

ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY MULTI PRODUK

MESIN TUNGGAL DENGAN PROSES PENGOLAHAN ULANG

¹Hanif Hadi M, ²Siti Khabibah, ³Bambang Irawanto
^{1,2,3} Jurusan Matematika Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang Semarang 54275
Email : hanifhadi78@gmail.com

Abstract: Efficiency production can be done by rework of the goods with imperfect quality of the resulting decrease in the production process, rework process itself can be done in one cycle and which is separated from the production cycle. With the model of Economic Production Quantity (EPQ) multi products single machine with rework process, will get the size of production and the optimal production time in the production activities are carried out using a multi products single machine and the presence of the reprocessing is done directly in the production cycle, so as to minimize costs. By analyzing the changes in calculation parameters of this model produces policies against the possibility that may occur during the production process.

Keyword: Efficiency production, rework process, *Economic Production Quantity* (EPQ), multi products production

1. Pendahuluan

Produksi yang efisien merupakan terminologi yang relatif dimana hal ini tergantung bagaimana kita menggunakan faktor-faktor produksi secara efektif untuk memproduksi suatu jumlah hasil *output* tertentu. Di negara-negara yang sedang berkembang, biaya tenaga kerja relatif rendah dan biaya investasi (mesin, teknologi, dll.) relatif tinggi (mahal). Oleh karena itu, perusahaan tidak harus menerapkan teknologi-teknologi baru yang lebih modern dan penggunaan mesin otomatis. Untuk itu, harus diusahakan adanya keseimbangan di dalam proses produksi yang ada untuk situasi tertentu (keterbatasan faktor-faktor produksi), sehingga menciptakan hasil produksi yang efisien.

Efisiensi produksi dapat dilakukan dengan pengolahan ulang terhadap hasil produksi yang tidak memenuhi standar, untuk menjaga kualitas hasil produk akhir. Hasil produksi dengan kualitas tidak sempurna pada umumnya disebabkan adanya penurunan proses produksi yang terjadi pada alat produksi dalam setiap siklusnya, sehingga hasilnya tidak sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Adanya pengolahan ulang terhadap produk dengan kualitas tidak sempurna dapat menghemat pengeluaran untuk pembelian bahan baku dan waktu pengiriman barang. Hal ini dapat berdampak pada meningkatnya efisiensi sumber produksi, hasil dan waktu tempuh produksi serta total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pengolahan ulang dapat dilakukan baik dalam satu siklus dengan produksi maupun terpisah dengan siklus produksi. Hal tersebut didasari oleh kebijakan perusahaan terkait dengan kecepatan pengolahan ulang, banyaknya permintaan dan waktu pemenuhan permintaan.

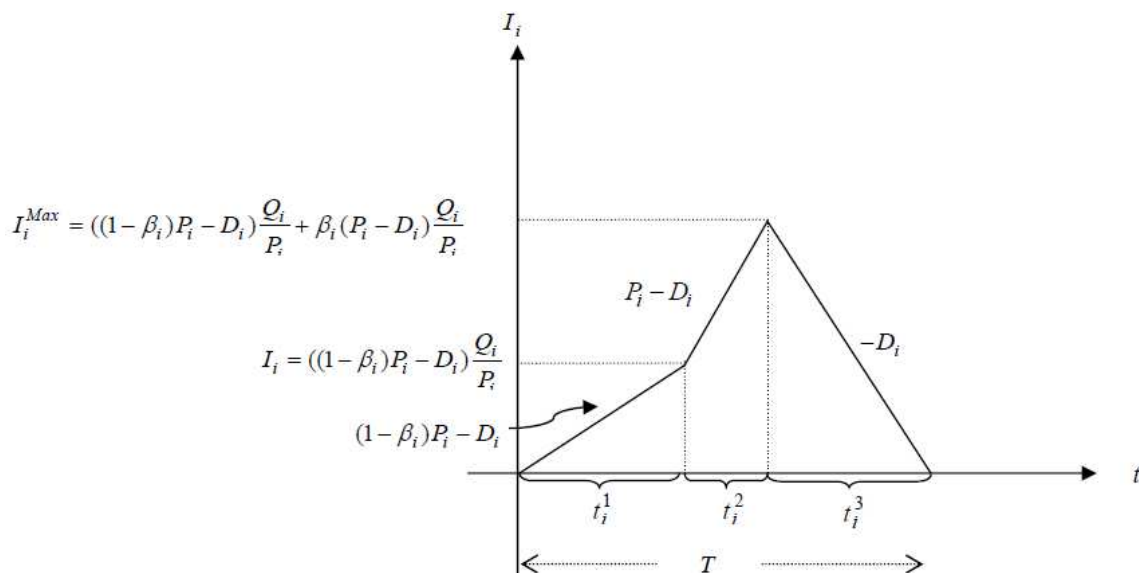
Metode pengambilan keputusan tingkat produksi dapat dilakukan dengan *Economic Production Quantity* (EPQ). EPQ ini digunakan untuk menentukan berapa jumlah bahan baku yang harus diproduksi sehingga meminimalkan biaya persediaan yang terdiri dari biaya

pembuatan dan biaya penyimpanan. Dengan adanya proses pengolahan ulang dalam proses produksi perusahaan, maka dibutuhkan juga model EPQ yang memuat proses pengolahan ulang.

2. Model EPQ Multi Produk Pada Mesin Tunggal dengan Proses Pengolahan Ulang

Asumsi pada model EPQ multi produk pada satu mesin dengan proses pengolahan ulang adalah sebagai berikut: permintaan tiap produk konstan selama periode perencanaan produksi., bagian produk yang rusak masing-masing konstan pada setiap siklus, laju produksi barang yang baik konstan dan lebih besar dibandingkan tingkat permintaan masing-masing produk, tidak ada sisa yang dihasilkan disetiap siklus dan tidak ada kerusakan yang terjadi selama proses pengolahan ulang yang dilakukan secara langsung, produksi dan pengolahan ulang dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang sama pada kecepatan yang sama, tidak diijinkan terjadinya kekurangan stok.

Model EPQ Multi Produk Mesin Tunggal dengan Pengolahan Ulang melibatkan parameter-parameter diantaranya, banyaknya jumlah produksi produk ke-i dalam satu siklus (Q_i), panjang siklus produksi (T), kapasitas produksi produk ke-i setiap tahun (P_i), permintaan produk ke-i tiap tahun (D_i), Persentase jumlah produk yang rusak dari ke-i tiap siklus (β_i), Persediaan produk ke-i pada saat level maksimum ketika proses produksi awal berhenti (I_i), Persediaan produk ke-i dalam unit pada saat level maksimum ketika pengolahan kembali selesai (I_i^{Max}), Biaya produksi dari produk ke-i (C_i^P), Biaya penyimpanan produk ke-i setiap unit untuk per tahun (C_i^h). Model EPQ Model EPQ multi produk mesin tunggal dengan pengolahan ulang dalam satu siklus produksi digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. EPQ multi produk mesin tunggal dengan pengolahan ulang dalam satu siklus

Awalnya masalah dimodelkan sebagai kasus produk tunggal dan kemudian diubah sebagai kasus multi produk. Untuk asumsi dasar dari model EPQ dengan proses pengolahan ulang yang dihasilkan adalah banyaknya jumlah produksi harus lebih besar atau sama dengan

dari jumlah permintaan rata-rata. Maka persamaan pertama yang juga harus dipenuhi pada model ini adalah sebagai berikut:

$$((1 - \beta_i)P_i - D_i) \geq 0 \quad (1)$$

Bedasarkan gambar 2, terlihat bahwa panjang waktu produksi yang dibutuhkan untuk satu kali siklus adalah akumulasi dari waktu produksi awal, pengolahan ulang dan waktu produksi berhenti hingga sampai ketitik awal lagi. Oleh karena itu, panjang siklus adalah:

$$T = t_i^1 + t_i^2 + t_i^3$$

$$T = \sum_{j=1}^3 t_i^j = \frac{Q_i}{D_i} \text{ atau } Q_i = D_i T \quad (2)$$

1. Waktu pada saat produksi awal

$$t_i^1 = \frac{Q_i}{P_i} \quad (3)$$

2. Waktu pada saat pengolahan ulang

$$t_i^2 = \beta_i \frac{Q_i}{P_i} \quad (4)$$

3. Waktu pada saat produksi berhenti

$$\begin{aligned} t_i^3 &= T - t_i^1 - t_i^2 \\ t_i^3 &= \left(\frac{P_i - D_i - \beta_i D_i}{D_i} \right) \left(\frac{Q_i}{P_i} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

Dari **Gambar 1**, juga didapatkan jumlah persediaan pada saat produksi awal dan pengolahan ulang adalah sebagai berikut:

1. Jumlah persediaan produk pada saat produksi awal selesai

Pada tahap ini masih terdapat produk dengan kualitas tidak sempurna yang akan dilanjutkan dengan pengolahan ulang, sehingga dilakukan pemisahan terhadap produk yang dihasilkan berdasarkan kualitas produk. Jumlah yang dihitung pada akhir proses ini hanya jumlah barang dengan kualitas sempurna.

$$I_i = (1 - \beta_i)P_i - D_i \frac{Q_i}{P_i} \quad (6)$$

2. Jumlah persediaan produk pada saat pengolahan ulang selesai

Setelah proses pengolahan ulang selesai, persediaan produk sudah mencapai tahap maksimal. Pada tahap ini jumlah produk yang cacat akan menjadi produk dengan kualitas sempurna dengan tidak ada barang yang gagal didalam proses produksi awal dan pengolahan ulang. Persediaan pada proses ini adalah akumulasi jumlah produk pada produksi awal dengan jumlah produk yang telah sempurna setelah proses pengolahan ulang selesai.

$$I_i^{Max} = I_i + \beta_i(P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} = ((1 - \beta_i)P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} + \beta_i(P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} \quad (7)$$

Total Cost (TC) adalah akumulasi dari biaya persiapan produksi, biaya produksi awal, biaya pengolahan ulang dan biaya penyimpanan sebagai berikut:

$$TC = \overbrace{NA_i}^{\text{Biaya Persiapan}} + \overbrace{NC_i^P Q_i}^{\text{Biaya Produksi}} + \overbrace{NC_i^P \beta_i Q_i}^{\text{biaya pengolahan ulang}} + \overbrace{NC_i^h \left[\frac{I_i}{2} (t_i^1) + \frac{I_i + I_i^{Max}}{2} (t_i^2) + \frac{I_i^{Max}}{2} (t_i^3) \right]}^{\text{biaya penyimpanan}} \quad (8)$$

Model diatas yang merupakan TC untuk produk tunggal, untuk merubah model menjadi multi produk dapat dilakukan dengan menambahkan produk i hingga sejumlah n ($\sum_{i=1}^n$). Pada persamaan selanjutnya dilakukan perubahan terhadap jumlah siklus tiap tahun (N) menjadi $\left(\frac{1}{T}\right)$ dan Q_i menjadi $D_i T$ yang merupakan persamaan sebelumnya, maka diperoleh persamaan TC untuk model EPQ multi produk pada satu mesin dengan pengolahan ulang secara langsung sebagai berikut:

$$TC = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_i^P D_i + \sum_{i=1}^n C_i^P \beta_i D_i + \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{I_i}{2T} (t_i^1) + \frac{I_i + I_i^{Max}}{2T} (t_i^2) + \frac{I_i^{Max}}{2T} (t_i^3) \right] \quad (9)$$

Karena $t_i^1 + t_i^2$ merupakan waktu produksi awal dan pengolahan ulang serta S_i yang merupakan waktu persiapan untuk produk ke- i , penyajian akhir dari waktu produksi, pengerjaan ulang dan awal untuk semua produk akan menjadi $\sum_{i=1}^n (t_i^1 + t_i^2) + \sum_{i=1}^n S_i$, dan harus lebih kecil atau sama dengan dari panjang tempuh (T). Kendala dari model ini adalah:

$$\sum_{i=1}^n (t_i^1 + t_i^2) + \sum_{i=1}^n S_i \leq T \quad (10)$$

Dengan mengubah persamaan diatas menjadi $t_i^1 = \frac{Q_i}{P_i}$ dan $t_i^2 = \beta_i \frac{Q_i}{P_i}$ diperoleh:

$$\sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} T + \sum_{i=1}^n S_i \leq T \quad (11)$$

Dari pembahasan mengenai TC dan kendala diatas diubah sesuai persamaan-persamaan (9) dan (2), maka persamaan TC menjadi:

$$\begin{aligned}
TC = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_i^p D_i + \sum_{i=1}^n C_i^p \beta_i D_i \\
+ \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1 - \beta_i)P_i - D_i)}{2} + \frac{2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)}{2} \beta_i \right. \\
\left. + \left(\frac{((P_i - (1 + \beta_i)D_i)^2)}{2D_i} \right) \left(\frac{D_i}{P_i} \right)^2 \right] T
\end{aligned} \quad (12)$$

Kendala pada persamaan (11) diubah menjadi:

$$T \geq \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\left[1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} \right]} = T_{Min} \quad (13)$$

3. Produksi Optimal

Untuk mendapatkan solusi yang optimal dari model akhir, diberikan bukti dari fungsi konektivitas tujuan untuk menunjukkan bahwa model yang diberikan akan bernilai minimum. Sebuah teknik optimasi menggunakan turunan parsial dilakukan untuk memperoleh solusi yang optimal.

Teorema 1. Fungsi objektif TC persamaan (12) adalah minimum

Bukti: Untuk membuktikan fungsi $TC=Z$ persamaan (12) adalah minimum, turunan pertama dan kedua dari fungsi objektif dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial TC}{\partial T} = -\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{T^2} + \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1 - \beta_i)P_i - D_i)}{2} + \frac{2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)}{2} \beta_i \right. \\
\left. + \left(\frac{((P_i - (1 + \beta_i)D_i)^2)}{2D_i} \right) \left(\frac{D_i}{P_i} \right)^2 \right] = 0
\end{aligned} \quad (14)$$

$$\frac{\partial^2 TC}{\partial T^2} = \frac{2 \sum_{i=1}^n A_i}{T^3} \geq 0 \quad (15)$$

Karena turunan kedua tidak negatif atau lebih dari nol maka fungsi objektif adalah minimum dan solusi biaya total yang dihasilkan adalah minimal.

Turunan pertama TC terhadap T di persamaan (14) dikalikan dengan T^2 akan menghasilkan

$$\begin{aligned}
-\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1 - \beta_i)P_i - D_i)}{2} + \frac{2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)}{2} \beta_i + \left(\frac{((P_i - (1 + \beta_i)D_i)^2)}{2D_i} \right) \left(\frac{D_i}{P_i} \right)^2 \right] T^2 \\
= 0
\end{aligned} \quad (16)$$

$$T^2 = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1 - \beta_i)P_i - D_i)}{2} + \frac{2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)}{2} \beta_i + \left(\frac{((P_i - (1 + \beta_i)D_i)^2)}{2D_i} \right) \left(\frac{D_i}{P_i} \right)^2 \right]}$$

$$T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1 - \beta_i)P_i - D_i)}{2} + \frac{2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)}{2} \beta_i + \left(\frac{((P_i - (1 + \beta_i)D_i)^2)}{2D_i} \right) \left(\frac{D_i}{P_i} \right)^2 \right]}}$$

(17)

4. Prosedur Pencarian Solusi

Untuk mengatasi dan memastikan kelayakan, prosedur solusi berikut harus dilakukan prosedur pencarian solusi:

Langkah 1. Menentukan fisibilitas

Jika $\sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} \leq 1$ dan $[(1 - \beta_i)P_i - D_i] \geq 0$, lanjutkan ke langkah 2, jika tidak memenuhi syarat tersebut maka masalah tidak fisibel dan tidak didapatkan solusi optimal.

Langkah 2. Menghitung T

Menghitung T menggunakan persamaan 17. Jika $T \geq 0$, maka dilanjutkan ke langkah 3, jika tidak maka tidak fisibel dan tidak didapatkan solusi optimal.

Langkah 3. Menghitung T_{Min} dipersamaan (13)

$$T \geq \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\left[1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i}\right]} = T_{Min}$$

Langkah 4. Jika $T \geq T_{Min}$, maka $T^* = T$. Jika tidak maka $T^* = T_{Min}$

Langkah 5. Menghitung Q_i^* dipersamaan (2)

$$Q_i^* = D_i T^*$$

5. Studi Kasus

PT. Asri Furniture merupakan toko futnitr yang berlokasi di Binong Permai, Tangerang dengan luas bangunan 200 m². PT. Asri Furniture memproduksi dan menjual kitchen set yang terdiri dari rak piring, meja makan dan rak piring serta kamar set yang terdiri dari lemari, tempat tidur, meja rias, rak TV dan nakas sebagai. Data perusahaan sebagai berikut:

Produk	D_i (unit)	P_i (unit)	S_i (tahun)	A_i (Rp)	C_i^P (Rp)	C_i^H (Rp)	β_i (%)
Kitchen set	392	810	0,0027	50.000	10.810.300	800.000	0,01
Kamar set	408	900	0,0027	50.000	7.400.500	650.000	0,03

Solusi optimal untuk PT. Asri Furniture

Produk	T_{Min} (tahun)	T (tahun)	T^* (tahun)	Q^* (unit)	Z (Rp)
Kitchen set	0,1219	0,0186	0,1219	47	7.425.994.778
Kamar set				50	

6. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menganalisa dampak solusi optimal jika terjadi perubahan pada parameter yang diberikan pada contoh diatas terhadap perubahan yang mungkin terjadi selama proses produksi berupa kenaikan atau penurunan terhadap kapasitas produksi, penurunan atau kenaikan jumlah kerusakan yang terjadi dalam proses produksi awal, pemesanan yang dilakukan oleh konsumen, waktu persiapan yang berbeda dengan sebelumnya dan biaya persiapan yang berubah. Perubahan dari parameter permasalahan ini perlu dilakukan dalam rangka menghasilkan kebijakan yang akan dikeluarkan oleh perusahaan. Analisis sensitivitas ini dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperkirakan, pada kasus ini analisis ditambahkan dengan penambahan jumlah sebesar 50% dan 20% serta pengurangan sejumlah 20% dan 50%. Maka analisa sensitivitas dilakukan sebagai berikut:

Tingkat perubahan (%)		Perbandingan dengan solusi awal (%)			
		T_{Min}	T	T^*	Z
P_i	+50	-87,7769	-4,83871	-85,4799	-0,333
	+20	-78,671	-3,2258	-78,671	-0,3245
	-20	Tidak fisibel	-	-	-
	-50	Tidak fisibel	-	-	-
A_i	+50	Tetap	22,58	Tetap	0,0055
	+20	Tetap	7,526	Tetap	0,0022
	-20	Tetap	-10,752	Tetap	-0,0022
	-50	Tetap	-30,105	Tetap	-0,0055
D_i	+50	Tidak fisibel	-	-	-
	+20	Tidak fisibel	-	-	-
	-20	-81,1895	7,5268	-81,1895	-20,2527
	-50	-91,5505	33,87	-79,5734	-50,1345
β_i	+50	-84,6046	727,957	26,557	1,008
	+20	-9,3519	0,376344	9,3519	0,3969
	-20	-84,7744	505,2688	-7,6456	-0,39085
	-50	-17,1944	338,0107	-17,1944	-0,96842
S_i	+50	49,549	Tetap	49,549	0,09849
	+20	20,016	Tetap	20,016	0,09289
	-20	-20,0164	Tetap	-20,0164	-0,09197
	-50	-50,7793	Tetap	-50,7793	-0,22579

Peningkatan tingkat akan menghasilkan penghematan waktu produksi sebesar 85,4799% untuk peningkatan tingkat produksi sebesar 50% dan 78,671% untuk peningkatan tingkat sebesar 20%. Penghematan tingkat produksi berakibat pada penghematan total biaya sebesar 0,333% untuk peningkatan tingkat produksi sebesar 50% dan penghematan total biaya sebesar 0,3245% untuk peningkatan tingkat produksi sebesar 20%. Untuk penurunan tingkat produksi baik sebesar 20% maupun 50% akan membuat solusi menjadi tidak fisibel yang menyebabkan tidak bisa didapatkan solusi optimal.

Perubahan terhadap T dan tidak terjadi perubahan terhadap T_{Min} dan T^* sehingga waktu produksi optimal akan tetap sama dengan solusi semula. Peningkatan dan penurunan biaya persiapan sebesar 50% akan mengakibatkan kenaikan dan penurunan total biaya

sebesar 0,00552% dan -0,00552%. Peningkatan dan penurunan biaya persiapan sebesar 20% akan mengakibatkan kenaikan dan penurunan total biaya sebesar 0,0022% dan -0,0022%. Peningkatan jumlah permintaan sebesar 20% dan 50% akan membuat solusi tidak fisibel yang mengakibatkan solusi tidak optimal. Penurunan jumlah permintaan sebesar 20% akan mengakibatkan berkurangnya waktu produksi sebesar 81,1895% dan total biaya akan berkurang menjadi 20,25%. Sementara, penurunan jumlah permintaan sebesar 50% akan mengakibatkan berkurangnya waktu produksi sebesar 79,5734% dan total biaya akan berkurang menjadi 50,1345%.

Peningkatan jumlah barang yang tidak sempurna sebesar 20%, akan membuat bertambahnya waktu siklus produksi sebesar 9,3519% dan menambah total biaya sebesar 0,3969%. Peningkatan jumlah barang yang tidak sempurna sebesar 50%, akan membuat bertambahnya waktu siklus produksi sebesar 26,557% dan menambah total biaya sebesar 1,008%. Sedangkan pengurangan jumlah barang yang tidak sempurna sebesar 20%, akan menghemat waktu siklus produksi sebesar 9,3519% dan menghemat total biaya sebesar 0,3969%. Sementara pengurangan jumlah barang yang tidak sempurna sebesar 50%, akan menghemat waktu siklus produksi sebesar 17,1944% dan menghemat total biaya sebesar 0,96842%.

Keterlambatan waktu persediaan sebesar 20% akan mengakibatkan bertambahnya waktu siklus produksi optimal sebesar 20,016% dan menyebabkan kenaikan total biaya sebesar 0,09289%. Keterlambatan waktu persediaan sebesar 50% akan mengakibatkan bertambahnya waktu siklus produksi optimal sebesar 49,549% dan menyebabkan kenaikan total biaya sebesar 0,09849%. Sedangkan, waktu persiapan yang lebih cepat waktu persediaan sebesar 20% akan mengakibatkan berkurangnya waktu siklus produksi optimal sebesar 20,0164% dan menyebabkan penurunan total biaya sebesar 0,09197%. Sementara itu, Sedangkan, waktu persiapan yang lebih cepat waktu persediaan sebesar 50% akan mengakibatkan berkurangnya waktu siklus produksi optimal sebesar 50,7793% dan menyebabkan penurunan total biaya sebesar 0,22579%.

7. Kesimpulan

Model EPQ multi produk dengan pengolahan ulang secara langsung merupakan model EPQ yang terdapat proses pengolahan ulang akibat terdapatnya sejumlah produksi dengan kualitas tidak sempurna sebagai akibat dari terjadinya penurunan proses produksi. Langkah dalam mencari waktu produksi optimal (T^*) terlebih dahulu mencari T dan kemudian dibandingkan dengan T_{Min} yang didapatkan dari persamaan kendala. Jumlah produksi optimal didapatkan dengan mengalikan T^* dengan jumlah permintaan.

Setelah semua tahap terpenuhi dapat dicari biaya optimal yang dikeluarkan pada proses produksi berdasarkan model EPQ ini. Analisis sensitivitas juga dilakukan untuk melihat toleransi perubahan parameter untuk mempersiapkan kebijakan operasional perusahaan terhadap kemungkinan yang bisa terjadi.

Pengaplikasian model EPQ dilakukan dengan studi kasus PT. Asri Furniture. Studi kasus terhadap PT. Asri Furniture dalam keadaan ideal menghasilkan solusi optimal pada jumlah produksi kitchen set sebanyak 47 unit dan kamar set sebanyak 50 unit produksi tiap 0,1219 tahun dengan total biaya Rp 7.425.994.778. Dengan adanya analisis sensitivitas pada produksi PT. Asri Furniture terlihat perubahan hasil produksi dengan adanya perubahan

parameter. Analisis sensitivitas ini dimaksudkan untuk memberikan kebijakan atas perubahan parameter yang dapat terjadi dalam sistem produksi.

8. Referensi

- [1] Allah, Ata T., Eduardo, Leopoldo C., Biabani, J. and Nikousokhan, R., 2011, *Multi products single machine EPQ model with immediate rework process*, Iran University of Science & Technology, Iran, pp 92-103.
- [2] Eko, Richardus I., Djokopranoto, R., *Dari MRP material requirement planning menuju ERP enterprise resource planning*.
- [3] Hakim, Arman N., Prasetyawan, Yudha, 2008, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- [4] *Industry facts and figures*, 2011, Indonesia ministry of industry
- [5] Kementerian Perindustrian, 2012, *Pertumbuhan Industri tetap 7,1 persen*.
<http://www.kemenperin.go.id/artikel/2824/Pertumbuhan-Industri-Tetap-7,1-sPersen>
(diakses pada tanggal 12 April 2012)
- [6] Purcel J.Edwin, Dale Varberg, Steven E. Rigdon, 2004, *Kalkulus Edisi Kedelapan Jilid 1*, Jakarta, Erlangga.
- [7] Reksohadiprodjo, S., Gitosudarmo,I., 1992, *Manajemen produksi*, BPFE, Yogyakarta.