

Terbit *online* pada laman web jurnal : <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

I N V E N T O R Y

Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry

| ISSN (Online) 2723-1895 |



Pengembangan Model *Economic Production Quantity* Mengakomodasi *Continue* dan *Discrete Demand* serta Kebijakan *Rework* Secara Simultan

Nurike Oktavia¹, Henmaid², Prima Fithri³

¹ Politeknik ATI Padang, Indonesia

^{2,3} Universitas Andalas, Padang, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: June 07,2020

Revised: June 19,2020

Accepted: June 25,2020

KEYWORD

EPQ,
Continue demand,
Discrete demand,
Rework

CORRESPONDENCE

Name: Nurike Oktavia

E-mail: oktavianurike@kemenperin.go.id

A B S T R A C T

Inventory of finished goods needs to be planned and controlled regularly. Fulfilling customer demand whenever and wherever is the main purpose of the supply. This issue is related to production activities. Many companies use the Economic Production Quantity (EPQ) Model in determining the size of their lot productions. This model is able to show how to minimize total production costs by reducing inventory costs. Customer behavior at PT XYZ makes product delivery divided into 2 types. The first type, finished goods is sent continuously in small amounts called continue demand. The second type, products is sent between certain time intervals in large quantities called discrete demand. Basic EPQ Model's parameters do not accommodate a system like this. In addition, PT XYZ requires rework for products that do not pass the quality test. Therefore, this research was developed to formulate EPQ model that can accommodate two types of demand, continue and discrete, as well as the existence of rework policy. This study tries to provide another approach in solving the derivation problem using the "Arithmetic-Geometric Mean" method. The results of this study will display a mathematical formulation to find the optimal production cycle time for PT XYZ. Numerical examples are discussed to show practical models.

PENDAHULUAN

Persediaan adalah salah satu aspek terpenting bagi perusahaan. Menurut [1], persediaan adalah cadangan yang disiapkan oleh perusahaan dalam jumlah tertentu, baik dalam kegiatan produksi atau jaringan logistik. Persediaan disiapkan dalam bentuk bahan baku, komponen, *work-in-process*, atau produk jadi.

Dalam lingkungan bisnis yang kompetitif dan dinamis, strategi yang dapat meminimalkan biaya persediaan, meningkatkan aliran persediaan, dan mengelola persediaan diperlukan untuk memenuhi permintaan konsumen [2]. Strategi ini harus didukung oleh adanya perencanaan produksi yang optimal sehingga produk dapat diproduksi dalam kapasitas yang tepat dan dapat dikirim ke pelanggan pada waktu dan jumlah sesuai pesanan.

Produksi dapat didefinisikan sebagai transformasi bahan baku menjadi barang jadi [3]. Menurut [4], penentuan

berapa banyak produk yang harus diproduksi dan kapan waktu yang tepat untuk melakukannya adalah hal yang penting.

Hal ini dikarenakan rencana dapat berubah secara tak terduga. Penyebabnya dapat berbagai macam, seperti kegagalan mesin, ketidak hadiran karyawan, keterlambatan transportasi, fluktuasi permintaan, atau bahkan adanya kebijakan *rework* pada produk cacat.

Perencanaan produksi dilakukan salah satunya dengan menentukan ukuran lot produksi. Dengan ditentukan ukuran lot, perusahaan dapat menyesuaikan jumlah produk yang diproduksi dengan *demand customer*.

Jika jumlah produksi melebihi daya serap konsumen, produk akan menumpuk digudang dan meningkatkan biaya simpan yang harus ditanggung perusahaan. Tetapi jika jumlah produksi kurang dari kebutuhan konsumen, maka perusahaan akan mengalami stockout. Kedua

kondisi ini harus diseimbangkan sehingga dapat diminimalisir.

Dalam hal ini, model persediaan banyak digunakan untuk menentukan ukuran lot produksi optimal dan yang paling umum adalah *Economic Production Quantity /EPQ* [5]. Model EPQ mengarahkan perusahaan untuk meminimalkan total biaya produksi dengan mengurangi biaya persediaan [6].

[1] menyatakan bahwa ada tiga parameter dalam model EPQ dasar, yaitu *demand*, biaya *set up* dan biaya simpan persediaan. Namun, [7] berpendapat bahwa seiring perkembangan zaman ketiga parameter ini tidak cukup menangani masalah, karena belum mengadopsi kondisi realistis yang dihadapi oleh perusahaan. Sehingga saat ini banyak peneliti mengembangkan model EPQ dasar untuk memberikan solusi yang lebih akurat untuk menjaga kepuasan pemangku kepentingan dan meminimalkan biaya persediaan [8].

PT. XYZ memiliki jenis *demand* yang harus dipenuhi setiap hari dalam jumlah kecil dan *demand* dalam jumlah besar yang dikirim dalam rentang waktu tertentu. Pengiriman dengan interval waktu tertentu dilakukan untuk menghemat biaya mencapai lokasi *customer* yang cukup jauh atau dalam hal penggunaan moda transportasi yang khusus. Permintaan seperti ini selanjutnya disebut dengan permintaan diskrit atau *discrete demand*. Sehingga, tipe permintaan yang dipenuhi setiap hari akan disebut sebagai demand kontinu atau *continue demand*.

Sistem persediaan dengan permintaan diskrit dianggap lebih alami dalam konsep persediaan dinamis. Permintaan dengan pengiriman produk secara terus-menerus dalam model EPQ klasik saat ini dianggap tidak lagi realistis dan tidak sesuai dalam sistem rantai pasok [9]. Model EPQ dengan men-sinkronisasi kedua tipe *demand* ini telah dikembangkan oleh [10].

Model EPQ tersebut menemukan waktu produksi optimal untuk sistem persediaan dengan adanya *continue* dan *discrete demand*. Akan tetapi, PT XYZ memiliki kebijakan untuk *rework* produk produk yang tidak sesuai dengan standar kualitasnya. Sehingga ada probabilitas peningkatan jumlah produksi per siklus waktu produksi.

Oleh karena itu, penelitian ini akan mengembangkan model EPQ dengan mengakomodasi *continue demand*, *discrete demand* dan *rework*.

METODOLOGI

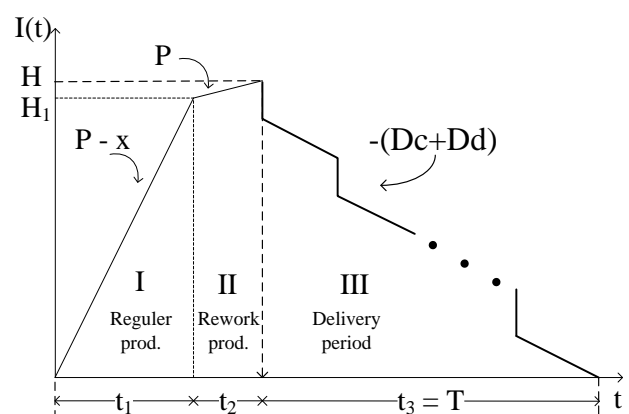
Dalam penelitian ini, EPQ yang dikembangkan bertujuan untuk menentukan waktu siklus produksi optimal T dan jumlah pengiriman per tahun n . Dengan ditemukannya waktu siklus produksi optimal, maka ukuran lot produksi optimal Q^* akan dapat dihitung.

Adapun batasan dalam formulasi model ini adalah :

- Kegiatan produksi untuk *single item product* atau tidak untuk produk dengan banyak tipe
- Breakdown mesin tidak terjadi selama kegiatan produksi berlangsung
- Deteriorasi mesin dan peralatan tidak terjadi selama kegiatan produksi
- Product cacat / *imperfect product* selalu bisa *rework*
- Tidak ada *safety stock*
- Selama waktu produksi tidak ada kegiatan konsumsi produk. *Demand* pada saat produksi di siklus ke y dipenuhi dari produksi siklus sebelumnya $y-1$.
- Jumlah produk cacat / *imperfect product* bernilai konstan selama produksi berjalan.

Ketika produksi reguler berlangsung selama t_1 , akan timbul produk cacat x sebagai efek samping dari kegiatan produksi yang ditampilkan dalam bentuk persentase. Seluruh *imperfect product* dikerjakan ulang setelah produksi reguler diselesaikan, yaitu selama t_2 .

Produk didistribusikan / keluar dari perusahaan dengan dua tipe, (1) dikirim setiap hari untuk memenuhi *continue demand* dan (2) dikirim dalam interval waktu tertentu untuk memenuhi *discrete demand*. *Inventory behaviour* dari sistem yang akan dimodelkan digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Inventory Behaviour Model EPQ dengan *Contiue Demand*, *Discrete Demand* dan *Rework*

Notasi**Decision variabls**

T : Siklus produksi (waktu)
 n : Frekuensi pengiriman *demand discrete* dalam satu siklus (bilangan integer)

Notations

Q : Ukuran lot produksi (unit)
 I(t) : Jumlah persediaan pada waktu t (unit)
 H : Persediaan maksimal ketika produksi berakhir (unit)
 H₁ : Persediaan maksimal ketika *rework* berakhir (unit)
 t₁ : lama waktu produksi dalam satu siklus (waktu)
 t₂ : lama waktu *rework* dalam satu siklus (waktu)
 t₃ : waktu yang diperlukan untuk mengirimkan produk pada satu siklus (waktu)
 h : Biaya simpan (Rp/unit.waktu)
 h₁ : biaya simpan produk yang ditanggung konsumen (Rp/unit.waktu)
 c_p : biaya produksi (Rp/unit)
 c_s : biaya *set up* mesin (Rp)
 c_f : biaya pengiriman tetap (Rp)
 c_d : biaya pengiriman variabel (Rp)
 x : Rasio produk cacat (unit/waktu)
 p : Kapasitas produksi (unit/waktu)
 D : Demand total (unit)
 D_C : Demand continue (unit)
 D_D : Demand discrete (unit)
 x_D : Proporsi produk cacat untuk *continue demand* (%)
 x_D : Proporsi produk cacat untuk *discrete demand* (%)
 TC(T,n) : biaya total per siklus (Rp)
 E[TCU(T,n)] : biaya rata-rata satu periode produksi (Rp)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi *stock replenishment* dalam 1 tahun $1/T$ merupakan pembagian antara demand produk D dengan ukuran lot size produksi Q ,

$$T = Q/D \quad (1)$$

Sehingga

t_1 , waktu produksi adalah:

$$= \frac{Q}{P} = \frac{TD}{P} \quad (2)$$

t_2 waktu *rework* :

$$= \frac{(Q_C x_C + Q_D x_D)}{P} \\ = \frac{T(D_C x_C + D_D x_D)}{P} \quad (3)$$

t_3 , waktu untuk mengirimkan produk pada satu siklus:

$$t_3 = T \quad (4)$$

Persediaan maksimal H adalah:

$$H = Q = TD \quad (5)$$

Sedangkan persediaan maksimal ketika terjadi *imperfect product* H_1 adalah :

$$H_1 = (1-x)Q \\ = (1-x)TD \quad (6)$$

Persamaan (4) an (5) juga berlaku untuk jumlah persediaan maksimum *continue demand* dan *discrete demand*, yaitu

$$H_C = Q_C = TD_C \quad (7)$$

$$H_{C1} = (1-x).Q_C = (1-x). TD_C \quad (8)$$

$$H_D = Q_D = TD_D \quad (9)$$

$$H_{D1} = (1-x).Q_D = (1-x). TD_D \quad (10)$$

Biaya Produksi

Dalam satu siklus, biaya produksi yang dibutuhkan adalah biaya produksi regular c_p dan biaya produksi *rework* c_r . Jika diasumsikan kedua biaya tersebut adalah sama

$$c_p = c_r \quad (11)$$

Maka, formulasi biaya total menjadi

$$c_p Q + c_p Q_C x_C + c_p Q_D x_D \quad (12)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (1), maka

Total biaya produksi per siklus

$$= c_p (TD + TD_C x_C + TD_D x_D) \\ = c_p T (D + D_C x_C + D_D x_D) \quad (13)$$

Biaya Set Up Mesin

Biaya *set up* per siklus adalah

$$Total\ biaya\ set\ up = c_s \quad (14)$$

Biaya Pengiriman

Dalam studi kasus ini, biaya pengiriman dibagi menjadi biaya tetap c_f dan biaya variabel c_d . Biaya tetap pengiriman per siklus dihitung berdasarkan jumlah *shipment* pada siklus tersebut. Sedangkan biaya pengiriman variabel dihitung per unit produk untuk kedua tipe demand.

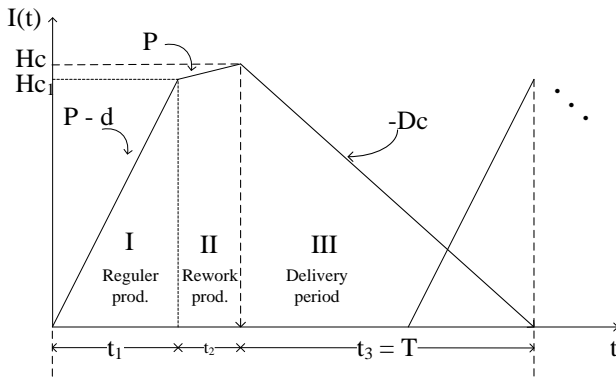
$$Total\ delivery\ cost = nc_F + Qc_d \quad (15)$$

Biaya Simpan

Formulasi biaya simpan dibagi menjadi dua bagian, yaitu biaya simpan persediaan *demand continue* dan *demand discrete*.

Biaya Simpan untuk *Continuous Demand*

Berikut merupakan gambaran *Inventory Behaviour* untuk persediaan yang memenuhi *demand continue*.



Gambar 2. *Inventory Behaviour* untuk *Continuous Demand*

Persediaan rata-rata pada bagian I adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} t_1 H_{C1} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{TD}{P} \right) ((1-x_c)TD_c) \\
 &= \frac{(1-x_c)}{2P} T^2 DD_c
 \end{aligned} \tag{17}$$

Kapasitas produksi reguler = kapasitas produksi pada saat melakukan *rework* = P. Sehingga, persediaan rata-rata pada bagian II adalah

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(H_{C1} + H_c)}{2} \cdot t_2 \\
 &= \frac{[(1-x_c)TD_c] + (TD_c)}{2} \cdot \frac{TDx_c}{P} \\
 &= \frac{(2-x_c)TD_c}{2} \cdot \frac{TDx_c}{P} \\
 &= \frac{(2-x_c)T^2 DD_c x_c}{2P}
 \end{aligned} \tag{18}$$

Persediaan rata-rata pada bagian 3 yaitu

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} t_3 H_c \\
 &= \frac{1}{2} T (TD_c) \\
 &= \frac{1}{2} T^2 D_c
 \end{aligned} \tag{19}$$

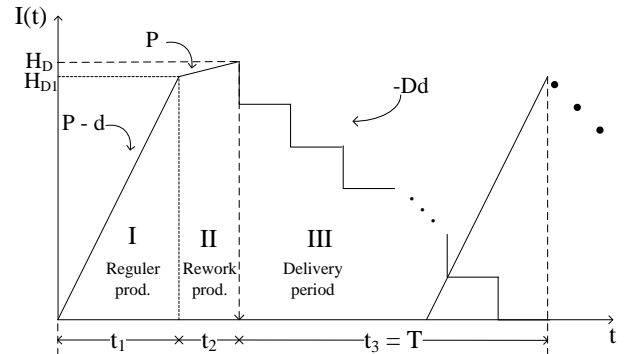
Maka, biaya simpan *demand continue* dalam satu siklus adalah

B. simpan *demand continue* per siklus =

$$= h \cdot \left[\frac{(1-x_c)}{2P} T^2 DD_c + \frac{(2-x_c)T^2 DD_c x_c}{2P} + \frac{1}{2} T^2 D_c \right] \tag{20}$$

Biaya Simpan untuk *Discrete Demand*

Gambar 3 memperlihatkan *Inventory Behaviour* untuk *discrete demand*.



Gambar 3. *Inventory Behaviour* untuk *Discrete Demand*

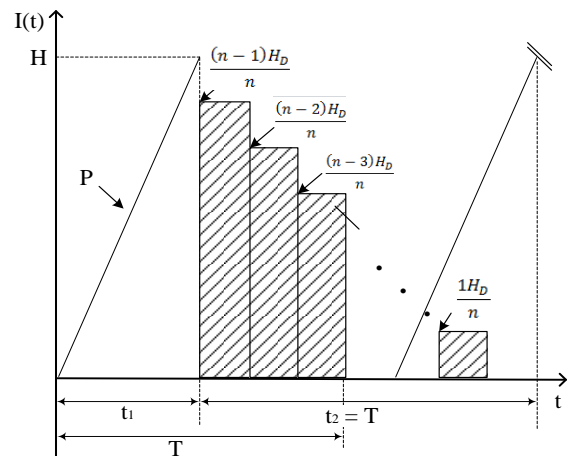
Persediaan rata-rata pada bagian I adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} t_1 H_{D1} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{TD}{P} \right) ((1-x_D)TD_D) \\
 &= \frac{(1-x_D)}{2P} T^2 DD_D
 \end{aligned} \tag{21}$$

Persediaan rata-rata pada saat melakukan *rework*/ bagian II adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(H_{D1} + H_D)}{2} \cdot t_2 \\
 &= \frac{[(1-x_D)TD_D] + (TD_D)}{2} \cdot \frac{TDx_D}{P} \\
 &= \frac{(2-x_D)TD_D}{2} \cdot \frac{TDx_D}{P} \\
 &= \frac{(2-x_D)T^2 DD_D x_D}{2P}
 \end{aligned} \tag{22}$$

Perhitungan persediaan rata-rata pada bagian 3 adalah sebagai berikut



Gambar 4. Level Persediaan *Demand Discrete* Selama Masa Pengiriman Produk

Jadi, perhitungan persediaan rata-ratanya adalah:

$$\begin{aligned}
 & \left[\frac{(n-1)H_D T}{n} \right] + \left[\frac{(n-2)H_D T}{n} \right] + \\
 = & \left[\frac{(n-3)H_D T}{n} \right] + \dots + \left[\frac{1H_D T}{n} \right] \\
 = & \frac{H_D T}{n^2} \left[\frac{n(n-1)}{2} \right] \\
 = & \frac{(n-1)H_D T}{2n} \\
 = & \frac{(n-1)TD_D T}{2n} \\
 = & \frac{(n-1)T^2 D_D}{2n} \tag{23}
 \end{aligned}$$

Sehingga, biaya simpan *demand discrete* dalam satu siklus adalah

B. simpan *demand discrete* per siklus =

$$= h \cdot \left[\frac{(1-x_D)}{2P} T^2 DD_D + \frac{(2-x_D)T^2 DD_D x_D}{2P} + \frac{(n-1)T^2 D_D}{2n} \right] \tag{24}$$

Total Biaya Simpan

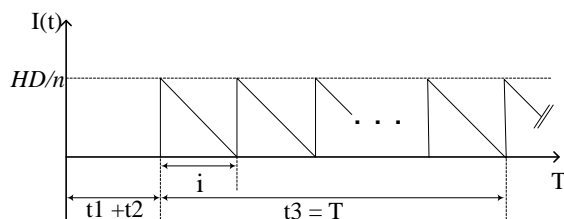
Setelah diformulasikan biaya simpan untuk *demand continue* dan *discrete* pada persamaan (20) dan (24), maka biaya simpan persediaan untuk 1 siklus produksi

$$= h \cdot \left[\begin{aligned} & \frac{(1-x_C)}{2P} T^2 DD_C + \\ & \frac{(2-x_C)T^2 DD_C x_C}{2P} + \\ & \frac{1}{2} T^2 D_C + \frac{(1-x_D)}{2P} T^2 DD_D + \\ & \frac{(2-x_D)T^2 DD_D x_D}{2P} + \frac{(n-1)T^2 D_D}{2n} \end{aligned} \right] \tag{25}$$

Biaya Simpan yang Ditanggung Oleh Customer

Ketika produk dari pengiriman *discrete demand* diterima oleh *customer*, terdapat biaya simpan yang harus dikeluarkan oleh customer tersebut. Hal ini dikarenakan ketika produk tiba sebanyak H_D/n , konsumsi produk tidak dilakukan sekaligus hingga stok habis namun secara bertahap.

Level persediaannya akan menjadi seperti berikut:



Gambar 5. Level Persediaan *Discrete Demand* yang Disimpan oleh *Customer*

Level persediaannya menjadi

$$= \frac{1}{2} i \cdot \frac{H_D}{n} \tag{26}$$

Dengan interval pengiriman i adalah T/n , serta jumlah pengiriman per siklus adalah n , maka level persediaannya

$$= \left(\frac{1}{2} \frac{TH_D}{n^2} \right) n \tag{27}$$

Substitusikan dengan persamaan (9) sehingga

$$= \frac{T^2 D_D}{2n} \tag{28}$$

Maka,

Biaya simpan persediaan oleh customer

$$= h \left[\frac{T^2 D_D}{2n} \right] \tag{29}$$

Fungsi Tujuan

Total biaya per siklus $TC(T,n)$ terdiri dari biaya produksi, biaya *set up* mesin, biaya simpan produk, baik oleh produsen maupun konsumen, serta biaya tetap dan variabel pengiriman.

Maka, $TC(T,n)$ merupakan penjumlahan dari persamaan (12), (14), (15), (20), (24), dan (29)

$$TC(T,n) = \left[\begin{aligned} & c_p T(D + D_C x_C + D_D x_D) + c_s + \\ & n c_F + c_d T D + \frac{h(1-x_C)}{2P} T^2 DD_C + \\ & \frac{h(2-x_C)}{2P} DD_C x_C + \frac{h}{2} T^2 D_C + \\ & \frac{h(1-x_D)}{2P} T^2 DD_D + \frac{h(2-x_D)}{2P} DD_D x_D \\ & + \frac{h(n-1)}{2n} T^2 D_D + \frac{h_1}{2n} T^2 D_D \end{aligned} \right]$$

$$= \left[\begin{aligned} & c_p T(D + D_C x_C + D_D x_D) + c_s \\ & + n c_F + c_d T D - \frac{h DD_C T^2}{2P} (x_C^2 - x_C - 1) + \\ & \frac{h}{2} T^2 D_C - \frac{h DD_D T^2}{2P} (x_D^2 - x_D - 1) + \\ & \frac{h}{2} T^2 D_D + \frac{T^2 D_D}{n} (h_1 - h) \end{aligned} \right] \tag{30}$$

Fungsi tujuan yang ingin dicari adalah biaya rata-rata satu periode $E[TCU(T,n)]$, yang merupakan hasil pembagian dari total biaya per siklus dibagi dengan

panjang waktu siklus. Maka, biaya rata-rata satu periode produksi $E[TCU(T,n)]$ dapat dirumuskan menjadi

$$E[TCU(T,n)] = \frac{TC(T,n)}{T}$$

$$= \frac{\left[\begin{aligned} &c_p T(D + D_c x_c + D_d x_d) + c_s + \\ &nc_f + c_d TD - \frac{hDD_c T^2}{2P} (x_c^2 - x_c - 1) + \\ &\frac{h}{2} T^2 D_c - \frac{hDD_d T^2}{2P} (x_d^2 - x_d - 1) + \\ &\frac{h}{2} T^2 D_d + \frac{T^2 D_d}{n} (h_1 - h) \end{aligned} \right]}{T}$$

$$= \left[\begin{aligned} &c_p(D + D_c x_c + D_d x_d) + \frac{c_s}{T} + \\ &\frac{nc_f}{T} + c_d D - \frac{hDD_c T}{2P} (x_c^2 - x_c - 1) + \\ &\frac{h}{2} TD_c - \frac{hDD_d T}{2P} (x_d^2 - x_d - 1) + \\ &\frac{h}{2} TD_d + \frac{TD_d}{n} (h_1 - h) \end{aligned} \right] \quad (31)$$

Penentuan Solusi Optimal

Penentuan solusi optimal untuk menentukan nilai optimal dari fungsi biaya dilakukan dengan metode pendekatan bertahap [11].

Variabel keutusan adalah T dan n, maka fungsi objectif diubah dengan konstanta :
 T, T^{-1}, nT^{-1} dan Tn^{-1}
 menjadi

$$E[TCU(T,n)] = Z_0 + Z_1(T) + Z_2\left(\frac{1}{T}\right) + Z_3\left(\frac{n}{T}\right) + Z_4\left(\frac{T}{n}\right)$$

Where $Z_0, Z_1, Z_2, Z_3,$ dan Z_4 adalah

$$Z_0 = c_p(D + D_c x_c + D_d x_d) + c_s D \quad (32)$$

$$Z_1(T) = \left[\begin{aligned} &\frac{h}{2} D_c - \frac{hDD_c}{2P} (x_c^2 - x_c - 1) + \\ &\frac{h}{2} D_d - \frac{hDD_d}{2P} (x_d^2 - x_d - 1) \end{aligned} \right] \quad (33)$$

$$Z_2\left(\frac{1}{T}\right) = c_s \quad (34)$$

$$Z_3\left(\frac{n}{T}\right) = c_f \quad (35)$$

$$Z_4\left(\frac{T}{n}\right) = \frac{D_d}{n} (h_1 - h) \quad (36)$$

$$E[TCU(T,n)] = Z_0 + Z_1(T) + Z_2\left(\frac{1}{T}\right) + Z_3\left(\frac{n}{T}\right) + Z_4\left(\frac{T}{n}\right)$$

$$= \left[\begin{aligned} &Z_0 + \frac{1}{T} \left[(\sqrt{Z_1} T)^2 + (\sqrt{Z_2})^2 - 2(\sqrt{Z_1} T) + (\sqrt{Z_2}) \right] + \\ &\frac{T}{n} \left[\left(\sqrt{Z_3} \frac{n}{T} \right)^2 + (\sqrt{Z_4})^2 - 2\left(\sqrt{Z_3} \frac{n}{T} \right) + (\sqrt{Z_4}) \right] + \\ &+ \frac{1}{T} \left[2(\sqrt{Z_1} T) + (\sqrt{Z_2}) \right] + \frac{T}{n} \left[2\left(\sqrt{Z_3} \frac{n}{T} \right) + (\sqrt{Z_4}) \right] \end{aligned} \right]$$

$$= \left[\begin{aligned} &Z_0 + \frac{1}{T} (\sqrt{Z_1} T - \sqrt{Z_2})^2 + \frac{T}{n} \left(\sqrt{Z_3} \frac{n}{T} - \sqrt{Z_4} \right)^2 + \\ &2\sqrt{Z_1 Z_2} + 2\sqrt{Z_3 Z_4} \end{aligned} \right] \quad (37)$$

Dengan menggunakan prinsip pada metode *Arithmetic-Geometric Mean* (AGM), jika bilangan yang berada dalam bentuk kuadrat pada persamaan (37) sama dengan nol, maka fungsi tujuan akan bernilai minimal.

Oleh karena itu, persamaan kuadrat pada persamaan (37) disamadengankan nol

$$\begin{aligned} (\sqrt{Z_1} T - \sqrt{Z_2})^2 &= 0 \\ \sqrt{Z_1} T &= \sqrt{Z_2} \\ T &= \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \end{aligned}$$

Maka, T^* menjadi

$$T^* = \sqrt{\frac{c_s}{\left[\begin{aligned} &\frac{h}{2} D_c - \frac{hDD_c}{2P} (x_c^2 - x_c - 1) + \\ &\frac{h}{2} D_d - \frac{hDD_d}{2P} (x_d^2 - x_d - 1) \end{aligned} \right]}}$$

$$= \sqrt{\frac{c_s}{\frac{hD}{2} - \frac{hD}{2P} [D_c(x_c^2 - x_c - 1) + D_d(x_d^2 - x_d - 1)]}}$$

$$= \sqrt{\frac{c_s}{\frac{hD}{2} \left[1 - \frac{D_c(x_c^2 - x_c - 1) + D_d(x_d^2 - x_d - 1)}{P} \right]}} \quad (38)$$

Selanjutnya persamaan (a-b)² kedua pada persamaan (37) disamadengan nol kan

$$\begin{aligned} \left(\sqrt{Z_3} \frac{n}{T} - \sqrt{Z_4} \right)^2 &= 0 \\ \sqrt{Z_3} \frac{n}{T} &= \sqrt{Z_4} \\ n &= \sqrt{\frac{Z_4}{Z_3}} T \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (35) dan (36) maka dapat diperoleh

$$\begin{aligned} n^* &= \sqrt{\frac{D_D(h_1 - h)}{c_F} T} \\ &= \sqrt{\frac{c_s D_D (h_1 - h)}{\frac{h D c_f}{2} \left[1 - \frac{D_c (x_c^2 - x_c - 1) + D_d (x_d^2 - x_d - 1)}{P} \right]}} \end{aligned} \quad (39)$$

Contoh Perhitungan

Diketahui bahwa kapasitas produksi PT XYZ adalah 240 unit per menit. Total *demand continue* dan *discrete* per tahun adalah 60 juta unit. 60% untuk *demand continue* dan 40% untuk *demand discrete*. Diketahui bahwa mesin menghasilkan 7% *imperfect item* pada saat memproduksi *continue demand* dan 5% untuk *discrete demand*. Diasumsikan bahwa seluruh *imperfect item* dapat di *rework*. Waktu kerja dalam satu ahri adalah 21 jam dan 360 hari per tahun.

Parameter lain adalah sebagai berikut :

c_s : Rp30.000.000/set up
 c_p : Rp1.540/unit
 c_F : Rp2.500.000/pengiriman
 c_d : Rp100/unit
 h : Rp440/unit.tahun
 h_l : Rp880/unit.tahun

Dengan menggunakan persamaan (37) dan (39) dapat ditentukan bahwa waktu siklus optimal $T^* = 13,64$ hari dan jumlah pengiriman optimal $n^* = 2,527$ kali. Karena n merupakan bilangan integer maka dilakukan perhitungan persamaan (28). Jika $n^* = 2$ maka biaya total per periode menjadi Rp106.044.391.263, dan jika $n^* = 3$ maka biaya total

KESIMPULAN

Formulasi model EPQ yang dirancang dapat membantu terselesaikannya permasalahan yang dihadapi oleh PT XYZ terkait adanya dua jenis *demand*, *continue* dan *discrete* serta kebijakan untuk me-*rework* produk cacat.

Akan tetapi, model ini masih banyak memiliki asumsi dan batasan. Kedepannya, akan lebih baik jika pengembangan model meminimalkan asumsi yang digunakan dalam formulasi sehingga model yang dirancang dapat mengakomodasi sistem nyata diperusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ballou, H. Ronald. (1992). *Business Logistics Management*. (Ed. 3). Prentice-Hall, Inc : New Jersey
- [2] Beheshti, H. Hooshang. (2009). A Decision Support System for Improving Performance of Inventory Management in a Supply Chain Network. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 59(15), 432-467
- [3] Junger, Micheal dan Naddef Denis. (Ed.). (2001). *Computational Combinatorial Optimization: Optimal or Provably Near-Optimal Solution*. Springer : Berlin
- [4] Sipper, Daniel dan Bulfin, Robert. (1997). *Production : Planning, Control, and Integration*. McGraw-Hill: USA
- [5] Eynan. (2003). The Benefit of Flexible Production Rates in the Economic Lot Scheduling Problem. *IIE Transaction*. 35 (7), 1057-1064
- [6] Chiu, P.Y., Lin, K.C., Chang, H., Chiu, V. (2010). Mathematical Modelling for Determining Economic Batch Size and Optimal Number of Deliveries for EPQ Model with Quality Assurance. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical System*. 16 (4), 373-388
- [7] Kostic, Konstantin. (2007). Inventory Control as a Discrete System Control for the Fixed-Order Quantity System. *Applied Mathematical Modelling*. 33, 4201 – 4214
- [8] Maity, A.K., Maity, K., Mondal, S., dan Maiti, M. (2007). A Chebyshev Approximation For Solving The Optimal Production Inventory Problem of Deteriorating Multi-Item. *Mathematical and Computer Modelling*. 45, 149-161
- [9] Chiu, S.W., Gong, D.C., Chiu, C.L., Chung, C.L. (2011). Joint Determination of The Production Lot Size and Number of Shipment for EPQ Model with Rework. *Mathematical and Computational Applications*. 16 (2), 317 – 328
- [10] Oktavia, N., Henmaidi, Jonrinaldi. (2016). Pengembangan Model Economic Production Quantity (EPQ) dengan Sinkronisasi Demand Kontinu dan Diskrit Secara Simultan. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 15 (1), 78-86

- [11] Chen, Kuang-Ku dan Chiu, Singa Wang. (2011). Replenishment Lot Size and Number of Shipments for EPQ Model Derived Without Derivatives. *Mathematical and Computational Applications*. 16 (3), 753-760