}| < 0, |H_{22}| > 0, |H_{33}| < 0$ sehingga dapat disimpulkan bahwa $\Pi_c(p_m, p_d, p_r)$ adalah fungsi konkaf tegas.

Keuntungan sistem dari *three-level dual-channel supply chain* adalah fungsi konkaf tegas. Jadi, hanya ada satu solusi optimal (p_m, p_d, p_r) yang menghasilkan nilai maksimal $\Pi_c(p_m, p_d, p_r)$. Model matematika pada persamaan (7) adalah masalah optimisasi tanpa kendala. Solusi untuk model adalah menyelesaikan turunan parsial dari keuntungan gabungan terhadap (p_m, p_d, p_r) yang kemudian dibuat sama dengan 0, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} a_m + 2p_d s_d + 2p_r s_r - c_m(s_d + s_r - \beta_m) - 2p_m \beta_m - l(\gamma_d + \gamma_r) &= 0 \\ a_d + 2p_m s_d + c_m(-s_d + \beta_d) - 2p_d \beta_d + l \gamma_d &= 0 \\ a_r + 2p_m s_r - c_m(s_r - \beta_r) - 2p_r \beta_r + l \gamma_r &= 0 \end{aligned}$$

Berdasarkan turunan parsial dari keuntungan gabungan terhadap (p_m, p_d, p_r) dapat ditentukan solusi optimal untuk memperoleh keuntungan gabungan yang maksimal menggunakan metode Cramer. Diperoleh solusi optimal (p_m, p_d, p_r) adalah

$$\begin{aligned} p_m^* &= \frac{-a_r s_r \beta_d + x_1 - \beta_r x_2 + l \beta_d (-s_r + \beta_r) \gamma_r}{2(s_d^2 \beta_d + (s_d^2 - \beta_d \beta_m) \beta_r)} \\ p_d^* &= \frac{-a_r s_d s_r - a_m s_d \beta_r + x_1 + a_d (s_d^2 - \beta_m \beta_r) + x_3}{2(s_d^2 \beta_d + (s_d^2 - \beta_d \beta_m) \beta_r)} \\ p_r^* &= \frac{-a_d s_d s_r - a_m s_r \beta_d + x_1 + a_r (s_d^2 - \beta_m \beta_d) - x_4}{2(s_d^2 \beta_d + (s_d^2 - \beta_d \beta_m) \beta_r)} \end{aligned}$$

dengan nilai $x_1 - x_4$ sebagai berikut

$$\begin{aligned} x_1 &= c_m(s_d^2 \beta_d + s_d^2 \beta_r - \beta_r \beta_d \beta_m) \\ x_2 &= a_d s_d + a_m \beta_d + l(s_d - \beta_d) \gamma_d \\ x_3 &= l s_d^2 \gamma_d + l s_d \beta_r \gamma_d - l \gamma_d \beta_m \beta_r - l s_d s_r \gamma_r + l s_d \beta_r \gamma_r \\ x_4 &= l s_d s_r \gamma_d + l s_r \beta_d \gamma_d + l(s_d^2 + s_r \beta_d - \beta_m \beta_d) \gamma_r. \end{aligned}$$

4.8 Simulasi Numerik

Solusi yang diperoleh dilakukan pendekatan dengan melakukan simulasi numerik model *three-level dual-channel supply chain* pada sistem sentralisasi. Nilai parameter yang digunakan diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Parameter

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
	1000	β_m	0.1
a_m	unit/tahun	β_d	unit ² /\$/ tahun
	1500	β_d	0.3
a_d	unit/tahun	β_r	unit ² /\$/ tahun
	2000	β_r	0.4
a_r	unit/tahun	β_r	unit ² /\$/ tahun
	0.01	s_d	0.05
γ_d	unit/hari	s_r	0.05
	0.01	s_r	0.05
γ_r	unit/hari	l	6
		l	hari
c_m	\$/unit		

μ 0.4 δ 0.9

Berdasarkan simulasi numerik, diperoleh solusi optimal untuk model *three-level dual-channel supply chain* pada sistem sentralisasi dengan mempertimbangkan waktu tunggu pengiriman yang dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Solusi Optimal dari Model *Three-Level Dual-Channel Supply Chain*

p_m^*	p_d^*	p_r^*	Π_m^*	Π_d^*	Π_r^*	Π_c^*
(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
8792.39	397.591	3610.06	10468100	403901	31599.9	10903600

Setelah diperoleh simulasi numerik kemudian dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui factor yang dipertimbangkan dalam model terhadap solusi optimalnya.

4.9 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas faktor waktu tunggu pengiriman (l) dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keuntungan optimal. Hasil analisis sensitivitas terlihat dalam Gambar 1.

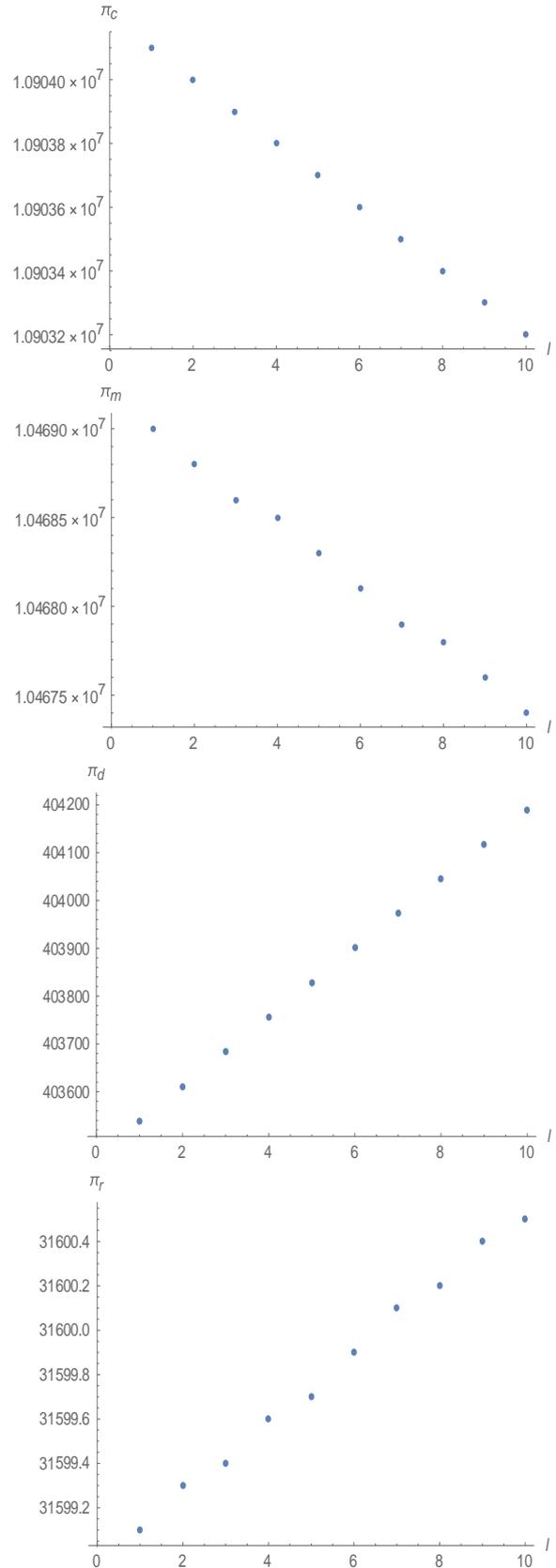
Hasil analisis sensitivitas parameter waktu tunggu pengiriman menunjukkan bahwa semakin lama waktu tunggu pengiriman barang dari produsen pada media *online* menyebabkan keuntungan produsen semakin kecil. Sebaliknya, keuntungan distributor dan pengecer semakin besar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menjelaskan tentang model *three-level dual-channel supply chain* dengan produsen, distributor, dan pengecer menentukan solusi optimal melalui system sentralisasi untuk mendapatkan keuntungan gabungan yang maksimal, pada model ini dipertimbangkan factor waktu tunggu pengiriman barang yang dijual melalui media *online*. Berdasarkan simulasi numerik diperoleh keuntungan gabungan yang optimal sebesar \$10903600, dengan harga jual dari produsen pada media *online* sebesar \$8792.39, harga jual dari distributor langsung ke konsumen sebesar \$3975.91 dan harga jual pengecer ke konsumen sebesar \$3610.06. Berdasarkan analisi sensitivitas, jika parameter waktu tunggu pengiriman dilakukan perubahan dan parameter yang lainnya tetap maka diperoleh bahwa semakin lama waktu tunggu pengiriman barang dari produsen pada media *online* menyebabkan keuntungan produsen semakin kecil. Sebaliknya, keuntungan distributor dan pengecer semakin besar, sehingga keuntungan gabungan semakin kecil ketika waktu tunggu pengiriman semakin lama.

Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menambahkan faktor pemberian harga diskon dengan n -pelaku, serta dapat mempertimbangkan proses

remanufacturing, refurbishing, dan inspeksi sehingga model dapat lebih mendekati kenyataan.



Gambar 1. Analisis sensitivitas (l) terhadap keuntungan optimal total, produsen, distributor, dan pengecer.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret, Surakarta atas dukungannya terhadap penelitian civitas akademika Universitas Sebelas Maret.

REFERENSI

- [1] Batarfi, R., Mohamad, H. J., Zanoni, S. 2016. Dual-Channel Supply Chain: a Strategy to Maximize Profit. *Applied Mathematical Modelling*, 40, hal.9454-9473.
- [2] Bilgen, B. 2010. Application of Fuzzy Mathematical Programming Approach to The Production Allocation and Distribution Supply Chain Network Problem, *Expert Systems with Applications*, 37(6), hal. 4488-4495.
- [3] Chen, J., Zhang, H., Sun, Y., 2012. Implementing Coordination Contracts in a Manufacturer Stackelberg Dual-Channel Supply Chain. *Omega*, 40(5), hal.571-583.
- [4] Choi, S., 2003. Expanding To Direct Channel: Market Coverage as Entry Barrier. *Journal of Interactive Marketing*, 17 (1), hal. 25-40.
- [5] Hanover, D., 1999. Its Not a Threat Just a Promise. *Chain Storage Age*, 75 (9), hal. 176.
- [6] Hua, G. S. W. T., 2010. Price and Lead Time Decisions in Dual-Channel Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, 205, hal. 113-126.
- [7] Kumar, N. dan R. Kumar., 2013. Closed-Loop Supply Chain Management and Reverse Logistics-a Literature Review. *Journal of Engineering Research and Technology*, 6, hal. 455-468.
- [8] Linton, J.D., Klassen, R., Jayaraman, V., 2007. Sustainable Supply Chains: an Introduction. *J. Oper. Manag*, 25, hal.1075-1082.
- [9] Modak, N. M., Panda, S., Sana, S. S., 2015. Channel Coordination, Pricing and Replenishment Policies in Three-Echelon Dual-Channel Supply Chain. *Control Cybernetics*, 44(4), hal.481-518.
- [10] Pekgun P, Griffin PM, Keskinocak P., 2008. Coordination of Marketing and Production for Price and Lead Time Decisions. *IIE Trans*, 40 (1), hal. 12-30.
- [11] Saha, S., Sarmah, S.P., & Modak, N.M., 2018. Single Versus Dual-Channel: a Strategic Analysis in Perspective of Pengecer's Profitability Under Three-Level Dual-Channel Supply Chain. *Asia Pacific Management Review*, 23, hal. 148-160.
- [12] Zhang, Z. Z., Zong, J. W., & Li, W. L., 2015. Retail Services and Pricing Decisions in a Closed-Loop Supply Chain with Remanufacturing. *Sustainability*, 7, hal. 2373-2396.
- [13] Urban, G., Sultan, F., Qualls, W., 2000. Placing Trust at The Center of Your Internet Strategy. *Sloan Management Review*, 42, hal.39-48.