

Analisis Model *Sustainable Economic Order Quantity* Dengan Mempertimbangkan Emisi Karbon Dan Batasan Kapasitas Gudang Untuk Menekan Total Biaya Persediaan

Dian Setiya Widodo^{1*}, Dana Marsetiya Utama²

¹Jurusan Teknologi Manufaktur, Fakultas Vokasi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya, Jawa timur, Indonesia, 60118

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Jawa timur, Indonesia, 65144

Abstrak

Model *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan salah satu model persediaan dasar dalam rantai pasok. Model EOQ menawarkan pendekatan matematis untuk menentukan jumlah optimal produk yang harus dipesan oleh perusahaan ke supplier. Penelitian ini menganalisis model *sustainable EOQ* dengan mempertimbangkan emisi karbon dan batasan kapasitas gudang untuk meminimalkan total biaya persediaan. Percobaan numerik dan analisis sensitivitas dilakukan terhadap model EOQ usulan menggunakan metode *lagrange*. Terdapat dua model yang diusulkan untuk menyelesaikan permasalahan. Model pertama adalah model EOQ dengan mempertimbangkan karbon emisi dan model kedua adalah model EOQ dengan mempertimbangkan karbon emisi dan batasan gudang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *sustainable EOQ* dengan mempertimbangkan emisi karbon dan batasan kapasitas gudang adalah efektif untuk menyelesaikan permasalahan penentuan jumlah optimal yang harus dipesan oleh perusahaan sehingga menekan total biaya persediaan.

Kata kunci: *Economic Order Quantity*; biaya persediaan; emisi karbon; batasan kapasitas gudang

Abstract

[**Title: Analysis of the Sustainable Economic Order Quantity Model by Considering Carbon Emissions and Warehouse Capacity Limits to Reduce Total Inventory Costs**] The *Economic Order Quantity* (EOQ) model is one of the basic inventory models in the supply chain. The EOQ model offers a mathematical approach to determine the optimal number of products that companies must order to suppliers. This study analyzes the EOQ *sustainable* model by considering carbon emissions and limits on warehouse capacity to minimize total inventory costs. Numerical experiments and sensitivity analyzes were carried out on the proposed EOQ model using the *lagrange* method. There are two models proposed to solve the problem. The first model is the EOQ model by considering carbon emissions and second model 2 is the EOQ model by considering carbon emissions and warehouse constraints. The results show that the EOQ *sustainable* model by considering carbon emissions and warehouse capacity constraints is effective for solving the problem of determining the optimal amount to be ordered by the company so as to reduce the total inventory cost.

Keywords: *Economic Order Quantity*; inventory cost; carbon emission; warehouse limits

1. Pendahuluan

Persediaan didefinisikan sebagai bahan yang dapat digunakan pada masa mendatang. Persediaan sering dijumpai dalam beberapa kategori, di antaranya persediaan berdasarkan aspek fungsional, fisik dan lamanya waktu penyimpanan (Richard, 1994; Utama, 2016, 2017a, 2017b; Wang & Ye,

2018). Beberapa fungsi persediaan adalah menyediakan barang-barang yang akan memberikan pilihan dari pelanggan, mendapatkan keuntungan karena diskon, mengurangi biaya pengiriman barang dan melindungi terhadap inflasi dan kenaikan harga (Heizer, 2016). Komponen persediaan terdiri atas permintaan, pemesanan kembali dan pembatas atau kendala (Utama dkk., 2019). Komponen biaya dalam sistem persediaan yaitu biaya pembelian (*purchase cost*), biaya pemesanan (*order cost* atau *set up cost*) dan biaya simpan (*holding cost*) (Elsayed &

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: diansetiawidodo@untag-sby.ac.id

Boucher, 1994). Dengan adanya kebijakan persediaan, perusahaan dapat meminimumkan biaya persediaan (Utama, 2019b). Umumnya, model *Economic Order Quantity* (EOQ) diusulkan untuk meminimumkan biaya persediaan. Model EOQ merupakan jumlah pemesanan yang paling ekonomis yang dilakukan setiap kali pemesanan (Prawirosentono, 2001). Dengan diterapkannya model EOQ, perusahaan mampu mengurangi biaya penyimpanan dan penghematan ruang. Model EOQ ini sangat mudah digunakan dan praktis untuk merencanakan kuantitas pembelian (Surnedi, 2010).

Saat ini, masalah lingkungan dalam manajemen operasional telah menarik perhatian peneliti (Utama *dkk.*, 2019). Beberapa peraturan pemerintah yang ketat terhadap lingkungan mendorong kesadaran publik dan industri. Masalah lingkungan sebagian besar disebabkan pada sektor industri (Utama, 2019a; Utama, Baroto, Maharani, Jannah, & Octaria, 2019). Perusahaan memerlukan metode berkelanjutan dengan memadukan masalah persediaan dan lingkungan (Maulana *dkk.*, 2019). Dalam konteks ini, beberapa peneliti telah melakukan berbagai macam studi menarik mengenai EOQ dengan masalah lingkungan. Para peneliti menunjukkan bahwa masalah lingkungan memiliki dampak yang mendalam pada model EOQ. Emisi karbon adalah indeks lingkungan yang sering digunakan kedalam total biaya persediaan. Emisi karbon yang dihasilkan oleh kegiatan *supply chain*, khususnya oleh transportasi, berkontribusi besar terhadap pemanasan global (Micheli & Mantella, 2018). Mereka menunjukkan bahwa emisi karbon mempengaruhi total biaya persediaan (TIC). Menurut Liao dan Deng (2018), biaya pajak karbon tidak hanya akan mengurangi margin laba, tetapi juga mengubah keputusan persediaan optimal. Selain itu, Tiwari, Daryanto, dan Wee (2018) meneliti bahwa model terintegrasi lebih unggul dalam hal biaya dan pengurangan emisi karbon.

Beberapa peneliti telah melakukan riset di bidang persediaan untuk minimasi karbon emisi. Cao dan Yu (2018) menguraikan bahwa pengurangan emisi karbon dapat meningkatkan kuantitas produksi dan meningkatkan laba perusahaan. Darom *dkk.* (2018) mengembangkan model *sustainable supply chain* dengan pertimbangan *safety stock* dan karbon emisi. Ma *dkk.* (2018) mengembangkan model keputusan optimal dengan pertimbangan pajak karbon. Bouchery *dkk.* (2012) mengembangkan model koordinasi terpusat untuk mengurangi biaya persediaan dan karbon emisi. Lin dan Sarker (2017) mengembangkan model sistem tarik dengan mempertimbangkan produk cacat dan pajak karbon. Ghosh, Jha, and Sarmah (2017) mengusulkan model lot size optimal dengan pertimbangan pajak karbon dan permintaan tidak pasti. Wang and Ye (2018) membandingkan model EOQ dengan JIT dengan

mempertimbangan emisi karbon sebagai pengaruh perencanaan persediaan dan transportasi di sektor lingkungan. Tang, Wang, Cho, dan Yan (2018) mengembangkan tiga model dengan pendekatan pengurangan karbon emisi yang berbeda. Model tersebut bertujuan mengendalikan emisi karbon dalam transportasi dan manajemen persediaan. Xu, Qi, dan Bai (2018) mengusulkan model koordinasi *dual channel* dengan mempertimbangkan *discount* dan karbon emisi. Battini *dkk.* (2018) mengembangkan model dengan mengintegrasikan tujuan ekonomi dan lingkungan. Mereka mengeksplorasi integrasi faktor-faktor yang mempengaruhi dampak lingkungan dalam model EOQ tradisional dan mengusulkan "Model EOQ Berkelanjutan". Semua faktor keberlanjutan yang terkait dengan ukuran *lot* material dianalisis dari awal pesanan pembelian hingga akhir masa pakainya di dalam pabrik pembeli.

Beberapa penelitian lain dengan pertimbangan gudang juga telah dilakukan. Fan dan Wang (2018) mengembangkan model persediaan dan pergudangan yang terintegrasi untuk satu produk dengan permintaan yang berubah tiap periode. Dalam model tersebut, ukuran *lot* mempertimbangkan ukuran gudang yang berubah tiap periode. Vaziri *dkk.* (2018) mengusulkan model integrasi produksi dan pengadaan untuk multi item dan periode dengan batasan gudang. Model tersebut digunakan untuk meminimalkan biaya, menghindari keterlambatan pemesanan, dan mencapai kinerja yang baik. Utama (2017a) mengembangkan model penentuan *lot order* dengan mempertimbangkan diskon dan batasan kapasitas gudang dengan program dinamis. Model program dinamis dibandingkan dengan model *Economic Order Quantity* (EOQ) dengan mempertimbangkan diskon dan keterbatasan kapasitas gudang. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa model pemrograman dinamis dapat meminimalkan total biaya persediaan dibandingkan dengan EOQ.

Sampai kini, masih belum ditemukan *literature* yang membahas model EOQ dengan mempertimbangkan karbon emisi dan batasan kapasitas gudang. Penelitian ini mengusulkan model *Economic Order Quantity* (EOQ) baru dengan mempertimbangkan emisi karbon dan batasan kapasitas gudang. Model yang diusulkan dimodifikasi dari model yang diusulkan oleh Wang dan Ye (2018). Kapasitas gudang yang dimaksud adalah luasnya gudang yang tersedia untuk persediaan bahan baku. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan numerik dua model EOQ. Model tersebut adalah EOQ dengan emisi karbon dan EOQ emisi karbon dengan mempertimbangkan batasan kapasitas gudang. Penelitian ini diharapkan dapat memecahkan masalah perencanaan persediaan yang optimal berdasarkan pertimbangan karbon emisi dan batasan-batasan gudang.

2. Metode Penelitian

2.1 Asumsi

Model usulan memiliki beberapa asumsi yang digunakan. Beberapa asumsi tersebut diantaranya: (1) permintaan tiap periode bersifat konstan dan diketahui dengan pasti, sehingga permintaan dalam 1 tahun adalah tetap; (2) biaya transportasi, biaya simpan, biaya karbon emisi adalah tetap; (3) kapasitas gudang tidak berubah; dan (4) model digunakan untuk menyelesaikan single produk.

Dalam penelitian ini, model EOQ usulan dikembangkan dengan mempertimbangkan isu lingkungan yaitu emisi karbon. Selain itu, model EOQ tersebut kami kembangkan dengan mempertimbangkan kendala batasan kapasitas gudang. Model EOQ dikembangkan dengan emisi karbon berdasarkan model yang diusulkan oleh Wang dan Ye (2018). Mereka mengembangkan model EOQ standar dengan mempertimbangkan emisi karbon dengan pengaruh lingkungan. Dalam artikel ini, model yang diulas adalah model EOQ standar, Model EOQ dengan emisi karbon, dan model EOQ emisi karbon yang mempertimbangkan batasan kapasitas gudang. Dimana CT merupakan biaya transportasi; CH adalah biaya simpan untuk satu unit produk per tahun; di adalah permintaan produk dalam satu tahun; F adalah kapasitas penyimpanan maksimum; O adalah pemakaian ruangan satu unit produk; α tarif pajak proporsional; β adalah karbon emisi untuk satu unit produk dalam transportasi; γ adalah karbon emisi untuk satu unit produk dalam *inventory* per tahun; f adalah total frekuensi pemesanan selama satu tahun; λ adalah nilai variabel pengali *lagrange*; $L(Q, \lambda)$ adalah fungsi *Lagrange*; TIC adalah total biaya persediaan model EOQ standar; Q_s adalah kuantitas pemesanan; TIC_{Q_s} adalah total biaya persediaan optimal; TIC^{CE} adalah total biaya persediaan emisi karbon; $TIC(Q^{CE})$ adalah total biaya persediaan emisi karbon optimal; Q^{CE} adalah kuantitas pemesanan optimal emisi karbon; Q_s adalah kuantitas pemesanan optimal model standart; dan Q_{gd}^{CE} adalah kuantitas pemesanan optimal emisi karbon dan batasan gudang.

2.2 Model EOQ Standar

Dalam model EOQ standar, biaya yang pertimbangan adalah biaya transportasi dan penyimpanan (Wang & Ye, 2018). Persamaan 1 merupakan model persediaan EOQ standar untuk meminimalkan total biaya persediaan.

$$TIC = \frac{di}{qi} . CT + \frac{qi}{2} . CH \tag{1}$$

Persamaan 1 diturunkan terhadap nilai qi , sehingga diperoleh nilai Q_s optimal (Persamaan 2).

$$Q_s = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{di} \cdot \sqrt{CT}}{\sqrt{CH}} \tag{2}$$

dengan mensubstitusi Persamaan 2 ke Persamaan 1 didapatkan total biaya persediaan (TIC) dengan Q_s optimal yang direpresentasikan sebagai Persamaan 3.

$$TIC(Q_s) = \sqrt{2 \cdot di \cdot CT \cdot CH} \tag{3}$$

2.3 EOQ with carbon Emissions

Menurut Benjaafar, Li, and Daskin (2013) pajak karbon dianggap sebagai hukum linear keuangan dalam jumlah unit karbon yang dihasilkan. Total biaya persediaan (TIC) model EOQ dengan emisi karbon direpresentasikan sebagai Persamaan 4.

$$TIC^{CE} = \frac{diCT}{qi} + \frac{qiCH}{2} + \alpha \left(\frac{di\beta}{qi} + \frac{qi\gamma}{2} \right) \tag{4}$$

Berdasarkan formula TIC^{CE} pada persamaan (4), turunan pertama terhadap qi dihasilkan nilai Q_{CE} optimal (Persamaan 5).

$$Q_{CE} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{di} \cdot \sqrt{\alpha\beta + CT}}{\sqrt{\alpha\gamma + CH}} \tag{5}$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 5 ke Persamaan 4 dihasilkan total biaya persediaan optimal dengan Persamaan 6.

$$TIC^{CE} = \sqrt{2di} \sqrt{(\alpha\beta + CT)} \sqrt{\alpha\gamma + CH} \tag{6}$$

2.4 Model EOQ Usulan With Carbon Emissions Dan Batasan Kapasitas Gudang

Model EOQ usulan adalah dengan mempertimbangkan karbon emisi dan batasan kapasitas gudang. Batasan gudang yang dimaksud adalah kapasitas luas gudang yang dimiliki oleh perusahaan. Karena itu, kuantitas lot pemesanan tidak diperkenankan melebihi batasan kapasitas gudang yang tersedia. Kuantitas pemesanan perlu mempertimbangkan penggunaan tempat per unit bahan bakunya untuk disesuaikan dengan kapasitas yang tersedia. Dengan menggunakan fungsi *lagrange*, formulasi model diruikan pada Persamaan 7, Dengan syarat; $qi * O \leq F$ dan $qi \geq 0$.

$$L(Q, \lambda) = \frac{diCT}{qi} + \frac{qiCH}{2} + \alpha \left(\frac{di\beta}{qi} + \frac{qi\gamma}{2} \right) + \lambda(qiO - F) \tag{7}$$

Persamaan 7 diturunkan parsial terhadap nilai qi dan λ . hasil turunan pertama dari qi dan λ disubtitusikan untuk mendapatkan formula λ . Sehingga, formula λ dihitung dengan Persamaan 8.

$$\lambda = 2 \frac{(-\alpha\gamma - CH)F^2 + 2\sigma^2 di(\alpha\beta + CT)}{2F^2o} \quad (8)$$

Untuk memperoleh nilai Q optimal, maka Persamaan 9 diturunkan parsial terhadap nilai qi. Sehingga diperoleh Q optimal (Persamaan 9 atau 10).

$$Q_{gd}^{CE} = \frac{\sqrt{2}\sqrt{di}\sqrt{\alpha\beta + CT}}{\sqrt{\alpha\gamma + 2\lambda o + CH}} \quad (9)$$

Atau

$$Q_{gd}^{CE} = \frac{F}{O} \quad (10)$$

Total biaya persediaan EOQ with carbon Emissions mempertimbangkan batasan kapasitas gudang, dihitung sesuai dengan Persamaan 4.

2.5 Analisis Sensitivitas Model

Analisis sensitivitas diberikan untuk menggambarkan model yang paling sesuai untuk menyelesaikan permasalahan. Analisis sensitivitas didasarkan pada model EOQ dengan emisi karbon dan batasan kapasitas gudang (Gambar 1). Beberapa analisis sesnsitivitas terhadap model usulan: jika $\lambda > 0$, maka formula model optimal menggunakan Persamaan 9; jika $\lambda < 0$, maka formula model optimal menggunakan Persamaan 5 dan jika $\lambda = 0$, maka formula model optimal menggunakan Persamaan 9 atau 5.

Implementasi model EOQ yang kami kembangkan, dilakukan percobaan numerik sebagai metode untuk memvalidasi model. Percobaan numerik dilakukan untuk mengetahui hasil perbandingan antara model EOQ dengan emisi karbon dan model EOQ emisi karbon yang dikembangkan dengan mempertimbangkan batasan kapasitas gudang. Dari kedua model disimpulkan model mana yang memberi solusi optimal.

2.6 Prosedur Percobaan Numerik Model

Percobaan numerik dilakukan dengan merencanakan pemesanan bahan baku dengan jumlah permintaan sebesar 35000 per tahun. Biaya simpan Rp 10.000 per unit per tahun, biaya transportasi Rp 50.000 per pengiriman, tarif pajak proporsional sebesar Rp 30.000 per ton, karbon emisi untuk satu unit produk dalam inventory per tahun sebesar 0,04 ton per unit per tahun, karbon emisi untuk satu unit produk transportasi sebesar 0,4 ton per pengiriman, pemakaian ruangan per satu unit produk sebesar 2 m² dan kapasitas gudang menggunakan trial and error. Dimana menggunakan kapasitas gudang yang berbeda-beda dalam 20 percobaan yang dilakukan. dalam percobaan ini akan

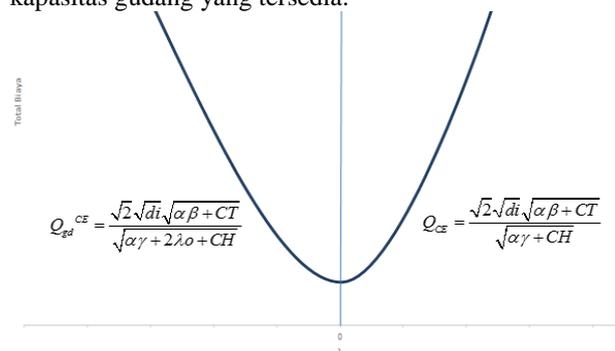
dihitung besarnya lot pemesanan per satu kali pesan Q^{CE} dan Q_{gd}^{CE} , total biaya persediaan TIC^{CE} dan TIC_{gd}^{CE} serta frekuensi pemesanan antara EOQ tanpa batasan dan EOQ dengan batasan tempat.

3. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1 merupakan rekapitulasi hasil percobaan menggunakan bantuan software Maple. Hasil perhitungan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah lot pemesanan model EOQ dengan emisi karbon tanpa batasan kapasitas penyimpanan gudang yaitu sebesar 622 unit per tahun setiap satu kali pemesanan. Jumlah pemesanan menyesuaikan dengan batasan kapasitas yang tersedia dan pemakaian ruangan per satu unit produknya.

Ditinjau dari Tabel 1, hasil dari Q_{gd}^{CE} yaitu setengah dari kapasitas gudang. Karena konsumsi ruangan per unit produknya sebesar 2 m², sedangkan perhitungan Q_{gd}^{CE} yaitu kapasitas gudang dibagi dengan konsumsi ruangan per unit produk. Berdasarkan Tabel 1, apabila kapasitas gudang yang tersedia relatif kecil, maka ukuran lot pemesanan relatif sedikit. Sedangkan kapasitas gudang yang tersedia relatif besar, maka ukuran lot pemesanan relatif banyak. Hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai lambda (λ) maka nilai total biaya persediaan semakin besar. Sebaliknya, semakin besar nilai λ , maka nilai total biaya persediaan juga semakin besar. Total biaya persediaan optimal (TC) diperoleh apabila nilai $\lambda = 0$.

Berdasarkan analisis yang kami lakukan, apabila nilai batasan atau lambda > 0 , maka digunakan persamaan (9) atau EOQ dengan emisi karbon yang mempertimbangkan batasan kapasitas gudang. Dikarenakan hasil kuantitas pemesanan yang harus dilakukan tidak melebihi dari batasan kapasitas gudang yang tersedia.



Gambar 1. Analisis sensitivitas variabel λ Model

Apabila nilai batasan atau lambda < 0 , maka digunakan Persamaan 5 atau EOQ dengan emisi karbon. Hal ini juga ditinjau dari hasil kuantitas pemesanan telah sesuai dengan kapasitas gudang yang tersedia. Berdasarkan Tabel 1, semakin kecil kapasitas gudang, maka semakin besar total biaya persediaan yang dibutuhkan karena seringnya

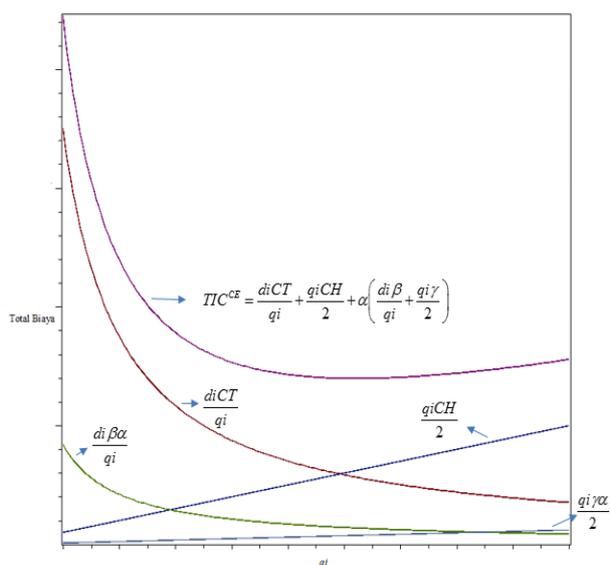
melakukan pemesanan. Begitu pula sebaliknya, apabila kapasitas gudang yang tersedia semakin besar maka total biaya persediaan semakin kecil karena perusahaan tidak terlalu sering melakukan pemesanan. Lebih lanjut, semakin besar kapasitas gudang, maka kuantitas pemesanan Q_{gd}^{CE} semakin besar. Namun, semakin besar Q_{gd}^{CE} tidak berbanding lurus dengan total biaya persediaan.

Pada gambar 2, hasil percobaan menunjukkan biaya transportasi, biaya simpan dan biaya karbon emisi transportasi serta penyimpanan dipengaruhi oleh qi . Pada biaya transportasi dan konsekuensi emisi karbon transportasi, semakin besar nilai qi ,

maka biaya transportasi dan konsekuensi emisi karbon transportasi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena frekwensi pengiriman barang semakin sedikit. Sebaliknya, semakin kecil nilai qi maka biaya transportasi dan konsekuensi emisi karbon transportasi semakin besar. Pada biaya simpan dan konsekuensi biaya karbon emisi penyimpanan, semakin besar nilai qi maka total biaya simpan dan konsekuensi biaya karbon emisi penyimpanan semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil nilai qi maka total biaya simpan dan konsekuensi biaya karbon emisi penyimpanan semakin kecil.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungan percobaan numerik

n	F	Q^{CE}	$(TIC)^{CE}$	lambda	Q_{gd}^{CE}	TIC_{gd}^{CE} (Ribuan Rp)	Frekuensi pesan	
							Q^{CE}	Q_{gd}^{CE}
1	100	622	Rp. 6.971.944	431200	50	Rp.43.680	56	700
2	270			56734	135	Rp.16.830		260
3	315			40939	158	Rp.14.659		222
4	400			24325	200	Rp.11.970		175
5	478			16195	239	Rp.12.020		147
6	500			14560	250	Rp.10.080		140
7	650			7472	325	Rp.8.496		107
8	765			4616	383	Rp. 7.815		92
9	845			3278	422	Rp.7.502		82
10	900			2558	450	Rp.7.342		78
11	965			1860	479	Rp.7.199		73
12	1000			1540	500	Rp. 7.140		70
13	1500			-871	749	Rp. 7.093		47
14	1758			-1395	878	Rp. 7.391		40
15	2000			-1715	1000	Rp.7.770		35
16	2568			-2141.9	1248	Rp. 8.881		28
17	3000			-2317	1500	Rp. 9.846		24
18	4350			-2570	2174	Rp.13.177		16
19	4768			-2609	2384	Rp.14.260		15
20	5000			-2642	2624	Rp.15.526		14



Gambar 2. Hubungan komponen biaya terhadap nilai qi

4. Kesimpulan

Perhitungan numerik menggunakan metode lagrange dan analisis sensitivitas telah dilakukan terhadap dua model EOQ yang diusulkan. Model pertama adalah model EOQ dengan mempertimbangkan karbon emisi dan model kedua mempertimbangkan karbon emisi dan batasan gudang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model sustainable EOQ dengan mempertimbangkan emisi karbon dan batasan kapasitas gudang adalah efektif untuk menyelesaikan permasalahan penentuan jumlah optimal yang harus dipesan oleh perusahaan sehingga menekan total biaya persediaan. Penelitian selanjutnya adalah mengembangkan model EOQ multi item dengan emisi karbon yang mempertimbangkan batasan kapasitas gudang dan modal.

Daftar Pustaka

Battini, D., Calzavara, M., Isolani, I., Sgarbossa, F., Zangaro, F. (2018). Sustainability in Material

- Purchasing: A Multi-Objective Economic Order Quantity Model under Carbon Trading. *Sustainability*, 10(12), 4438.
- Benjaafar, S., Li, Y., Daskin, M. (2013). Carbon footprint and the management of supply chains: Insights from simple models. *IEEE transactions on automation science and engineering*, 10(1), 99-116.
- Bouchery, Y., Ghaffari, A., Jemai, Z., Dallery, Y. (2012). Including sustainability criteria into inventory models. *European Journal of Operational Research*, 222(2), 229-240.
- Cao, E., Yu, M. (2018). The bright side of carbon emission permits on supply chain financing and performance. *Omega*.
- Darom, N. A., Hishamuddin, H., Ramli, R., Mat Nopiah, Z. (2018). An inventory model of supply chain disruption recovery with safety stock and carbon emission consideration. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1011-1021.
- Elsayed, E. A., Boucher, T. O. (1994). *Analysis and Control of Production Systems*, 2nd: Prentice-Hall International.
- Fan, J., Wang, G. (2018). Joint optimization of dynamic lot and warehouse sizing problems. *European Journal of Operational Research*, 267(3), 849-854.
- Ghosh, A., Jha, J. K., Sarmah, S. P. (2017). Optimal lot-sizing under strict carbon cap policy considering stochastic demand. *Applied Mathematical Modelling*, 44, 688-704.
- Heizer, J. (2016). *Operations Management*. 11/e: Pearson Education India.
- Liao, H., Deng, Q. (2018). A carbon-constrained EOQ model with uncertain demand for remanufactured products. *Journal of Cleaner Production*, 199, 334-347.
- Lin, T.-Y., Sarker, B. R. (2017). A pull system inventory model with carbon tax policies and imperfect quality items. *Applied Mathematical Modelling*, 50, 450-462.
- Ma, X., Ji, P., Ho, W., Yang, C.-H. (2018). Optimal procurement decision with a carbon tax for the manufacturing industry. *Computers & Operations Research*, 89, 360-368.
- Maulana, S. K. D. B., Utama, D. M., Asrofi, M. S., Ningrum, I. S., Alba, N., Ahfa, H. A., Zein, T. A. (2019). The Capacitated Sustainable EOQ Model: A Model Considering Emission Tax. *Jurnal Teknik Industri*, 21(1), Article In Press.
- Micheli, G. J. L., Mantella, F. (2018). Modelling an environmentally-extended inventory routing problem with demand uncertainty and a heterogeneous fleet under carbon control policies. *International Journal of Production Economics*, 204, 316-327.
- Prawirosentono. (2001). *Management Produksi dan Operasi Edisi 1*.
- Richard, J. T. (1994). Principles of inventory and materials management. *PTR Prentice Hall*, 426.
- Surnedi, Y. (2010). *Analisis Manajemen Persediaan Dengan Metode EOQ Pada Optimalisasi Persediaan Bahan Baku Kain Di PT. New Suburtext*. Universitas Sebelas Maret.
- Tang, S., Wang, W., Cho, S., Yan, H. (2018). Reducing emissions in transportation and inventory management: (R, Q) Policy with considerations of carbon reduction. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 327-340.
- Tiwari, S., Daryanto, Y., Wee, H. M. (2018). Sustainable inventory management with deteriorating and imperfect quality items considering carbon emission. *Journal of Cleaner Production*, 192, 281-292.
- Utama, D. M. (2016). Penentuan Lot Size Pemesanan Bahan Baku Dengan Batasan Kapasitas Gudang. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 15(1), 64-68.
- Utama, D. M. (2017a). Model Penentuan Lot Pemesanan Dengan Mempertimbangkan Unit Diskon dan Batasan Kapasitas Gudang dengan Program Dinamis. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 94-102.
- Utama, D. M. (2017b). *Model Program Dinamis Dalam Penentuan Lot Pemesanan dengan Mempertimbangkan Batasan Modal*. Paper presented at the Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa).
- Utama, D. M. (2019a). An Effective Hybrid Sine Cosine Algorithm to Minimize Carbon Emission on Flow-shop Scheduling Sequence Dependent Setup. *2019*, 20(1), 62-72.
- Utama, D. M. (2019b). Model program dinamis untuk lot size multi item dengan kendala kapasitas gudang. *2019*, 14(1), 21-26.
- Utama, D. M., Baroto, T., Maharani, D., Jannah, F. R., Octaria, R. A. (2019). Algoritma ant-lion optimizer untuk meminimasi emisi karbon pada penjadwalan flow shop dependent sequence set-up. *2019*, 9(1), 69-78.
- Utama, D. M., Wardani, D. P., Halifah, S. T., Pradikta, D. C. (2019). Model Economic Production Quantity dengan Rework Process dan Batasan Gudang. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 3(1), 43-49.
- Utama, D. M., Widodo, D. S., Wicaksono, W., Ardiansyah, L. R. (2019). A New Hybrid Metaheuristics Algorithm for Minimizing Energy Consumption in the Flow Shop Scheduling Problem. *International Journal of Technology*, 10(2), 320-331.
- Vaziri, S., Zaretab, A., Esmaeili, M., Niaki, S. T. A. (2018). An integrated production and procurement design for a multi-period multi-product manufacturing system with machine

- assignment and warehouse constraint. *Applied Soft Computing*, 70, 238-262.
- Wang, S., Ye, B. (2018). A comparison between just-in-time and economic order quantity models with carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 187, 662-671.
- Xu, J., Qi, Q., Bai, Q. (2018). Coordinating a dual-channel supply chain with price discount contracts under carbon emission capacity regulation. *Applied Mathematical Modelling*, 56, 449-468.