

MODEL PERSEDIAAN TERINTEGRASI PRODUSEN DAN DISTRIBUTOR DENGAN KEBIJAKAN MANAJEMEN BIAYA EMISI KARBON DAN PROSES INSPEKSI

Danan Danu Admaji, Ririn Setiyowati, dan Titin Sri Martini
Program Studi Matematika FMIPA UNS

ABSTRAK. Masalah pengendalian persediaan dapat digambarkan dengan model persediaan terintegrasi. Dalam artikel ini dikembangkan model persediaan terintegrasi produsen dan distributor dengan kebijakan manajemen biaya emisi karbon dan proses inspeksi. Model tersebut dibentuk dari penjumlahan biaya-biaya yang dibebankan pada pihak produsen maupun distributor. Selanjutnya, dicari penyelesaian optimal dari model yang meminimumkan total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor. Berdasarkan penerapan diperoleh total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor optimal yaitu \$ 194 967. Nilai tersebut dicapai ketika dilakukan pengiriman sebanyak 2 kali untuk setiap pemesanan dengan pengiriman pertama sebesar 142.619, tingkat kenaikan 1.869, dan biaya *setup* sebesar \$916.5.

Kata kunci: *model persediaan, manajemen biaya emisi karbon, proses inspeksi.*

1. PENDAHULUAN

Pengendalian persediaan adalah penyimpanan komoditas yang digunakan untuk memenuhi permintaan dari waktu ke waktu dengan tujuan meminimumkan total biaya persediaan. Harris [2] memperkenalkan model *economic order quantity* (EOQ) untuk mengatasi masalah pengendalian persediaan secara terpisah. Pada kenyataannya dimungkinkan adanya kerjasama dan koordinasi dua pihak atau lebih dalam masalah pengendalian persediaan.

Selanjutnya, model persediaan terintegrasi produsen-distributor memungkinkan kedua belah pihak bekerjasama dalam masalah pengendalian persediaan dikembangkan oleh Goyal [1]. Adanya kerjasama mengakibatkan kedua belah pihak untuk saling bertukar informasi mengenai pengendalian persediaan. Sarkar *et al.* [5] mengembangkan model persediaan terintegrasi produsen dan distributor dengan manajemen biaya emisi karbon. Hal itu dikarenakan dalam pengendalian persediaan dihasilkan emisi karbon dari proses produksi dan pengiriman. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah emisi karbon menurut Patricia [4] adalah dengan kebijakan manajemen biaya emisi karbon.

Pada penelitian Sarkar *et al.* [5] juga menerapkan kebijakan proses inspeksi, tetapi dalam melakukan proses inspeksi tidak memperhatikan kesalahan inspeksi. Selanjutnya, Widi *et al.* [6] menyatakan dalam proses inspeksi dimungkinkan terjadi *human error* yang menyebabkan kesalahan inspeksi tipe I (kesalahan dalam mengklasifikasikan barang tidak cacat menjadi cacat) dan kesalahan inspeksi tipe II (kesalahan dalam mengklasifikasikan barang cacat menjadi tidak cacat). Oleh

karena itu, peneliti melakukan penelitian tentang model persediaan terintegrasi produsen dan distributor dengan kebijakan manajemen biaya emisi karbon dan proses inspeksi. Dari model tersebut dicari biaya persiapan produksi (*setup*), frekuensi pengiriman, ukuran pengiriman *lot* pertama, dan tingkat kenaikan ukuran pengiriman *lot* optimal yang meminimumkan total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor.

2. KONSTRUKSI MODEL

2.1. Model Persediaan Distributor. Konsumen mempunyai kebutuhan terhadap suatu barang dengan asumsi tetap yaitu sebesar D selama setahun. Untuk itu konsumen melakukan pemesanan kepada distributor. Selanjutnya, distributor melakukan pemesanan kepada produsen dengan frekuensi pemesanan f_o kali selama setahun. Diasumsikan setiap pemesanan barang dikirimkan sebanyak n kali dengan pengiriman pertama sebanyak q dan pengiriman selanjutnya mengalami kenaikan sebesar λ . Dengan demikian diperoleh f_o adalah

$$f_o = \frac{2D}{2q + \lambda q n(n-1)}.$$

Setiap pemesanan, distributor dikenakan biaya sebesar C_o . Jadi total biaya pemesanan setahun (B_o) adalah $B_o = C_o f_o$. Selain biaya pemesanan, diasumsikan distributor juga mengeluarkan biaya emisi karbon sebesar C_{ep} untuk setiap unit yang dipesan. Jika dalam setahun distributor mempunyai permintaan D unit, maka total biaya emisi karbon akibat proses produksi selama setahun (B_{ep}) adalah $B_{ep} = C_{ep} D$. Setelah dilakukan proses produksi, produsen melakukan pengiriman n kali untuk setiap pemesanan oleh distributor. Jika setiap pengiriman distributor mengeluarkan biaya sebesar C_d , maka total biaya pengiriman setahun (B_d) adalah $B_d = n C_d f_o$. Selain biaya pengiriman, diasumsikan distributor mengeluarkan biaya emisi karbon sebesar C_{eb} per pengiriman sehingga diperoleh total biaya emisi karbon akibat proses pengiriman selama setahun (B_{ed}) adalah $B_{ed} = n C_{eb} f_o$.

Selanjutnya, setelah barang tiba distributor melakukan proses inspeksi dengan biaya sebesar C_i per unit. Jika dalam setahun distributor melakukan pemesanan sebanyak D unit, maka total biaya inspeksi setahun (B_i) adalah $B_i = C_i D$. Pada proses inspeksi terjadi kesalahan inspeksi tipe I dan II dengan probabilitas masing-masing sebesar e_1 serta e_2 . Selain itu, produsen juga menghasilkan barang cacat dengan probabilitas γ . Oleh karena itu, diperoleh banyak barang

tidak cacat selama satu pemesanan I_n . Jika barang tersebut disimpan dengan biaya sebesar C_{hn} per unit per tahun, maka total biaya penyimpanan barang tidak cacat selama setahun (B_{hn}) adalah $B_{hn} = C_{hn} \left[\left(\frac{q(1-((1-\gamma)e_1+\gamma(1-e_2))(1-\gamma)(1-e_1))}{2+\lambda n(n-1)} \right) \left(1 + \frac{6+\lambda^2 n(n-1)(2n-1)}{6} \right) \right]$.

Adanya kesalahan inspeksi tipe II mengakibatkan terdapat barang cacat yang diterima konsumen sebanyak $\gamma e_2 D$ selama setahun. Diasumsikan distributor dikenakan biaya *post sale failure* sebesar C_{pb} untuk setiap barang cacat tersebut, sehingga total biaya *post sale failure* setahun (B_{pf}) adalah $B_{pf} = C_{pb} \gamma e_2 D$.

Selain itu, distributor juga melakukan penyimpanan barang cacat sebanyak I_d setiap pemesanan. Pada proses penyimpanan tersebut distributor dikenakan biaya sebesar B_{hd} , sehingga diperoleh total biaya penyimpanan barang cacat setahun adalah $B_{hd} = C_{hd} \left[\left(\frac{2Dq((1-\gamma)e_1+\gamma(1-e_2))}{(2+\lambda n(n-1))x} + \frac{q\gamma e_2(1-\gamma)(1-e_1)}{(2+\lambda n(n-1))} \right) \left(1 + \frac{\lambda^2 n(n-1)(2n-1)}{6} \right) \right]$.

Total biaya persediaan distributor selama setahun (T_B) diperoleh dengan menjumlahkan total biaya pemesanan, emisi karbon akibat proses produksi, pengiriman, emisi karbon akibat proses pengiriman, penyimpanan barang tidak cacat, *post sale failure*, dan penyimpanan barang cacat. Dengan demikian total biaya persediaan distributor selama setahun adalah

$$T_B = (C_o + nC_d + nC_{eb}) \left(\frac{2D}{2q + \lambda qn(n-1)} \right) + (C_i + C_{ep} + C_{pb}\gamma e_2)D + \frac{q}{(2 + \lambda n(n-1))} \left(1 + \frac{\lambda^2 n(n-1)(2n-1)}{6} \right) Z, \quad (2.1)$$

dengan $Z = C_{hd} \left(\frac{2D((1-\gamma)e_1+\gamma(1-e_2))}{x} + \gamma e_2(1-\gamma)(1-e_1) \right) + C_{hn}(1 - ((1-\gamma)e_1 + \gamma(1-e_2)))(1-\gamma)(1-e_1)$.

2.2. Model Persediaan Produsen. Setiap pemesanan yang dilakukan distributor, produsen memenuhinya dalam satu siklus produksi. Jika produsen mengeluarkan biaya sebesar C_s per siklus produksi, maka total biaya *setup* setahun (V_s) adalah $V_s = C_s f_o$ dengan frekuensi siklus produksi sama dengan f_o .

Menurut Sarkar *et al.* [5], biaya *setup* dapat direduksi dengan nilai investasi. Besarnya investasi untuk mereduksi biaya *setup* adalah $R(\ln A_0 - \ln C_s)$, $0 < C_s \leq A_0$. Adanya investasi mengakibatkan setiap tahunnya produsen dikenakan potongan sebesar α , sehingga diperoleh biaya akibat adanya investasi adalah $I_v = \alpha R(\ln A_0 - \ln C_s)$, $0 < C_s \leq A_0$. Selanjutnya, pada proses pengiriman produsen mengeluarkan biaya sebesar C_{ev} per pengiriman akibat emisi karbon yang ditimbulkan selama pengiriman. Jadi total biaya emisi karbon setahun (V_{ed}) adalah $V_{ed} = n C_{ev} f_o$.

Adanya kesalahan inspeksi tipe I, produsen mengeluarkan biaya sebesar C_{k1} . Jika banyaknya barang akibat kesalahan inspeksi tipe I selama setahun

adalah $(1 - \gamma)e_1D$, maka total biaya akibat kesalahan inspeksi tipe I setahun (V_{k1}) adalah $V_{k1} = C_{k1} (1 - \gamma) e_1 D$. Selain itu, produsen juga mengeluarkan biaya *warranty* sebesar C_w untuk setiap barang yang benar-benar cacat yang diperoleh distributor pada proses inspeksi. Jika dalam setahun banyak barang yang benar-benar cacat yang diperoleh distributor pada proses inspeksi adalah $\gamma(1 - e_2)D$, maka total biaya *warranty* setahun adalah $V_w = C_w \gamma (1 - e_2) D$.

Distributor juga melakukan kesalahan inspeksi tipe II. Adanya kesalahan tersebut, terdapat barang cacat yang diterima konsumen. Hal tersebut mengakibatkan produsen mengeluarkan biaya *post sale failure* sebesar C_{pv} per unit. Total biaya *post sale failure* setahun (V_{pf}) adalah $V_{pf} = C_{pv} \gamma e_2 D$. Setiap barang yang benar-benar cacat, produsen melakukan proses *rework* dengan biaya sebesar C_r per unit. Total biaya *rework* barang cacat setahun (V_r) adalah $V_r = C_r \gamma D$. Selain itu, pada proses *rework* produsen juga dikenakan biaya emisi karbon sebesar C_{er} . Oleh karena itu, diperoleh total biaya emisi karbon pada proses *rework* setahun (V_{er}) adalah $V_{er} = C_{er} \gamma D$

Produsen mempunyai persediaan awal sebanyak $\frac{Dq}{P}$. Selanjutnya, dikarenakan adanya proses produksi persediaan produsen menjadi S_v selama setahun. Jika persediaan tersebut disimpan dengan biaya sebesar C_{hv} per unit per tahun, maka total biaya penyimpanan setahun (V_h) adalah $V_h = C_{hv} \left[\frac{Dq}{P} + \frac{(P-D)(2q+\lambda qn(n-1))}{4P} - \frac{q(1-\gamma)^2(2+\lambda n(n-1))}{4} - \frac{q\gamma D(2+\lambda n(n-1))}{2x} \right]$.

Total biaya persediaan produsen selama setahun (T_V) diperoleh dari penjumlahan total biaya *setup*, akibat adanya investasi, emisi karbon akibat pengiriman serta *rework*, kesalahan inspeksi tipe I, *warranty*, *post sale failure*, *rework*, dan penyimpanan. Dengan demikian diperoleh total biaya persediaan produsen setahun

$$T_V = (C_s + nC_{ev}) \frac{2D}{2q + \lambda qn(n-1)} + WD + \alpha R(\ln A_0 - \ln C_s) + C_{hv} q \left(\frac{Dq}{P} + V(2 + \lambda n(n-1)) \right), \quad (2.2)$$

dengan $V = \frac{P-D}{4P} - \frac{(1-\gamma)^2}{4} - \frac{\gamma D}{2x}$ dan $W = (C_{er}\gamma + C_{k1}(1-\gamma)e_1 + C_r\gamma + C_{pv}\gamma e_2 + C_w\gamma(1-e_2))$.

2.3. Model Persediaan Terintegrasi Produsen dan Distributor. Kerjasama yang baik antara produsen dan distributor dapat menentukan faktor-faktor yang meminimalkan total biaya persediaan baik produsen maupun distributor. Oleh karena itu, model (2.1) dan (2.2) dapat diintegrasikan menjadi model persediaan terintegrasi produsen dan distributor (*JTC*).

Total biaya persediaan produsen yang diberikan pada persamaan (2.1) dan (2.2) merupakan fungsi yang memuat variabel q , n , dan λ . Selain itu, menurut Sarkar *et al.* [5], C_s merupakan variabel sehingga dapat dicari nilai yang optimal untuk mencari penyelesaian optimal model. Oleh karena itu, dicari penyelesaian optimal C_s , q , n , dan λ yang meminimumkan total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor. Jadi diperoleh model persediaan terintegrasi produsen dan distributor yang merupakan fungsi dari 4 variabel bebas yaitu C_s , q , n , dan λ yang dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} JTC(C_s, q, n, \lambda) = & (C_o + C_s + nX) \left(\frac{2D}{2q + \lambda q n(n-1)} \right) + YD \\ & + \frac{q}{(2 + \lambda n(n-1))} \left(1 + \frac{\lambda^2 n(n-1)(2n-1)}{6} \right) Z + C_{hw}q \\ & \left(\frac{Dq}{P} + V(2 + \lambda n(n-1)) \right) + \alpha R(\ln A_0 - \ln C_s), \end{aligned} \quad (2.3)$$

dengan $X = C_d + C_{eb} + C_{ev}$, $Y = (C_i + C_{ep} + C_{pb}\gamma e_2 + C_{er}\gamma + C_{k1}(1 - \gamma)e_1 + C_r\gamma + C_{pv}\gamma e_2 + C_w\gamma(1 - e_2))$, Z , dan V mengacu pada sub bab sebelumnya.

3. PENYELESAIAN OPTIMAL

Pada masalah pengendalian persediaan tujuan dari pembentukan model yaitu untuk mencari penyelesaian optimal yang meminimumkan total biaya persediaan. Oleh karena model (2.3) merupakan fungsi dari 4 variabel bebas, maka penyelesaian optimalnya dapat diperoleh dengan syarat $\frac{\partial JTC}{\partial C_s} = 0$, $\frac{\partial JTC}{\partial q} = 0$, $\frac{\partial JTC}{\partial n} = 0$, dan $\frac{\partial JTC}{\partial \lambda} = 0$. Selanjutnya, dengan 4 syarat tersebut dapat diperoleh sistem persamaan non linear dengan 4 variabel. Namun, penyelesaian sistem persamaan tersebut solusi eksak sulit ditentukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini diasumsikan nilai n ditetapkan. Selanjutnya, dicari nilai n yang optimal menggunakan pendekatan simulasi. Sedangkan untuk nilai C_s , q , dan λ dicari menggunakan pendekatan numerik. Adapun cara yang digunakan untuk mencari nilai C_s , q , dan λ yang optimal setelah nilai n ditetapkan adalah dengan menyelesaikan sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned} \frac{\partial JTC}{\partial C_s} &= 0 \\ \frac{\partial JTC}{\partial q} &= 0 \\ \frac{\partial JTC}{\partial \lambda} &= 0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

dengan $\frac{\partial JTC}{\partial C_s}$, $\frac{\partial JTC}{\partial q}$, dan $\frac{\partial JTC}{\partial \lambda}$ diperoleh dari turunan parsial pertama model (2.3) terhadap C_s , q , dan λ .

Selanjutnya, dibuktikan bahwa model (2.3) merupakan fungsi konveks (memiliki titik minimum global). Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai *principal minor determinant* dari matriks Hessian adalah definit positif (nilai *principal minor determinant* > 0). Oleh karena nilai n tetap, sehingga diperoleh matriks Hessian dari model (2.3) adalah

$$\nabla^2 JTC(*) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial C_s^2} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial C_s \partial q} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial C_s \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial q \partial C_s} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial q^2} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial q \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial \lambda \partial C_s} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial \lambda \partial q} & \frac{\partial^2 JTC(*)}{\partial \lambda^2} \end{bmatrix}, \quad (3.2)$$

dengan $JTC(*)$ merupakan fungsi JTC yang bergantung pada variabel C_s , q , dan λ . Berdasarkan matriks Hessian (3.2) dapat diperoleh $|H_{11}| > 0$, $|H_{22}| > 0$, dan $|H_{33}| > 0$ sehingga dapat disimpulkan bahwa model (2.3) memiliki titik minimum global untuk nilai n tetap. Sebagai contoh, ketika diambil $n = 1$ diperoleh nilai C_s , q , dan λ adalah

$$C_s = \frac{0.5\alpha R \sqrt{-4(2C_o DP + 2DPX)(-2C_{hv}D - 4C_{hv}PV - PZ) + 4P^2 R^2 \alpha^2}}{D(2C_{hv}D + 4C_{hv}PV + PZ) + PR^2 \alpha^2},$$

$$q = \frac{0.5 \sqrt{-4(2C_o DP + 2DPX)(-2C_{hv}D - 4C_{hv}PV - PZ) + 4P^2 R^2 \alpha^2}}{(2C_{hv}D + 4C_{hv}PV + PZ) + 0.5PR\alpha},$$

dan $\lambda = 0$.

4. PENERAPAN

Pada sub bab ini diberikan penerapan model persediaan terintegrasi produsen dan distributor untuk mengatasi masalah pengendalian persediaan. Adapun nilai parameternya diambil dari penelitian Sarkar *et al.* [5] dan Widi *et al.* [6]. Berikut diberikan ilustrasi kejadian pengendalian persediaan.

Konsumen memiliki kebutuhan terhadap suatu barang 1000 unit/tahun. Oleh karena itu, konsumen melakukan permintaan kepada distributor. Selanjutnya, distributor melakukan pemesanan kepada produsen dengan biaya sebesar 300\$/pemesanan. Produsen memproduksi barang sebanyak 4000 unit/tahun untuk memenuhi permintaan distributor dengan biaya *setup* awal 1000 \$/siklus produksi. Besarnya biaya *setup* tersebut bisa berkurang dengan adanya investasi. Akibat adanya investasi distributor dikenakan potongan 0.14 /tahun dan $R = 16000$. Namun, pada proses produksi dimungkinkan dihasilkan barang cacat dengan probabilitas 0.55. Setelah itu produsen melakukan pengiriman dengan

biaya sebesar 100\$/pengiriman. Akibat adanya proses pengiriman produsen dan distributor dikenakan biaya emisi karbon sebesar 5 \$/pengiriman. Distributor melakukan proses inspeksi dengan biaya sebesar 0.55 \$/unit dan kemampuan inspeksi 3500 unit/tahun. Pada proses inspeksi, distributor melakukan kesalahan inspeksi tipe I dan II dengan probabilitas sebesar 0.04. Barang cacat dan tidak cacat yang diperoleh dalam proses inspeksi masing-masing disimpan dengan biaya sebesar 30 dan 35 \$/unit/tahun. Kesalahan inspeksi tipe I mengakibatkan produsen mengeluarkan biaya sebesar 100 \$/unit. Kesalahan inspeksi tipe II mengakibatkan produsen serta distributor mengeluarkan biaya masing-masing sebesar 300 \$/unit dan 200 \$/unit. Selain itu untuk barang cacat yang diklasifikasikan cacat, produsen mengeluarkan biaya *warranty* sebesar 300 \$/unit. Setiap barang yang benar-benar cacat, produsen melakukan proses *rework* dengan biaya sebesar 15 \$/unit. Pada proses *rework*, produsen dikenakan biaya emisi karbon sebesar 5 \$/unit. Setelah semua proses selesai produsen menyimpan sisa produksi dengan biaya sebesar 20 \$/unit/tahun. Berdasarkan ilustrasi tersebut, bagaimana cara melakukan pengendalian persediaan.

Selanjutnya, dengan mensubstitusikan nilai parameter ilustrasi masalah pengendalian persediaan pada model (2.3) dapat dituliskan

$$\begin{aligned}
 JTC(C_s, q, n, \lambda) = & 187750 + 2000(300 + C_s + 110n) + \frac{16.5096q}{2 + n(n-1)\lambda} \\
 & \left(1 + \frac{n(n-1)(2n-1)\lambda^2}{6}\right) + 20q\left(\frac{1}{4} + 0.0583036\right. \\
 & \left. (2 + n(n-1)\lambda)\right) + 2240(\ln 1000 - \ln C_s). \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

Model (4.1) merupakan penerapan model persediaan terintegrasi produsen dan distributor (2.3) pada masalah pengendalian persediaan. Dari model (4.1) dicari C_s , q , n , dan λ yang meminimumkan model tersebut. Untuk nilai n dilakukan simulasi, tetapi untuk nilai C_s , q , dan λ optimal dicari menggunakan solusi pendekatan dari penyelesaian sistem persamaan (3.1). Dengan melakukan simulasi nilai n diperoleh nilai C_s , q , λ , dan JTC yang ditunjukkan pada Tabel 1

n	C_s	q	λ	JTC
1	558.309	249.245	0	196 826
2	916.5	142.619	1.869	194 967

Tabel 1 merupakan penyelesaian optimal yang meminimumkan model (4.1) untuk nilai $n = 1, 2$. Pada tabel tersebut nilai n diberikan hanya sampai 2. Hal tersebut dikarenakan untuk $n > 2$ nilai C_s optimal tidak memenuhi $0 < C_s < 1000$. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 1 diperoleh penyelesaian optimal model

yaitu $n = 2$, $C_s = 916.5$, $q = 142.619$, $\lambda = 1.869$, dan $JTC = 194\ 967$. Hal tersebut bermakna, untuk mencapai total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor yang minimum produsen melakukan pengiriman sebanyak 2 kali per pemesanan dengan pengiriman pertama sebanyak 142.619 dan tingkat kenaikan pengiriman sebesar 1.869. Selain itu, produsen mengeluarkan biaya *setup* sebesar \$916.5 per siklus produksi. Adapun total biaya persediaan terintegrasi produsen dan distributor sebesar \$194 967.

5. KESIMPULAN

- (1) Model persediaan terintegrasi produsen dan distributor dengan kebijakan manajemen biaya emisi karbon dan proses inspeksi

$$JTC(C_s, q, n, \lambda) = (C_o + C_s + nX) \left(\frac{2D}{2q + \lambda q n(n-1)} \right) + YD \\ + \frac{q}{(2 + \lambda n(n-1))} \left(1 + \frac{\lambda^2 n(n-1)(2n-1)}{6} \right) Z + C_{hv}q \\ \left(\frac{Dq}{P} + V(2 + \lambda n(n-1)) \right) + \alpha R(\ln A_0 - \ln C_s),$$

dengan X , Y , Z , dan V mengacu pada sub bab sebelumnya.

- (2) Penyelesaian optimal model diperoleh dengan menyelesaikan sistem persamaan 3 variabel yang disajikan pada (3.1) dengan mensimulasikan nilai n .
- (3) Total biaya persediaan terintegrasi optimal sebesar \$194 967. Hal itu dapat terjadi apabila produsen melakukan proses produksi dengan biaya *setup* sebesar 916.5 per siklus produksi dan pengiriman sebanyak 2 kali dengan pengiriman pertama sebanyak 142.619 serta tingkat kenaikan pengiriman 1.869.

DAFTAR PUSTAKA

1. Goyal, S. K., *An Integrated Inventory Model for a Single Supplier-Single Customer Problem*, International Journal Production Research **1** (1976), 107–111.
2. Harris, F. W., *How Many Parts to Make at Once*, Thr Magazine of Management **2** (1913), 135–136.
3. Rao, S. S., *Optimization Theory and Applications*, Halsted Press, New York, 1984.
4. S, Patricia F. D., *Manfaat Penerapan Carbon Accounting di Indonesia*, Jurnal Akuntansi Kontemporer **3** (2011), 79–92.
5. Sarkar, B., Saren, S., Sinha, D., and Hur, S., *Effect of Unequal Lot Size, Variable Setup Cost, and Carbon Emission in a Supply Chain Model*, Hindawi Publishing Corporation (2015), 1–13.
6. Widiyanto, I. P., Jauhari, A. W., and Rosyidi, N. C., *Cooperative Vendor-Buyer Inventory Model with Imperfect Quality and Inspection Errors*, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology **2** (2014), 106–114.