

**MODEL *EPQ* (*Economic Production Quantity*) DENGAN
PROSES PENGOLAHAN ULANG
(Studi Kasus Pada CV. TOP TEN TOBACCO, KEDIRI)**

SKRIPSI

oleh
MOH. BAHRUL MUNIR
0910940060-94



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**MODEL *EPQ* (*Economic Production Quantity*) DENGAN
PROSES PENGOLAHAN ULANG
(Studi Kasus Pada CV. TOP TEN TOBACCO, KEDIRI)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Matematika

oleh
MOH. BAHRUL MUNIR
0910940060-94



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**MODEL *EPQ* (*Economic Production Quantity*) DENGAN
PROSES PENGOLAHAN ULANG
(Studi Kasus Pada CV. TOP TEN TOBACCO, KEDIRI)**

oleh

MOH. BAHRUL MUNIR

0910940060-94

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 27 Desember 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Matematika

Pembimbing

Ratno Bagus E. W., S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197509082000031003

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Drs. Abdul Rouf A., M.Sc., Ph.D

NIP. 196709071992031001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Moh. Bahrul Munir
NIM : 0910940060
Jurusan : Matematika
Penulis skripsi berjudul : **MODEL EPQ (Economic Production Quantity) DENGAN PROSES PENGOLAHAN ULANG (Studi Kasus Pada CV. TOP TEN TOBACCO, KEDIRI)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah hasil pemikiran saya, bukan hasil plagiat dari tulisan orang lain. Rujukan-rujukan yang tercantum pada daftar pustaka hanya digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila suatu saat nanti diketahui bahwa isi skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran.

Malang, 27 Desember 2013
yang menyatakan,

Moh. Bahrul Munir
NIM 0910940060

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



MODEL *EPQ* (*Economic Production Quantity*) DENGAN PROSES PENGOLAHAN ULANG

ABSTRAK

Persediaan merupakan barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada masa atau periode yang akan datang. Pengendalian persediaan sangatlah penting untuk setiap perusahaan karena dapat mendorong kelancaran dalam proses produksi serta dapat menekan biaya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menekan biaya agar didapatkan hasil produksi yang optimal adalah dengan pengolahan ulang terhadap hasil produksi yang tidak sempurna. Dalam skripsi ini dibahas tentang model persediaan *EPQ* (*Economic Production Quantity*) dengan proses pengolahan ulang. Model *EPQ* (*Economic Production Quantity*) dengan proses pengolahan ulang mempertimbangkan hasil produksi yang tidak sempurna untuk diolah kembali sebagai upaya penghematan pengeluaran dalam pembelian bahan baku. Biaya total persediaan yang digunakan di dalam model Model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang ini meliputi biaya produksi, biaya persiapan, biaya pengolahan ulang dan biaya penyimpanan. Fungsi dari model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang ini terbukti *strictly konvex* dan didapatkan solusi optimal. Dalam penerapannya pada CV. Top Ten Tobacco pada bulan Januari sampai Juni tahun 2012 didapatkan periode optimal 0,4938 atau 90 hari dengan total biaya persediaan sebesar Rp 17.034.629.836,49. Total penghematan yang diperoleh perusahaan sebesar 12,66% setiap 90 hari dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp 19.504.168.242,25.

Kata kunci: model *EPQ*, persediaan, proses pengolahan ulang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



EPQ (Economic Production Quantity) MODEL WITH REWORK PROCESS

ABSTRACT

Inventory can be defined as items that saved in order to used or sold in the future or in the next period. Inventory management become very important for every factory, because it is determine the continuity of production process and minimize the cost. One of many ways that can be do to press the cost in order to get optimal production result is by doing rework process on imperfect product. This final project discuss about an EPQ (Economic Production Quantity) inventory model with rework process. This EPQ (Economic Production Quantity) inventory model consider the imperfect production result to be reworked in order to press the cost. The total cost can be defined as the sum of production cost, setup cost, rework cost, and holding cost. The obtained function of EPQ model with rework process are stricly konvex and the cost is optimal. On it application in CV. Top Ten Tobacco in January to June 2012 the obtained optimal periode is 0,4938 or 90 days and the obtained total cost is Rp 17.034.629.836,49. The total savings from the company by 12.66% every 90 days compared with the cost of Rp 19.504.168.242,25.

Keywords : *EPQ models, inventory, rework process.*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Model EPQ (Economic Production Quantity) dengan Proses Pengolahan Ulang* dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. sebagai suri tauladan bagi penulis.

Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada

1. Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, motivasi, bantuan, serta kesabaran yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini,
2. Prof. Dr. Agus Widodo, M.Kes. dan Drs. Imam Nurhadi P., MT. selaku dosen penguji, atas segala kritik dan saran yang telah diberikan untuk perbaikan skripsi ini,
3. Drs. Abdul Rouf A., MSc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Matematika, Dr. Sobri Abusini, MT. selaku Ketua Program Studi Matematika, dan Prof. Dr. Marjono, M.Phil selaku dosen Penasihat Akademik atas segala pengarahan, motivasi dan ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan studi,
4. Seluruh dosen Jurusan Matematika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis, serta segenap staf dan karyawan TU Jurusan Matematika atas segala bantuannya.
5. Kedua orang tua tercinta bapak Makali, ibu Sumarmi, serta kakak, dan seluruh keluarga besar atas segala doa, bantuan, dan motivasi yang tak pernah habis diberikan.
6. Reza, Ochie, Fawzan, Iqwan, Nuris, Sylvia, Ulya, Rofiq serta teman-teman seperjuangan Matematika 2009 yang tidak bisa saya sebutkan atas semua motivasi dan kesediaan bantuannya kapan pun penulis perlukan.
7. Keluarga besar Apartemen Al Jabar dan Kabinet SIGMA BEM FMIPA UB 2012 khususnya teman-teman departemen Advokesma atas semangat dan motivasinya yang telah diberikan serta kebersamaannya selama ini,
8. Pimpinan CV. Top Ten Tobacco atas bantuannya yang telah

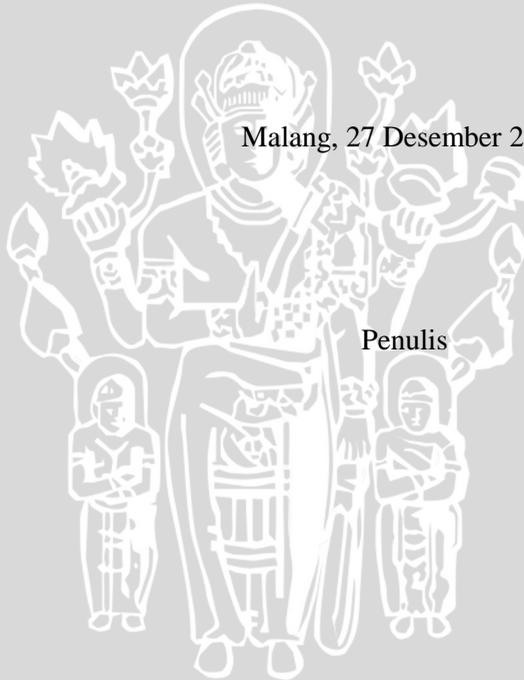
diberikan selama penulis melakukan penelitian.

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan anugerah dan barokah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Sebagai manusia yang memiliki keterbatasan dan tidak luput dari kesalahan, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, melalui email ke alamat moh.b.munir@gmail.com.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, serta menjadi sumber inspirasi untuk penulisan skripsi selanjutnya.

Malang, 27 Desember 2013



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Model <i>EPQ</i>	5
2.2 Turunan	8
2.3 Konveksitas	10
2.3.1 Uji Konveksitas	10
2.4 Analisis Sensitivitas	10
2.5 Persediaan	11
2.5.1 Pengendalian Persediaan	11
2.5.2 Tujuan Persediaan	11
2.5.3 Jenis Persediaan	12
2.5.4 Biaya Persediaan	12
2.5.5 Faktor Penentu Persediaan	15
2.5.6 Model Persediaan	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat Penelitian	17

3.2 Deskripsi Umum Daerah Studi	17
3.3 Sumber Data	17
3.4 Metode Pengumpulan Data	18
3.5 Rancangan Penelitian	19
3.6 Pengolahan Data	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model <i>EPQ</i> dengan proses pengolahan ulang	23
4.1.1 Biaya Produksi	25
4.1.2 Biaya Persiapan	26
4.1.3 Biaya Pengolahan Ulang	26
4.1.4 Biaya Penyimpanan	26
4.2 Uji Konveksitas.....	30
4.3 Periode Produksi Optimal (T^*)	31
4.4 Kuantitas Produksi Optimal (Q_i)	32
4.5 Penerapan Model <i>EPQ</i> dengan Proses Pengolahan Ulang pada CV. Top Ten Tobacco.....	33
4.5.1 Periode Produksi Optimal (T^*)	33
4.5.2 Kuantitas Produksi Optimal (Q_i)	34
4.5.3 Minimal Total <i>Cost</i> (TC)	35
4.6 Analisis Sensitivitas.....	36
4.6.1 Perubahan Tingkat Produksi (P_i).....	36
4.6.2 Perubahan Tingkat Permintaan (D_i)	37
4.6.3 Perubahan Prosentase kerusakan (β_i)	38
4.6.4 Perubahan Waktu Persiapan (S_i)	39
4.6.5 Perubahan Biaya Persiapan (A_i).....	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	42

DAFTAR PUSTAKA	43
-----------------------------	----

LAMPIRAN	45
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Model <i>EPQ</i>	10
Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian model <i>EPQ</i> dengan proses pengolahan ulang	19
Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data model <i>EPQ</i> dengan proses pengolahan ulang	20
Gambar 4.1 Model <i>EPQ</i> dengan Proses Pengolahan Ulang	23

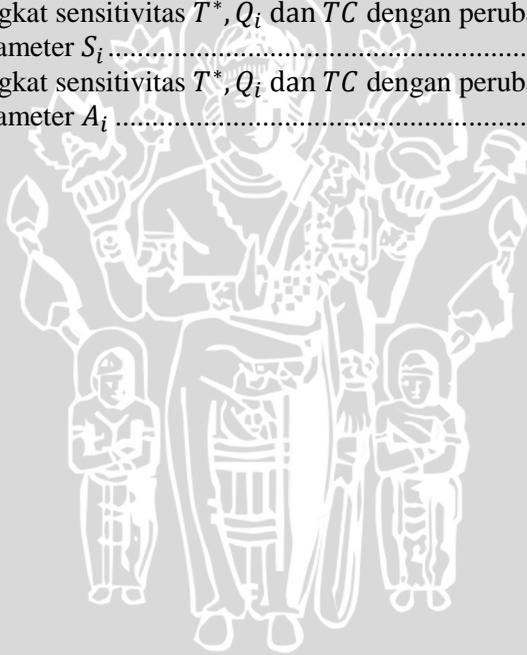


UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Produksi	33
Tabel 4.2 Periode Produksi	34
Tabel 4.3 Kuantitas Produksi	34
Tabel 4.4 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter P_i	36
Tabel 4.5 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter D_i	37
Tabel 4.6 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter β_i	38
Tabel 4.7 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter S_i	39
Tabel 4.8 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter A_i	40



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data Produksi CV. Top Ten Tobacco 45
Lampiran 2	Hasil perhitungan T^* , Q_i dan TC 46
Lampiran 3	Analisis sensitivitas pada variabel T^* , Q_i dan TC terhadap perubahan parameter P_i , D_i , β_i , A_i , S_i47
Lampiran 4	<i>Design Interface Model EPQ</i> dengan Proses Pengolahan Ulang49
Lampiran 5	<i>Listing Program Model EPQ</i> dengan Proses Pengolahan Ulang50

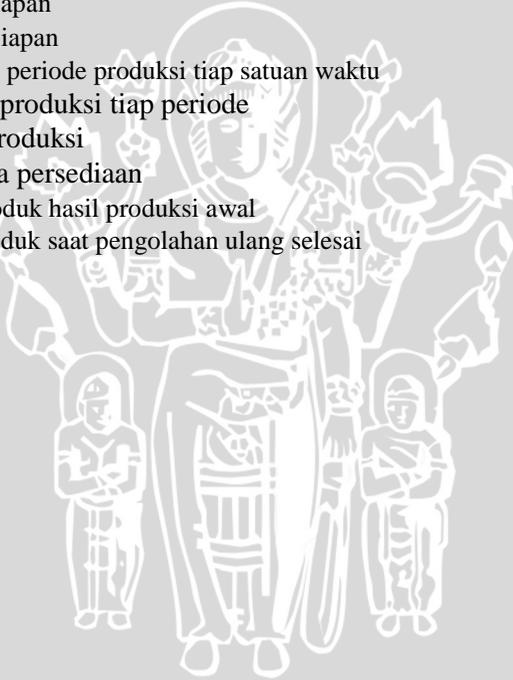


UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR SIMBOL

- T_P : total biaya produksi
 T_0 : total biaya persiapan
 T_r : total biaya pengolahan ulang
 T_S : total biaya penyimpanan
 D_i : tingkat permintaan
 P_i : tingkat produksi
 β_i : prosentase produk yang rusak/satuan waktu
 C_i^P : biaya produksi/unit
 C_i^h : biaya penyimpanan/unit/satuan waktu
 A_i : biaya persiapan
 S_i : waktu persiapan
 N : banyaknya periode produksi tiap satuan waktu
 Q_i : kuantitas produksi tiap periode
 T : periode produksi
 TC : total biaya persediaan
 I_i : jumlah produk hasil produksi awal
 I_i^{max} : jumlah produk saat pengolahan ulang selesai



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan zaman, kondisi persaingan yang ada di dunia usaha saat ini semakin ketat. Hal ini disebabkan tuntutan konsumen terhadap suatu produk tidak terbatas pada harga dan kualitas saja, tetapi juga pada pelayanan yang diberikan. Pelayanan yang dimaksud dapat berupa ketersediaan produk yang diinginkan konsumen dengan kuantitas dan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan.

Untuk menyediakan produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen baik dari segi kualitas maupun kuantitas, perusahaan harus pandai dalam mengelola persediaan bahan baku dan hasil produksi, karena keduanya mempunyai hubungan langsung dalam kegiatan produksi. Bahan baku merupakan komponen utama dalam suatu proses produksi. Dengan pengelolaan bahan baku secara efisien, dapat mendorong kelancaran dalam proses produksi serta dapat menekan biayanya pula.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menekan biaya produksi agar optimal adalah dengan pengolahan ulang terhadap hasil produksi yang tidak sempurna. Adanya pengolahan ulang terhadap produk dengan kualitas tidak sempurna dapat menghemat pengeluaran untuk pembelian bahan baku. Hal ini dapat berdampak pada meningkatnya efisiensi sumber produksi, hasil dan waktu tempuh produksi serta total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Dari permasalahan tersebut, dapat dimodelkan dengan model *Economic Production Quantity (EPQ)*. Model *EPQ* sering digunakan untuk menentukan kuantitas produksi yang optimal dan meminimumkan total biaya persediaan (Taleizadeh dkk, 2011). Maghfiroh (2011) telah membahas model *EPQ* dengan *backorder* yang digunakan untuk menghindari terjadinya kerugian dalam proses produksi yang diakibatkan hasil produksi yang tidak sempurna. Berbeda dengan Maghfiroh, dalam skripsi ini apabila ada produk yang kurang sempurna akan diolah ulang untuk menghemat pengeluaran untuk pembelian bahan baku. Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan dibahas mengenai model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang.

Guna mempermudah pemahaman terhadap model tersebut, maka dalam skripsi ini dilakukan studi kasus pada CV. Top Ten Tobacco. CV. Top Ten Tobacco adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri rokok. Beberapa produk CV. Top Ten Tobacco yang digunakan untuk studi kasus dalam skripsi ini antara lain Tajimas King dan Tajimas Kingdom.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, pokok permasalahan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memformulasikan model EPQ dengan proses pengolahan ulang?
2. Bagaimana menentukan periode produksi dan kuantitas produksi untuk meminimumkan total biaya produksi pada model EPQ dengan proses pengolahan ulang?
3. Bagaimana tingkat sensitivitas T^* , Q_i , dan TC jika terjadi perubahan parameter P_i , D_i , β_i , A_i , dan S_i ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang menjadi asumsi dasar dalam Skripsi ini yaitu sebagai berikut.

1. Produk yang rusak masing-masing konstan pada setiap periode.
2. Tidak ada barang yang cacat setelah proses pengerjaan ulang dan dihasilkan produk dengan kualitas yang sama.
3. Tingkat produksi masing-masing barang lebih besar dibanding dengan tingkat permintaan masing-masing barang.
4. Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data historis CV. Top Ten Tobacco pada bulan Januari sampai Juni tahun 2012.
5. Model ini hanya dapat diterapkan pada produk yang dapat diolah ulang.
6. Mesin yang digunakan untuk memproduksi semua jenis rokok adalah mesin dengan jenis yang sama.
7. Produk yang dapat diolah ulang adalah produk yang kerusakannya karena rokok terlalu keras atau terlalu lembek, sobek kertas pembungkusnya, dan patah pada saat proses produksi.

8. Produk yang dapat diolah ulang hanya produk yang tembakaunya tidak mengalami kerusakannya.

1.4 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Memahami formulasi model EPQ dengan proses pengolahan ulang.
2. Menentukan periode produksi dan kuantitas produksi untuk meminimumkan total biaya produksi pada model EPQ dengan proses pengolahan ulang.
3. Mengetahui tingkat sensitivitas T^* , Q_i , dan TC jika terjadi perubahan parameter P_i , D_i , β_i , A_i , dan S_i .



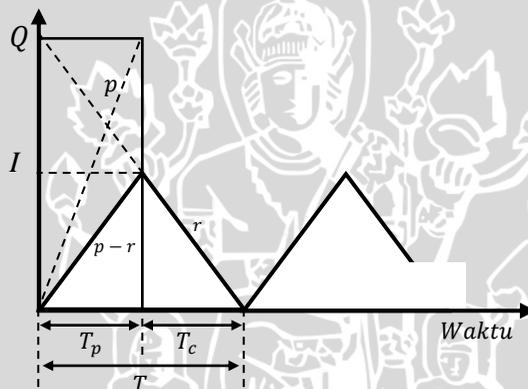
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model *EPQ*

Model *EPQ* mengasumsikan penambahan hasil produksi secara berangsur-angsur berlanjut ke stock (pengisian persediaan). Dengan suatu pengisian persediaan berdasarkan suatu tingkat yang terbatas, maka tingkat persediaan tidak akan pernah sama besar dengan jumlah ukuran pemesanan, karena konsumsi sekaligus produksi akan secara serempak terjadi sepanjang periode produksi keduanya pada tingkat yang ada (Ristono, 2009).



Gambar 2.1 Model *EPQ*

Model *EPQ* dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 2.1. Apabila tidak terdapat permintaan dalam selang waktu T_p , maka persediaan pasti akan mencapai pada jumlah kuantitas sebesar Q . Tetapi jika ada permintaan dengan laju sebanyak r unit per satuan waktu, dengan p lebih besar dari r , maka jumlah tidak akan mencapai jumlah Q , karena selama interval waktu T_p tersebut barang yang diproduksi telah dikurangi karena adanya permintaan, sehingga laju pengiriman ke gudang yang seharusnya sebesar p menjadi $p-r$. Sepanjang produksi terjadi, tingkat persediaan akan terus meningkat dengan kecepatan $p-r$. Tetapi pada saat nilai persediaan mencapai

maksimum (I), proses produksi sudah berhenti. Sementara itu, permintaan dengan laju tetap sebesar r selama interval waktu T_c menjadikan grafik berubah menurun sampai posisi level persediaan mencapai titik nol kembali. Tingkat persediaan yang maksimum tersebut adalah $(p - r)T_p$ dan $T_p = \frac{Q}{p}$. Karena tingkat persediaan mencakup antara nol sampai dengan tingkat yang paling maksimum $\frac{Q(p-r)}{p}$ maka rata-rata persediaan hanya setengah dari persediaan maksimum. Faktor $\frac{(p-r)}{p}$ merupakan fraksi atau persentase dari ukuran kuantitas Q yang menunjukkan berapa jumlah unit yang ada dalam persediaan pada ujung periode produksi (Ristono, 2009).

Biaya total persediaan (TC) untuk model EPQ adalah jumlah dari biaya pembelian (T_B), biaya penyimpanan (T_s) dan biaya pemesanan (T_o).

$$\begin{aligned}
 TC &= T_B + T_o + T_s \\
 &= PR + Cf + H \frac{I}{2} \\
 &= PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + H \left(\frac{pT_p - rT_p}{2} \right) \\
 &= PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) \left(p \frac{Q}{p} - r \frac{Q}{p} \right) \\
 &= PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) \left(Q - r \frac{Q}{p} \right) \\
 &= PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + \left(\frac{HQ}{2} \right) \left(1 - \frac{r}{p} \right)
 \end{aligned}$$

Karena fungsi biaya persediaan tersebut memiliki satu variabel keputusan, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$TC(Q) = PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + \left(\frac{HQ}{2} \right) \left(1 - \frac{r}{p} \right) \quad (2.1)$$

Dengan TC = total biaya persediaan
 T_s = total biaya penyimpanan
 T_o = total biaya pemesanan
 T_B = total biaya pembelian
 R = jumlah permintaan
 Q = kuantitas pemesanan
 H = biaya simpan /unit/satuan waktu
 C = biaya pesan/setiap kali pesan
 P = harga barang
 f = frekuensi pemesanan
 I = persediaan maksimum
 T_p = periode produksi
 r = laju permintaan
 p = laju produksi

Secara analitis, dikatakan bahwa apabila sebuah fungsi berupa cekungan (parabola ke atas) atau cembungan (parabola ke bawah) atau yang lebih dikenal dengan nama fungsi konveks atau fungsi konkaf, maka fungsi tersebut akan memiliki nilai minimum atau maksimum. Titik optimal tersebut dikatakan sebagai titik balik atau titik kritis. Pada titik ini, maka nilai derajat kemiringan garis singgungnya adalah nol. Gradien garis singgung di titik kritis diperoleh dengan cara menurunkan persamaan (2.1) terhadap variabel keputusannya.

Fungsi persediaannya adalah

$$TC(Q) = PR + C \left(\frac{r}{Q} \right) + \left(\frac{HQ}{2} \right) \left(1 - \frac{r}{p} \right)$$

Sehingga jika dicari gradien garis (m) yang melewati titik kritis akan didapatkan

$$m = \frac{dTC(Q)}{dQ} = -\frac{CR}{Q^2} + \frac{H(p-r)}{2p}$$

Karena syarat titik balik adalah $m = 0$, maka didapatkan

$$\frac{H(p-r)}{2p} - \frac{CR}{Q^2} = 0 \quad \text{Atau} \quad \frac{CR}{Q^2} = \frac{H(p-r)}{2p}$$

sehingga diperoleh

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CRp}{H(p-r)}}$$

Ekspresi $Q^* = \sqrt{\frac{2CRp}{H(p-r)}}$ dikenal sebagai formula kuantitas produksi ekonomis (Ristono, 2009).

2.2 Turunan

Definisi 2.2.1:

Turunan fungsi f adalah fungsi lain f' (dibaca " f aksen") yang nilainya pada sebarang bilangan c adalah

$$f'(c) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(c+h) - f(c)}{h}$$

asal mempunyai limit. Berbagai cara dapat dilakukan untuk mencari sebuah turunan tanpa harus mencari hasil bagi selisih dan menghitung limitnya.

Teorema 2.2.1 (aturan fungsi konstanta)

Jika $f(x) = k$, dengan k merupakan suatu konstanta maka untuk sebarang x , $f'(x) = 0$, yakni

$$D(k) = 0$$

Teorema 2.2.2 (aturan fungsi identitas)

Jika $f(x) = x$, maka $f'(x) = 1$, yakni

$$D(x) = 1$$

Teorema 2.2.3 (aturan pangkat)

Jika $f(x) = x^n$, dengan n bilangan-bilangan bulat positif, maka $f'(x) = nx^{n-1}$, yakni

$$D(x^n) = nx^{n-1}$$

Teorema 2.2.4 (aturan kelipatan konstanta)

Jika k merupakan suatu konstanta dan f suatu fungsi yang terdiferensialkan, maka $(kf)'(x) = kf'(x)$, yakni

$$D[kf(x)] = kDf(x)$$

Teorema 2.2.5 (aturan jumlah)

Jika f dan g fungsi-fungsi yang terdiferensialkan, maka $(f + g)'(x) = f'(x) + g'(x)$, yakni

$$D[f(x) + g(x)] = Df(x) + Dg(x)$$

Teorema 2.2.6 (aturan selisih)

Jika f dan g fungsi-fungsi yang terdiferensialkan, maka $(f - g)'(x) = f'(x) - g'(x)$, yakni

$$D[f(x) - g(x)] = Df(x) - Dg(x)$$

Teorema 2.2.7 (aturan hasil kali)

Andaikan f dan g fungsi-fungsi yang dapat didiferensialkan, maka $(fg)'(x) = f(x)g'(x) + g(x)f'(x)$, yakni

$$D[f(x)g(x)] = f(x)Dg(x) + g(x)Df(x)$$

Teorema 2.2.8 (aturan hasil bagi)

Andaikan f dan g fungsi-fungsi yang dapat didiferensialkan dengan $g(x) \neq 0$, maka

$$\left(\frac{f}{g}\right)'(x) = \frac{g(x)f'(x) - f(x)g'(x)}{g^2(x)}, \text{ yakni}$$

$$D\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right) = \frac{g(x)Df(x) - f(x)Dg(x)}{g^2(x)}$$

(Purcell dan Verberg, 1987).

2.3 Konveksitas

Definisi 2.3.1 Konveksitas:

Fungsi $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ disebut konveks apabila memenuhi

$$f(\tau x + (1 - \tau)y) \leq \tau f(x) + (1 - \tau)f(y)$$

untuk semua $x, y \in \mathbb{R}$ dan $0 \leq \tau \leq 1$.

(Evans,1997)

2.3.1 Uji Konveksitas

Uji konveksitas untuk fungsi dengan variabel tunggal yaitu memperhatikan beberapa fungsi dengan variabel tunggal $f(x)$ yang memiliki turunan kedua untuk semua nilai x yang mungkin, sehingga $f(x)$ adalah

1. *Convex* jika $\frac{d^2f(x)}{dx^2} \geq 0$ untuk semua nilai x yang mungkin,
2. *Stricly convex* jika $\frac{d^2f(x)}{dx^2} > 0$ untuk semua nilai x yang mungkin,
3. *Konkaf* jika $\frac{d^2f(x)}{dx^2} \leq 0$ untuk semua nilai x yang mungkin,
4. *Stricly konkaf* jika $\frac{d^2f(x)}{dx^2} < 0$ untuk semua nilai x yang mungkin.

(Hillier dan Lieberman, 2008)

2.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas sering disebut juga analisis pasca optimalitas, karena analisis ini hanya bisa dilakukan setelah penyelesaian yang optimal tercapai. Analisis ini digunakan untuk melakukan interpretasi penyelesaian yang telah dicapai sehingga menjadi lebih mudah dipahami (Agustini dan Rahmadi, 2004).

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang berkaitan dengan perubahan parameter diskrit untuk melihat berapa besar perubahan dapat ditoleransi sebelum solusi optimum mulai kehilangan optimalitasnya. Solusi dikatakan sangat sensitif terhadap perubahan parameter jika suatu perubahan kecil dalam parameter tersebut menyebabkan perubahan drastis dalam solusi. Sebaliknya, jika

perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi dikatakan solusi relatif insensitif terhadap nilai parameter itu (Mulyono, 1991).

2.5 Persediaan

Persediaan merupakan suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode tertentu, atau persediaan barang-barang yang masih dalam pengerjaan/proses produksi, ataupun persediaan bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi (Rangkuti, 1996). Sementara itu, menurut Ristono (2009) persediaan dapat diartikan sebagai barang-barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada masa atau periode yang akan datang.

2.5.1 Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan (*inventory*) merupakan pengumpulan atau penyimpanan komoditas yang digunakan untuk memenuhi permintaan dari waktu ke waktu. Bentuk persediaan itu bisa berupa bahan mentah, komponen, barang setengah jadi, *spare part*, dan lain-lain (Aminudin, 2005). Ciri khas dari model persediaan adalah solusi optimalnya difokuskan untuk menjamin persediaan dengan biaya yang serendah-rendahnya (Ristono, 2009).

Persediaan sangat penting bagi setiap perusahaan, baik perusahaan jasa maupun manufaktur. Tujuannya adalah untuk mengantisipasi ketidakmampuan perusahaan dalam memenuhi keinginan pelanggan karena tidak selamanya barang dan jasa tersedia setiap saat. Untuk itulah manajemen persediaan sangat diperlukan di setiap perusahaan (Rangkuti, 1996).

2.5.2 Tujuan Persediaan

Pengendalian persediaan yang dijalankan oleh suatu perusahaan sudah tentu memiliki tujuan-tujuan tertentu. Tujuan pengelolaan persediaan adalah sebagai berikut.

1. Untuk dapat memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat (memuaskan konsumen).

2. Untuk menjaga kontinuitas produksi atau menjaga agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Hal ini dikarenakan oleh:
 - a. kemungkinan barang (bahan baku dan penolong) menjadi langka sehingga sulit untuk diperoleh,
 - b. kemungkinan *supplier* terlambat mengirimkan barang yang dipesan.
3. Untuk mempertahankan dan bila mungkin meningkatkan penjualan dan laba perusahaan.
4. Menjaga agar pembelian secara kecil-kecilan dapat dihindari, karena dapat mengakibatkan ongkos pesan menjadi besar.
5. Menjaga supaya penyimpanan dalam *emplacement* tidak berlebihan karena akan mengakibatkan biaya menjadi besar.
(Ristono, 2009)

2.5.3 Jenis Persediaan

Jenis persediaan memiliki karakteristik tersendiri dan cara pengelolaan yang berbeda. Persediaan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis.

1. Persediaan bahan mentah (*raw material*) yaitu persediaan barang-barang berwujud, seperti besi, kayu, serta komponen-komponen lain yang digunakan dalam proses produksi.
2. Persediaan bahan penolong (*supplies*), yaitu persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses produksi, tetapi bukan merupakan bagian atau komponen barang jadi.
3. Persediaan barang jadi (*finished goods*), yaitu persediaan barang-barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap dijual atau dikirim kepada pelanggan.
(Rangkuti, 1996)

2.5.4 Biaya Persediaan

Bagi perusahaan yang melakukan kegiatan produksi, persediaan merupakan faktor yang paling utama karena tanpa persediaan yang cukup produksi akan terhambat. Biaya yang dikeluarkan bukan hanya biaya penyimpanan persediaan di gudang,

melainkan harus diperhitungkan pula biaya yang dikeluarkan mulai dari pemesanan sampai barang tersebut masuk ke dalam proses produksi dan kembali ke gudang sebagai barang jadi. Oleh karena itu, biaya persediaan dapat dibedakan oleh faktor-faktor sebagai berikut.

1. Biaya Pembelian (*Purchase cost*)

Biaya pembelian adalah harga per unit apabila *item* dibeli dari pihak luar, atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan atau dapat dikatakan pula bahwa biaya pembelian adalah dari biaya yang digunakan untuk membeli suku cadang. Namun, karena biaya pembelian bahan per unit tidak terpengaruh pada keputusan apapun yang diambil, sehingga biaya pembelian bahan per unit tidak perlu dalam pengambilan keputusan.

2. Biaya Pemesanan atau Biaya Persiapan (*Order Cost/Set Up Cost*)

Ordering cost adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan pemesanan barang ke *supplier*. Besar kecilnya biaya pemesanan tergantung pada frekuensi pemesanan. Semakin sering memesan barang maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar dan sebaliknya. Biaya pemesanan adalah biaya yang berasal dari pembelian pesanan (*set up cost*) untuk suatu produk yang diproduksi di dalam perusahaan, atau dapat pula diartikan sebagai biaya yang diperlukan pada saat mendatangkan barang atau biaya yang diperlukan untuk memesan barang setiap kali akan mendatangkan barang. Semua biaya yang timbul akan ditanggung oleh perusahaan pemesan barang. Biaya pemesanan secara terperinci meliputi

a. Biaya persiapan pemesanan, antara lain

- biaya telepon atau ongkos menghubungi supplier,
- pengeluaran surat menyurat.

b. Biaya penerimaan barang, seperti

- biaya pembongkaran dan pemasukan ke gudang,
- biaya laporan penerimaan barang,
- biaya pemeriksaan barang atau biaya pengecualian.

c. Biaya pengiriman pesanan ke gudang (pengangkutan sampai tujuan).

d. Biaya-biaya proses pembayaran, seperti biaya pembuatan cek, pengiriman cek, atau biaya transfer ke bank *supplier*, dan sebagainya.

Biaya pemesanan tidak naik bila kuantitas pesanan sekali pesan bertambah besar, sehingga semakin banyak *item* komponen (semakin besar jumlah yang dipesan) dalam sekali pesan maka biaya pesan per unit akan turun. Semakin sedikit *item* barang dan semakin sedikit jumlah dalam sekali pesan maka akan semakin besar biaya pesan per unit.

3. Biaya Simpan (*Carrying cost/Holding Cost/Storage Cost*)

Biaya simpan adalah biaya yang dikeluarkan atas investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik untuk menyimpan persediaan, atau dapat pula dikatakan bahwa biaya simpan adalah semua biaya yang timbul akibat penyimpanan barang maupun bahan. Diantaranya adalah biaya fasilitas penyimpanan, sewa gudang, keusangan/kerusakan barang maupun bahan, pajak, asuransi, dan lain-lain. Besar kecilnya biaya simpan tergantung pada jumlah rata-rata barang yang di simpan di gudang. Semakin banyak rata-rata persediaan, maka biaya simpan juga akan semakin besar, dan sebaliknya. Yang termasuk dalam biaya simpan antara lain adalah sebagai berikut.

- Biaya sewa atau penggunaan gudang.
- Biaya pemeliharaan barang.
- Biaya pemanasan atau pendinginan, bila untuk menjaga ketahanan barang dibutuhkan faktor pemanas atau pendingin.
- Biaya menghitung, menimbang barang, dan sebagainya.

4. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost*)

Biaya kekurangan persediaan adalah konsekuensi ekonomi atas kekurangan-kekurangan dari luar maupun dari dalam perusahaan. Kekurangan dari luar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat dipenuhi. Sementara itu, kekurangan dari dalam terjadi apabila departemen tidak memenuhi kebutuhan departemen yang lain. Biaya ini dapat pula diartikan sebagai biaya yang ditimbulkan sebagai akibat terjadinya persediaan yang timbul apabila persediaan di gudang tidak dapat mencukupi permintaan bahan. Biaya yang timbul dari biaya kekurangan persediaan ini adalah sebagai berikut.

- Kehilangan pendapatan.
- Selisih harga komponen.
- Terganggunya operasi.

(Ristono, 2009)

2.5.5 Faktor Penentu Persediaan

Masalah utama bagi perusahaan adalah bagaimana menentukan persediaan yang optimal. Oleh karena itu perlu diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya persediaan. Sebenarnya perlu dibedakan antara persediaan bahan baku dan barang jadi, namun yang dimaksud dengan persediaan dalam kaitannya dengan proses produksi adalah persediaan bahan baku dan bahan penolong. Besar kecilnya persediaan bahan baku dan bahan penolong dipengaruhi oleh beberapa faktor dibawah ini.

1. Volume atau jumlah yang dibutuhkan, yaitu yang dimaksudkan untuk menjaga kelangsungan (kontinuitas) proses produksi. Semakin banyak jumlah bahan baku yang dibutuhkan, maka akan semakin besar tingkat persediaan bahan baku.
2. Kontinuitas produksi tidak terhenti, diperlukan tingkat persediaan bahan baku yang tinggi dan sebaliknya.
3. Sifat bahan baku dan penolong, apakah cepat rusak atau tahan lama. Barang yang tidak tahan lama tidak dapat disimpan lama. Oleh karena itu bila bahan baku yang diperlukan tergolong barang yang tidak tahan lama maka tidak perlu disimpan dalam jumlah banyak.

(Ristono, 2009)

2.5.6 Model Persediaan

Secara umum model persediaan dapat dikelompokkan menjadi dua model sebagai berikut.

1. Model deterministik
Model deterministik merupakan model persediaan yang menganggap semua variabelnya telah diketahui dengan pasti.
2. Model probabilistik
Model probabilistik merupakan model persediaan yang menganggap semua variabel mempunyai nilai yang tidak pasti dan variabelnya merupakan variabel acak.

(Ristono, 2009)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dalam skripsi ini dilaksanakan di CV. Top Ten Tobacco. Jl. Ngrangkah Sepawon, Plosoklaten, Kediri.

3.2 Deskripsi Umum Daerah Studi

CV. Top Ten Tobacco adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri rokok. Perusahaan ini mulai merintis usaha pada September 2003 yang bernama PR Super X Tobacco dengan produk rokok Tiga Berlian dan Walimah. Namun, dalam perkembangannya produk tersebut belum mampu menembus pasar rokok, sehingga pada tahun 2005 perusahaan berganti nama menjadi CV. Top Ten Tobacco dengan produk rokok Tajimas. Seiring dengan berjalannya waktu, perusahaan ini semakin berkembang pesat.

Pemasaran produk rokok CV. Top Ten Tobacco hingga saat ini sudah sampai seluruh wilayah Jawa Timur, Jawa Tengah hingga Kalimantan. Beberapa produk unggulan CV. Top Ten Tobacco antara lain Tajimas King dan Tajimas Kingdom.

3.3 Sumber Data

Data yang digunakan pada Skripsi ini adalah data sekunder yang didapat dari arsip-arsip perusahaan yang sesuai dengan obyek penelitian. Dalam analisis data, data yang dibutuhkan adalah:

1. Tingkat permintaan produk ke- i (D_i)
2. Tingkat produksi produk ke- i (P_i)
3. Waktu persiapan produksi produk ke- i (S_i)
4. Biaya persiapan produk ke- i (A_i)
5. Biaya produksi produk ke- i (C_i^p)
6. Biaya penyimpanan produk ke- i (C_i^h)
7. Proporsi produk ke- i yang cacat (β_i)

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian Langsung ke Lapangan atau Perusahaan (*field research*)

Tujuan dari penelitian secara langsung ke perusahaan adalah untuk memperoleh data-data yang mendukung proses penelitian dan dapat mengetahui permasalahan yang ada di perusahaan secara langsung. Tahap pengumpulan data dengan penelitian secara langsung ke perusahaan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

a. Wawancara

Pengumpulan data dengan cara wawancara dapat dilakukan dengan melakukan komunikasi secara langsung dengan pihak perusahaan mengenai obyek penelitian.

b. Dokumentasi

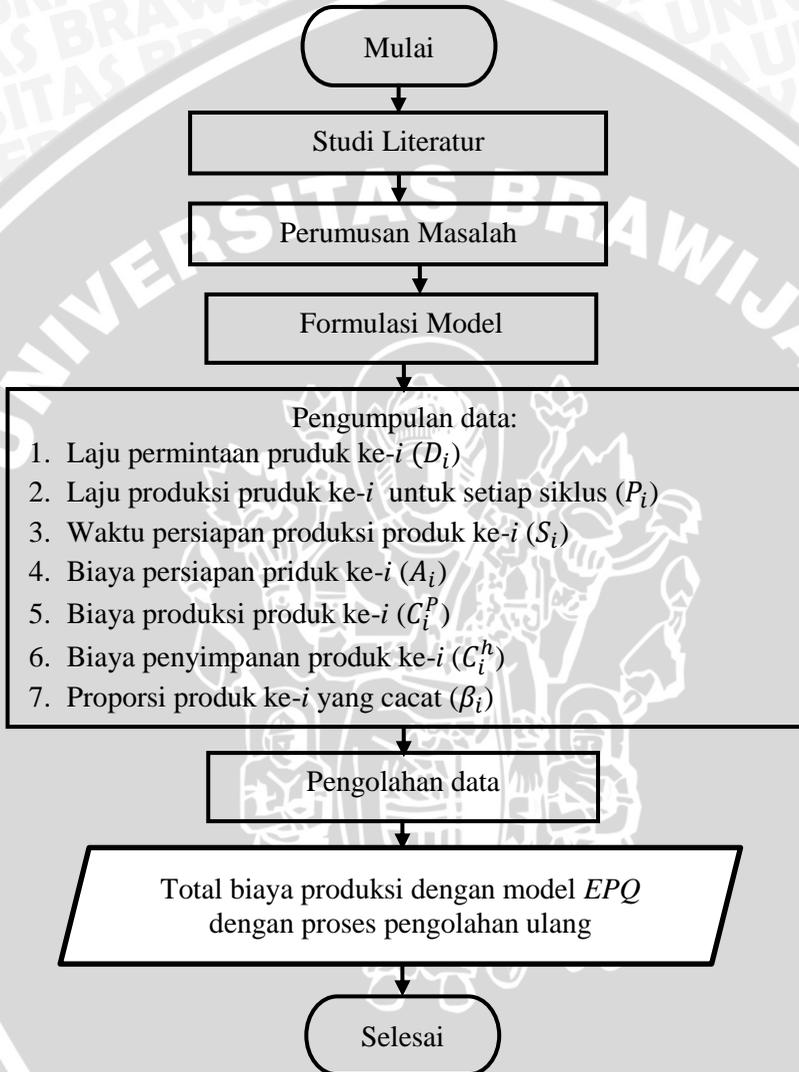
Data-data yang diperoleh dari dokumentasi merupakan data sekunder. Hal tersebut dikarenakan data didapat dari data-data perusahaan yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dengan dokumentasi dilakukan dengan mempelajari data yang berhubungan dengan obyek penelitian yang terdapat di perusahaan.

2. Studi Literatur

Tahapan studi literatur dapat membantu menyelesaikan permasalahan perusahaan dengan menggunakan teori-teori yang ada.

3.5 Rancangan Penelitian

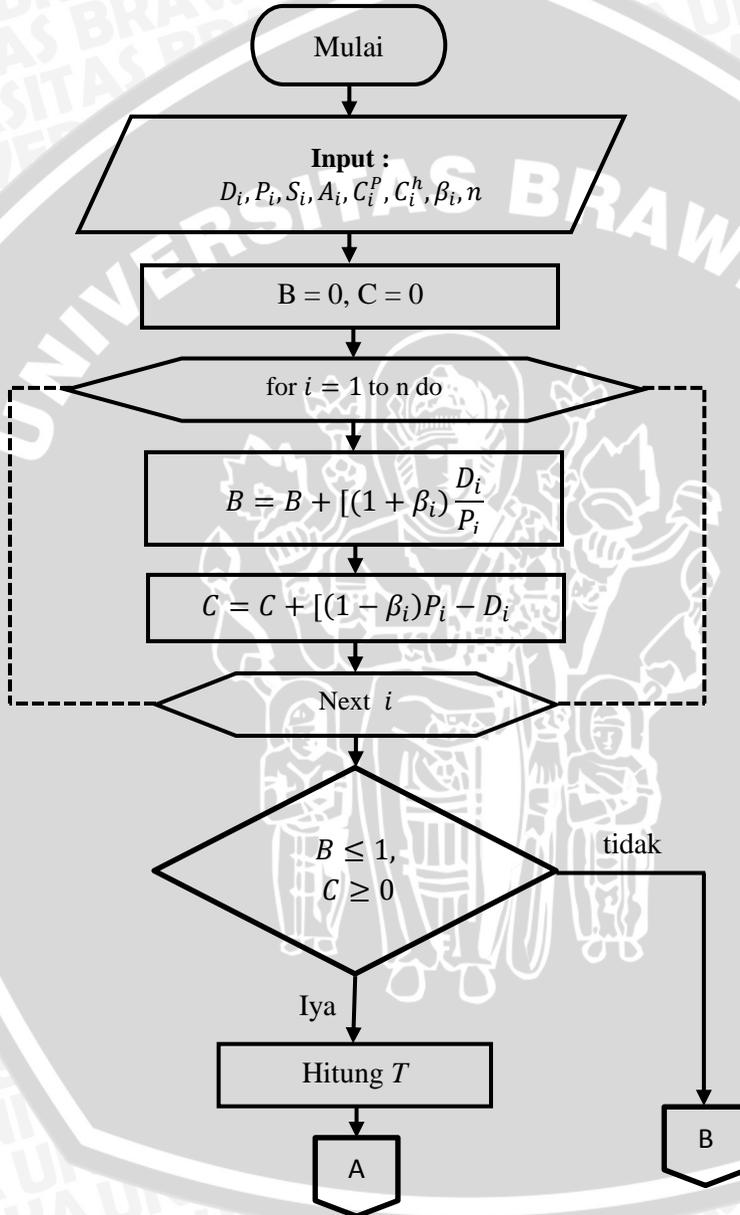
Rancangan penelitian diuraikan dengan diagram alir berikut ini:

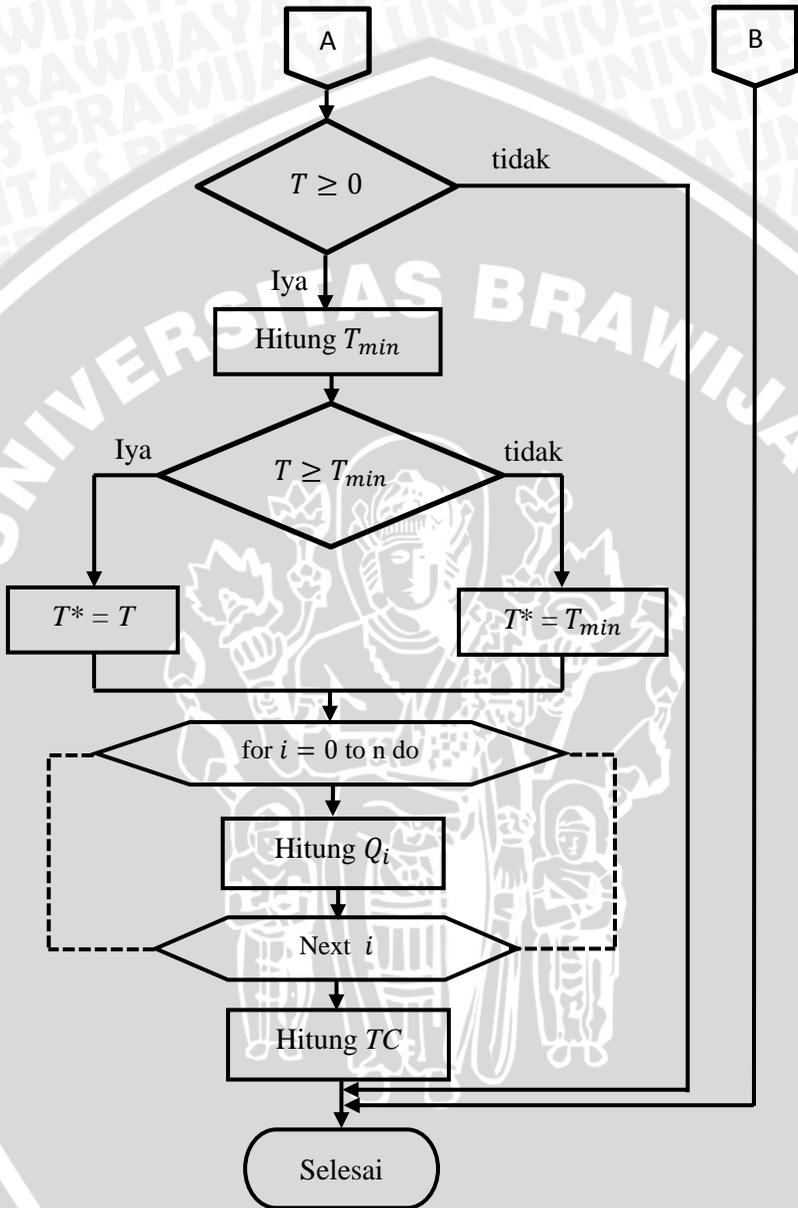


Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang

3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data diuraikan dengan diagram alir berikut ini:





Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data model EPQ dengan proses pengolahan ulang

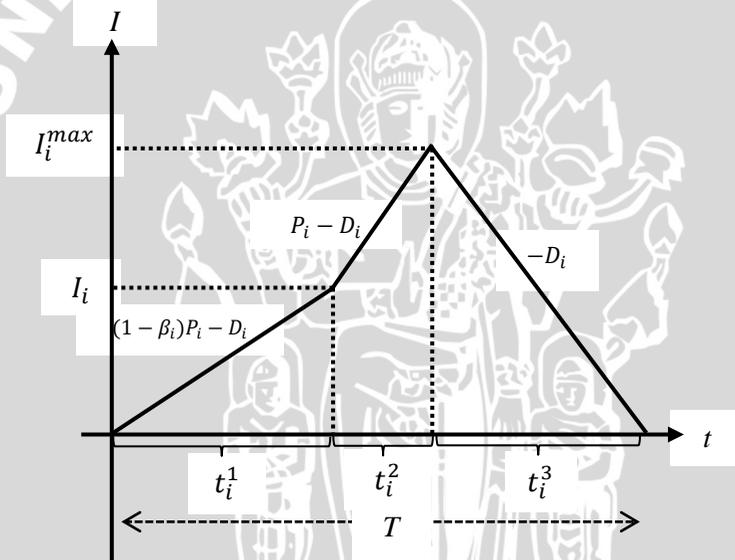
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model *EPQ* (*Economic Production Quantity*) dengan Proses Pengolahan Ulang

Pada setiap perusahaan, dalam menjalankan proses produksi pasti akan dihasilkan produk yang sempurna dan yang tidak sempurna. Hasil yang tidak sempurna itu menjadi permasalahan tersendiri dalam proses produksi. Namun, setiap perusahaan punya cara sendiri-sendiri dalam menyikapi masalah tersebut. Di beberapa perusahaan, proses pengolahan ulang merupakan cara yang paling efektif dalam memecahkan masalah tersebut.



Gambar 4.1 Model *EPQ* dengan Proses Pengolahan Ulang

Gambar (4.1) menggambarkan jumlah persediaan hasil produksi dan hasil pengolahan ulang selama periode T . Hasil produksi terdiri dari berbagai jenis produk i , dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Produksi dimulai dengan tingkat produksi P_i , dikarenakan tingkat produksi P_i lebih besar daripada tingkat permintaan D_i dan dipengaruhi oleh adanya hasil produksi yang tidak sempurna β_i , maka persediaan akan

meningkat dengan laju $(1 - \beta_i)P_i - D_i$ pada periode t_i^1 . Dikarenakan masih adanya hasil produksi yang tidak sempurna, maka perlu adanya pengolahan kembali untuk hasil produksi yang kurang sempurna tersebut dengan laju $P_i - D_i$ pada periode t_i^2 . Tetapi dalam periode waktu t_i^1 dan t_i^2 jumlah persediaan sudah menunjukkan titik maksimum, maka kegiatan produksi dihentikan. Sementara itu, permintaan tetap berjalan dengan laju tetap sebesar D menjadikan grafik menurun sampai jumlah persediaan mencapai titik nol kembali.

Panjang periode produksi (lihat Gambar 4.1) adalah penjumlahan dari waktu produksi awal, waktu pengolahan ulang dan waktu produksi berhenti

$$T = \sum_{j=1}^3 t_i^j = \frac{Q_i}{D_i} \quad (4.1)$$

dimana waktu produksi awal (termasuk barang yang sempurna dan tidak sempurna) adalah t_i^1 , waktu pengolahan ulang t_i^2 dan waktu produksi berhenti t_i^3 . Karena semua produk yang diproduksi pada mesin yang sama, maka lama periode produksi untuk semua hasil produksi adalah sama $T_1 = T_2 = \dots = T_n = T$. Kemudian berdasarkan Gambar (4.1), untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$ diperoleh

$$t_i^1 = \frac{Q_i}{P_i} \quad (4.2)$$

$$t_i^2 = \beta_i \frac{Q_i}{P_i} \quad (4.3)$$

$$t_i^3 = \frac{\left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i}\right) Q_i}{D_i} \quad (4.4)$$

Selain itu juga didapatkan jumlah persediaan pada saat produksi awal dan pada saat pengolahan ulang. Pada tahap produksi awal dihasilkan produk dengan kualitas sempurna dan tidak sempurna. Karena masih adanya produk yang tidak sempurna, maka perlu adanya pengolahan ulang untuk produk yang tidak sempurna tersebut, sehingga perlu

adanya pemisahan produk yang dihasilkan berdasarkan kualitas hasil produksi. Jumlah produk yang sempurna dirumuskan sebagai berikut.

$$I_i = ((1 - \beta_i)P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} \quad (4.5)$$

Pada tahap pengolahan ulang, produk yang tidak sempurna dari hasil produksi awal diolah kembali sehingga menjadi produk dengan kualitas sempurna. Pada tahap pengolahan ulang ini selesai, jumlah produk sudah mencapai maksimal. Sehingga pada proses ini selesai, jumlah hasil produksinya adalah akumulasi dari jumlah produk yang dihasilkan pada saat produksi awal dengan jumlah produk yang dihasilkan pada saat pengolahan ulang.

$$I_i^{max} = ((1 - \beta_i)P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} + \beta_i(P_i - D_i) \frac{Q_i}{P_i} \quad (4.6)$$

Model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang mempertimbangkan beberapa biaya, antara lain biaya produksi, biaya persiapan, biaya pengolahan ulang dan biaya penyimpanan.

4.1.1 Biaya produksi

Total biaya produksi adalah T_p , biaya produksi untuk setiap unit hasil produksi i adalah C_i^P , kuantitas produksi setiap periode produksi adalah Q_i . Total biaya tiap satuan waktu adalah $NC_i^P Q_i$, kemudian untuk total biaya produksi tiap periode menjadi $\frac{C_i^P Q_i}{T}$. Berdasarkan Persamaan (4.1) didapatkan

$$T = \frac{Q_i}{D_i} \Leftrightarrow Q_i = TD_i.$$

Jadi, didapatkan total biaya produksi tiap periode untuk produk ke- i sampai n adalah

$$\begin{aligned} T_p &= \sum_{i=1}^n \frac{C_i^P Q_i}{T} \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{C_i^P TD_i}{T} \\ &= \sum_{i=1}^n C_i^P D_i \end{aligned} \quad (4.7)$$

4.1.2 Biaya Persiapan

Total biaya persiapan produksi adalah T_0 . Biaya persiapan disimbolkan A_i dan N merupakan banyaknya periode produksi tiap satuan waktu. Jadi, total biaya persiapan tiap periode untuk produk ke- i sampai n dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_0 &= \sum_{i=1}^n N A_i \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T} \end{aligned} \quad (4.8)$$

4.1.3 Biaya Pengolahan Ulang

Total biaya pengolahan ulang terhadap hasil produksi yang tidak sempurna adalah T_r . Prosentase hasil produksi yang tidak sempurna adalah β_i , biaya produksi untuk setiap unit hasil produksi i adalah C_i^P dan kuantitas produksi setiap periode produksi adalah Q_i . Jadi, total biaya pengolahan ulang terhadap hasil produksi yang tidak sempurna tiap periode untuk produk ke- i sampai n adalah

$$\begin{aligned} T_r &= \sum_{i=1}^n N C_i^P \beta_i Q_i \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{C_i^P \beta_i Q_i}{T} \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{C_i^P \beta_i T D_i}{T} \\ &= \sum_{i=1}^n C_i^P \beta_i D_i . \end{aligned} \quad (4.9)$$

4.1.4 Biaya Penyimpanan

Total biaya penyimpanan adalah T_s , biaya penyimpanan tiap unit hasil produksi per satuan waktu adalah C_i^h . Jumlah produk hasil produksi awal adalah I_i dan jumlah produk saat pengolahan ulang selesai adalah I_i^{max} . Waktu produksi awal (termasuk barang yang sempurna dan tidak sempurna) adalah t_i^1 , waktu pengolahan ulang t_i^2

dan waktu produksi berhenti t_i^3 . sehingga, total biaya penyimpanan tiap periode untuk produk ke- i sampai n dirumuskan sebaga berikut.

$$\begin{aligned}
 T_S &= \sum_{i=1}^n N C_i^h \left[\frac{I_i}{2} (t_i^1) + \frac{I_i + I_i^{max}}{2} (t_i^2) + \frac{I_i^{max}}{2} (t_i^3) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{T} C_i^h \left[\frac{I_i}{2} (t_i^1) + \frac{I_i + I_i^{max}}{2} (t_i^2) + \frac{I_i^{max}}{2} (t_i^3) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{I_i}{2T} (t_i^1) + \frac{I_i + I_i^{max}}{2T} (t_i^2) + \frac{I_i^{max}}{2T} (t_i^3) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} (t_i^1) + \left(\frac{2((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} + \frac{\beta_i(P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} \right) (t_i^2) + \left(\frac{((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} + \frac{\beta_i(P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} \right) (t_i^3) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n C_i^h \left[\frac{((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} \left(\frac{Q_i}{P_i} \right) + \left(\frac{2((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} + \frac{\beta_i(P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} \right) \left(\frac{\beta_i Q_i}{P_i} \right) + \left(\frac{((1-\beta_i)P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} + \frac{\beta_i(P_i - D_i)Q_i}{2P_iT} \right) \left(\frac{\left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i}\right) Q_i}{D_i} \right) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n C_i^h \left[((1 - \beta_i)P_i - D_i) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \left(\frac{D_i T}{P_i} \right) + \left(\left(2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \right) \left(\frac{\beta_i D_i T}{P_i} \right) + \left(\left((1 - \beta_i)P_i - D_i \right) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \left(\left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) T \right) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n C_i^h \left[((1 - \beta_i)P_i - D_i) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 T + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left((2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 \beta_i T \right) + \left(((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \right) \left(\left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) T \right) \\
& = \sum_{i=1}^n C_i^h \left[((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \left((2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)) \beta_i \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 T + \left(((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \right) \left(\left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) T \right) \right] \\
& = \sum_{i=1}^n C_i^h \left[((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \left((2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)) \beta_i \right) \left(\beta_i \frac{D_i}{2P_i} \right)^2 + \left(((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \right) \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) T \right] \quad (4.10)
\end{aligned}$$

Fungsi tujuan model *EPQ* dengan Proses Pengolahan Ulang adalah meminimumkan total biaya persediaan tiap satuan waktu (*TC*), dengan total biaya persediaan tiap satuan waktu (*TC*) merupakan jumlah dari biaya produksi, biaya persiapan, biaya pengolahan ulang dan biaya penyimpanan. Jadi, berdasarkan Persamaan (4.7), (4.8), (4.9), dan (4.10) didapatkan total biaya persediaan tiap satuan waktu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
TC &= T_P + T_0 + T_R + T_S \\
&= \sum_{i=1}^n C_i^p D_i + \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_i^p \beta_i D_i + \\
&\quad \sum_{i=1}^n C_i^h \left[((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \left((2((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i)) \beta_i \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 + \right. \\
&\quad \left. \left(((1 - \beta_i)P_i - D_i) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \right] \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) T
\end{aligned} \tag{4.11}$$

Karena $t_i^1 + t_i^2$ adalah waktu produksi dan waktu pengerjaan ulang dan S_i adalah waktu persiapan produksi produk ke- i . Penjumlahan dari waktu produksi, pengerjaan ulang dan waktu persiapan produk ke- i harus lebih kecil atau sama dengan panjang periode (T). Oleh karena itu, kendala dari Model (4.11) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^n (t_i^1 + t_i^2) + \sum_{i=1}^n S_i &\leq T \\
\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{P_i} + \beta_i \frac{Q_i}{P_i} \right) + \sum_{i=1}^n S_i &\leq T \\
\sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{Q_i}{P_i} + \sum_{i=1}^n S_i &\leq T \\
\sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i T}{P_i} + \sum_{i=1}^n S_i &\leq T \\
\sum_{i=1}^n S_i &\leq T - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i T}{P_i} \\
\sum_{i=1}^n S_i &\leq T \left(1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} \right)
\end{aligned}$$

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

$$T \geq \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\left(1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i}\right)} = T_{min} \quad (4.12)$$

T_{min} merupakan periode produksi dengan permintaan terjadi secara seketika. Dapat dikatakan bahwa T_{min} tidak dipengaruhi oleh t_i^3 .

4.2 Uji Konveksitas

Untuk menunjukkan solusi yang optimal dari model tersebut, maka diperlukan uji konveksitas. Apabila sebuah fungsi berbentuk cekungan (konvek) maka fungsi tersebut mempunyai nilai minimum. Begitu pula jika fungsi berupa cembungan (konkav) maka fungsi tersebut mempunyai nilai maksimum. Dalam pembahasan ini, akan dibuktikan bahwa fungsi TC merupakan suatu fungsi yang mempunyai nilai minimum atau sebuah cekungan yang *strictly convex*. Suatu fungsi dengan variabel tunggal bersifat *strictly convex* jika $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} > 0$. Berikut ini akan dibuktikan bahwa fungsi TC merupakan suatu fungsi yang minimum atau *strictly convex*.

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

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

$$D_i) + \beta_i(P_i - D_i)) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) \Bigg]$$

$$\frac{d^2 TC}{dT^2} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T^3} > 0$$

Karena $\frac{d^2 TC}{dT^2} > 0$ maka fungsi TC bersifat *stricly convex* dan mempunyai nilai minimum.

4.3 Periode Produksi Optimal (T^*)

Untuk mendapatkan nilai minimal dari Persamaan (4.11), maka harus menurunkan persamaan tersebut terhadap T dan solusi optimal didapat ketika turunan pertama dari persamaan tersebut bernilai nol.

$$\frac{dTC}{dT} = 0$$

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

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

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

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

$$T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_i^h \left[\left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \left(2 \left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \beta_i \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 + \left(\left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) \right]}} \quad (4.13)$$

Nilai periode yang optimal (T^*) adalah nilai $\max\{T, T_{min}\}$ dengan

$$T_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\left(1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} \right)}$$

4.4 Kuantitas Produksi Optimal (Q_i)

Tujuan dari model *EPQ* adalah untuk menentukan kuantitas produksi yang optimal agar total biaya persediaan minimum. Setelah didapatkan periode persediaan yang optimal, maka untuk kuantitas produksi optimal juga terdiri dari dua kasus yaitu $T \geq T_{min}$ dan $< T_{min}$. Solusi yang diperoleh yaitu sebagai berikut.

1. Kasus I untuk $T \geq T_{min}$

$$Q_i = D_i T^*$$

$$= D_i \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_i^h \left[\left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \left(2 \left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \beta_i \left(\frac{D_i}{2P_i} \right)^2 + \left(\left((1-\beta_i)P_i - D_i \right) + \beta_i(P_i - D_i) \right) \left(\frac{D_i}{2P_i} \right) \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{\beta_i D_i}{P_i} \right) \right]}} \quad (4.14)$$

2. Kasus II untuk $T < T_{min}$

$$Q_i = D_i T^*$$

$$= D_i \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\left(1 - \sum_{i=1}^n (1 + \beta_i) \frac{D_i}{P_i} \right)} \quad (4.15)$$

4.5 Penerapan Model *EPQ* dengan Proses Pengolahan Ulang pada CV. Top Ten Tobacco

Dalam penerapan model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang pada CV. Top Ten Tobacco menggunakan data pada bulan Januari sampai Juni tahun 2012 yang terlampir pada Lampiran 1. Satuan waktu yang digunakan pada data produksi dan permintaan adalah data selama enam bulan, sedangkan jumlah unit hasil produksi adalah tiap satu unit. Perhitungan dilakukan dengan *software Delphi 2007* dan terdapat pada Lampiran 4.

Tabel 4.1 Data Produksi

Produk	D_i (unit)	P_i (unit)	S_i (6 bulan)	A_i (Rp)	C_i^p (Rp)	C_i^h (Rp)	β_i (%)
Tajimas King	24360	51489	0,0014	4.700.000	487.000	4200	0,075
Tajimas Kingdom	7827	18220	0,0014	1500000	504.000	4200	0,079

Berdasarkan Tabel diatas terdapat dua jenis produk yang harus dicari total biaya persediaannya yang minimum. Maka dari itu harus dicari periode produksi yang optimal. Dengan didapatkannya periode produksi yang optimal sehingga juga didapatkan kuantitas produksi optimalnya pula.

4.5.1 Periode Produksi Optimal (T^*)

Periode produksi yang optimal merupakan lama waktu di mana proses produksi dimulai, hingga tingkat persediaan mencapai maksimum dan produksi dihentikan. Dalam kasus kali ini akan ditentukan periode produksi yang optimal untuk dua jenis produk yang diproduksi dengan menggunakan mesin yang sama, sehingga periode untuk kedua jenis produk tersebut ditentukan menjadi satu.

Nilai periode yang optimal (T^*) adalah nilai $\max\{T, T_{min}\}$. Untuk mendapatkan T^* harus mensubstitusikan data produksi ($D_i, P_i, S_i, A_i, \beta_i, C_i^h$) masing-masing produk pada Tabel (4.1) kedalam Persamaan (4.12) dan (4.13). Dari hasil perhitungan untuk

nilai T dan T_{min} , sehingga diperoleh nilai T^* yang disajikan pada table sebagai berikut.

Tabel 4.2 Periode Produksi

Produk	T	T_{min}	T^*
Tajimas King	0,4938	0,1004	0,4938
Tajimas Kingdom			

Berdasarkan Tabel (4.2) diperoleh periode produksi optimal (T^*) yaitu 0,4938. Apabila dijadikan dalam satuan hari maka harus dikalikan jumlah hari dalam 6 bulan yaitu 183 hari

$$0,4938 \times 183 = 90,365 \approx 90 \text{ hari}$$

sehingga dapat disimpulkan periode produksi perusahaan yang optimal dalam waktu satu tahun adalah 90 hari.

4.5.2 Kuantitas Produksi Optimal (Q_i)

Kuantitas produksi yang optimal merupakan banyaknya barang yang harus diproduksi hingga tingkat persediaan mencapai maksimum dan produksi dihentikan. Dalam kasus kali ini terdapat dua jenis produk, sehingga akan ditentukan kuantitas produksi optimal untuk masing-masing jenis produk tersebut.

Nilai kuantitas produksi optimal (Q_i) didapatkan dengan mensubstitusikan data produksi ($D_i, P_i, S_i, A_i, \beta_i, C_i^h$) untuk tiap jenis produk pada Tabel (4.1) ke dalam Persamaan (4.14) jika nilai $T \geq T_{min}$ atau ke dalam Persamaan (4.15) jika nilai $T < T_{min}$. Hasil perhitungan Q_i untuk setiap jenis produk disajikan pada Tabel (4.3) sebagai berikut.

Tabel 4.3 Kuantitas Produksi

Produk	Q_i
Tajimas King	12028,19 \approx 12028
Tajimas Kingdom	3864,72 \approx 3864

Berdasarkan Tabel (4.3) diperoleh kuantitas produksi untuk setiap jenis produk yaitu pada rokok Tajimas King yang harus diproduksi setiap periodenya adalah 12028 unit dan pada rokok Kajimas Kingdom adalah 3864 unit. Hasil perhitungan kuantitas produksi masing-masing jenis produk ditentukan dengan pembulatan ke bawah Karena diasumsikan hasil produksi semua terselesaikan dengan sempurna.

4.5.3 Total Biaya Persediaan (TC)

Total *cost* adalah total biaya persediaan yang harus dikeluarkan dalam suatu proses produksi, meliputi biaya produksi, biaya persiapan, biaya pengolahan ulang, dan biaya penyimpanan. Untuk dua jenis produk yang diketahui, nantinya akan ditentukan total *cost* semua jenis produk menjadi satu. Nilai TC ini diperoleh setelah perusahaan menentukan kebutuhan banyaknya hasil produksi (Q_i) dan menentukan waktu yang diperlukan untuk setiap periode produksi (T^*). Dalam menentukan nilai total *cost*, dilakukan dengan cara mensubstitusikan data produksi pada Tabel (4.1) ke dalam Persamaan (4.11). Hasil perhitungan TC untuk semua jenis produk yaitu Rp. 17.034.629.836 Sehingga total biaya persediaan yang dikeluarkan CV. Top Ten Tobacco untuk memproduksi dua jenis rokok tersebut dalam waktu 90 hari adalah Rp. 17.034.629.836,49.

Total biaya persediaan dalam waktu 90 hari yang telah didapatkan dari perusahaan adalah sebesar Rp. 19.504.168.242,25 Jika dibandingkan dengan perencanaan persediaan pada perusahaan, maka model EPQ dengan proses pengolahan ulang menghasilkan biaya total persediaan yang lebih kecil yaitu sebesar Rp. 17.034.629.836,49. Oleh karena itu, didapat total penghematan biaya sebesar

$$19.504.168.242,25 - 17.034.629.836,49 = 2.469.538.405,76$$

Atau

$$\frac{2.469.538.405,76}{19.504.168.242,25} \times 100\% = 12,66\%$$

4.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mendapatkan parameter yang paling tepat dalam usaha meminimumkan total biaya persediaan. Perhitungan analisis sensitivitas akan digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan model dengan hasil pada analisis sensitivitas. Parameter yang akan diubah nilainya adalah P_i , D_i , β_i , A_i , S_i pada Tabel 1 sebesar +50%, +25%, -25, dan +50%. Variabel yang di uji sensitivitasnya adalah T^* , Q_i , dan TC . Untuk mempermudah perhitungannya maka digunakan *software Delphi 2007*.

Tingkat sensitivitas dibagi menjadi 3, yaitu tidak sensitif, sedikit sensitif dan sangat sensitif dengan rentang persentase sebagai berikut:

- Tidak sensitif, jika nilai perubahan variabel yang diuji sensitivitasnya adalah 0 %.
- sedikit sensitif, jika nilai perubahan variabel yang diuji sensitivitasnya adalah kurang dari sama dengan 4%.
- Sangat sensitif, jika nilai perubahan variabel yang diuji sensitivitasnya adalah lebih dari 4 %.

4.6.1 Perubahan Tingkat Produksi (P_i)

Tabel 4.4 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter P_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
P_i	+50%	0,406	9889	17.040.062.119,48
			3177	
	+25%	0,4366	10636	17.037.916.316,20
			3417	
	normal	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	-25%	<i>infeasible</i>	-	-
	-50%	<i>infeasible</i>	-	-
			-	-

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) pada saat parameternya dinaikan 25% dan 50% nilainya mengalami penurunan yang signifikan, akan tetapi

pada total biaya produksinya (TC) mengalami sedikit kenaikan. Sehingga bisa dikatakan periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) sangat sensitif dan total biaya persediaan (TC) sedikit sensitif terhadap perubahan parameter P_i . Untuk penurunan parameter P_i sebesar 20% dan 50% menjadikan solusi *infeasible* atau tidak layak apabila kondisi ini terjadi karena tingkat produksi sangat sedikit dan tidak sesuai dengan tingkat permintaan, sehingga menyebabkan solusi tidak optimal.

4.6.2 Perubahan Tingkat Permintaan (D_i)

Tabel 4.5 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter D_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
D_i	+50%	<i>infeasible</i>	-	-
	+25%	<i>infeasible</i>	-	-
	normal	0,4938	12028 3864	17.034.629.836,49
	-25%	0.4902	8956 2877	12.782.432.327,40
	-50%	0.5284	6435 2067	8.528.226.618,235

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada saat tingkat permintaan (D_i) dinaikan 25% dan 50% menghasilkan solusi *infeasible* atau tidak layak apabila kondisi ini terjadi karena permintaan terlalu banyak dan tidak sesuai dengan tingkat produksi perusahaan tersebut, sehingga menyebabkan solusi tidak optimal. Pada saat penurunan tingkat permintaan 25% periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) serta total biaya produksi (TC) mengalami penurunan yang signifikan. Pada saat parameter diturunkan 50% periode produksi (T^*) mengalami kenaikan sedangkan kuantitas produksi (Q_i) serta total biaya persediaan (TC) mengalami penurunan yang signifikan.

Sehingga bisa dikatakan periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) dan total biaya persediaannya (TC) sangat sensitif terhadap perubahan parameter D_i .

4.6.3 Perubahan Prosentase Kerusakan (β_i)

Tabel 4.6 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter β_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
β_i	+50%	<i>infeasible</i>	-	-
			-	
	+25%	0.5001	12183	17.334.657.761,34
			3914	
	normal	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	-25%	0,4877	11880	16.734.594.950,50
			3817	
	-50%	0,4819	11739	16.434.553.356,86
			3771	

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pada saat prosentase kerusakan (β_i) dinaikan 50% menghasilkan solusi *infeasible* sehingga menyebabkan solusi tidak optimal. Pada saat dinaikan 20% periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) mengalami sedikit kenaikan sedangkan total biaya produksi (TC) mengalami kenaikan yang signifikan. Pada saat parameter diturunkan 20% dan 50% periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) mengalami sedikit penurunan sedangkan total biaya produksi (TC) mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga bisa dikatakan periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) sedikit sensitif dan total biaya persediaannya (TC) sangat sensitif terhadap perubahan parameter β_i

4.6.4 Perubahan Waktu Persiapan (S_i)

Tabel 4.7 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter S_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
S_i	+50%	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	+25%	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	normal	0,4938	12028	17.034.629.836,49
		3864		
	-25%	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	-50%	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	

Tabel 4.7 menunjukkan Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan waktu persiapan (S_i). Dari hasil perhitungan perubahan parameter baik pada saat dinaikan ataupun diturunkan, tidak terjadi perubahan pada periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) dan total biaya persediaannya (TC). Sehingga dapat disimpulkan periode produksi (T^*), kuantitas produksi (Q_i) dan total biaya persediaannya (TC) tidak sensitif terhadap perubahan parameter S_i .



4.6.5 Perubahan Biaya Persiapan (A_i)

Tabel 4.8 Tingkat sensitivitas T^* , Q_i dan TC dengan perubahan parameter A_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
A_i	+50%	0,6047	14731	17.040.273.855,46
			4733	
	+25%	0,5520	13447	17.037.594.024,58
			4320	
	normal	0,4938	12028	17.034.629.836,49
			3864	
	-25%	0,4276	10416	17.031.265.331,86
			3346	
	-50%	0,3491	8505	17.027.274.407,77
			2732	

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa pada saat biaya persiapan (A_i) dinaikan 25% dan 50% menghasilkan kenaikan pada periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) yang signifikan, akan tetapi pada total biaya produksi (TC) hanya sedikit mengalami kenaikan. Pada saat penurunan biaya persiapan 25% dan 50% periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) mengalami penurunan yang signifikan juga, akan tetapi pada total biaya persediaan (TC) hanya sedikit mengalami penurunan. Sehingga bisa dikatakan periode produksi (T^*) dan kuantitas produksi (Q_i) sangat sensitif terhadap perubahan parameter A_i . Sedangkan total biaya persediaannya (TC) sedikit sensitif terhadap perubahan parameter A_i .

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada skripsi ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang dapat diformulasikan dengan menjumlahkan biaya produksi, biaya persiapan, biaya pengolahan ulang dan biaya penyimpanan. Periode produksi optimal merupakan turunan pertama dari fungsi *TC* bernilai nol, sehingga diperoleh titik ekstrim dari fungsi *TC* tersebut. Kuantitas produksi optimal diperoleh dari periode produksi optimal dan tingkat permintaan.
2. Dalam penerapan model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang pada CV. Top Ten Tobacco pada bulan Januari sampai Juni tahun 2012 diperoleh periode produksi optimal (T^*) yaitu 0,4938 atau 90 hari. Kuantitas produksi untuk setiap jenis produk yaitu pada rokok Tajimas King yang harus diproduksi setiap periodenya adalah 12028 unit dan pada rokok Tajimas Kingdom adalah 3864 unit. Total biaya persediaan (*TC*) yang harus dikeluarkan CV. Top Ten Tobacco untuk memproduksi dua jenis rokok tersebut dalam waktu 90 hari adalah Rp 17.034.629.836,49. Perhitungan dengan model ini menghasilkan total biaya lebih kecil dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp 19.504.168.242,25. Sehingga Total penghematan yang diperoleh perusahaan sebesar 12,66% setiap 90 hari.
3. Pada analisis sensitivitas, Periode produksi (T^*) sedikit sensitif terhadap perubahan parameter β_i , tidak sensitif terhadap parameter S_i , dan sangat sensitif terhadap parameter D_i, P_i , dan A_i . Kuantitas produksi (Q_i) sedikit sensitif terhadap parameter β_i , tidak sensitif terhadap parameter S_i , dan sangat sensitif terhadap parameter D_i, P_i , dan A_i . Total biaya persediaan (*TC*) sangat

sensitif terhadap parameter D_i dan β_i , tidak sensitif terhadap parameter S_i , dan sedikit sensitif terhadap parameter P_i dan A_i .

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan adanya *backorder* pada model *EPQ* dengan proses pengolahan ulang ini, agar pada industri yang dalam proses produksinya terdapat kekurangan bahan dapat ditentukan juga solusinya.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, M.Y.D.W. dan Y.E. Rahmadi. 2004. *Riset Operasional Konsep-konsep Dasar*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Aminudin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Erlangga. Jakarta.
- Evans, Laurence J. 1997. *Partial Differential Equations*. American Mathematical Society. Berkeley.
- Hillier, F. S. dan Lieberman, G. J. 2008. *Introduction To Operation Research. Eight Ed*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Maghfiroh, R. E. 2011. *Model Matematika EPQ (Economic Production Quantity) dengan Backorder*. Skripsi FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Mulyono, S. 1991. *Operation Research*. Lembaga Penerbit FE UI. Jakarta.
- Purcell, E. J. dan Varberg, D. 1987. *Kalkulus dan Geometri Analitis Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Rangkuti, F. 1996. *Manajemen Persediaan (Aplikasi di Bidang Bisnis)*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Ristono, A. 2009. *Manajemen Persediaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Taleizadeh, A. A., Barron, L. E. C., Biabani, J., dan Nikousokhan, R. 2011. Multi Products Single Machine EPQ Model with Immediate Rework Process. *International Journal of Industrial Engineering Computation*. 3(2012), 93-102.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Produksi CV. Top Ten Tobacco

Produk	D_i (unit)	P_i (unit)	S_i (6 bulan)	A_i (Rp)	C_i^p (Rp)	C_i^h (Rp)	β_i (%)
Tajimas King	24360	51489	0,0014	4.700.000	487.000	4200	0,075
Tajimas Kingdom	7827	18220	0,0014	1500000	504.000	4200	0,079



Lampiran 2. Hasil perhitungan T^* , Q_i dan TC

Produk	T (6 bulan)	T_{min} (6 bulan)	T^* (6 bulan)	Q_i (unit)	TC (Rp)
Tajimas King	0,4938	0,1004	0,4938	12028	17.034.629.836,49
Tajimas Kingdom				3864	



Lampiran 3. Analisis sensitivitas pada variabel T^* , Q_i dan TC terhadap perubahan parameter P_i , D_i , β_i , A_i , S_i

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
P_i	+50%	0,406	9889 3177	17.040.062.119,48
	+25%	0,4366	10636 3417	17.037.916.316,20
	-25%	<i>infeasible</i>	- -	-
	-50%	<i>infeasible</i>	- -	-
D_i	+50%	<i>infeasible</i>	- -	-
	+25%	<i>infeasible</i>	- -	-
	-25%	0.4902	8956 2877	12.782.432.327,40
	-50%	0.5284	6435 2067	8.528.226.618,235
β_i	+50%	<i>infeasible</i>	- -	-
	+25%	0.5001	12183 3914	17.334.657.761,34
	-25%	0,4877	11880 3817	16.734.594.950,50
	-50%	0,4819	11739 3771	16.434.553.356,86
S_i	+50%	0,4938	12028 3864	17.034.629.836,49
	+25%	0,4938	12028 3864	17.034.629.836,49
	-25%	0,4938	12028 3864	17.034.629.836,49
	-50%	0,4938	12028 3864	17.034.629.836,49

Parameter	Tingkat perubahan	T^*	Q_i	TC
A_i	+50%	0.6047	14731	17.040.273.855,46
			4733	
	+25%	0,5520	13447	17.037.594.024,58
			4320	
	-25%	0,4276	10416	17.031.265.331,86
			3346	
	-50%	0,3491	8505	17.027.274.407,77
			2732	



Lampiran 4. Design Interface Model EPQ dengan Proses Pengolahan Ulang

MODEL EPQ DENGAN PROSES PENGOLAHAN ULANG

INPUT i

OK

INPUT

Di Si Cip beta-i

Pi Ai Cih

NEXT

PROSES

product	Di	Pi	Si	Ai	Cip	Cih	betai

Product	Tmin	T	T*	Qi	TC

MODEL EPQ DENGAN PROSES PENGOLAHAN ULANG

INPUT i

2 OK

INPUT

Di Si Cip beta-i

Pi Ai Cih

NEXT

PROSES

product	Di	Pi	Si	Ai	Cip	Cih	betai
1	24360	£1489	0.0014	4700000	487000	4200	0.075
2	7827	18220	0.0014	1500000	504000	4200	0.079

Product	Tmin	T	T*	Qi	TC
1	0.100408777751	0.493768079433	0.493768079433	12028.19041501	17034629836.49
2				3864.722757729	

Lampiran 5. Listing Program Model EPQ dengan Proses Pengolahan Ulang

No	Listing Program
1	unit Unit1;
2	
3	interface
4	
5	uses
6	Windows, Messages, SysUtils, Variants,
7	Classes, Graphics, Controls, Forms,
8	Dialogs, StdCtrls, Buttons, Grids,
9	ExtCtrls;
10	type
11	TForm1 = class(TForm)
12	GroupBox1: TGroupBox;
13	LabeledEdit1: TLabeledEdit;
14	LabeledEdit2: TLabeledEdit;
15	LabeledEdit3: TLabeledEdit;
16	LabeledEdit4: TLabeledEdit;
17	LabeledEdit5: TLabeledEdit;
18	LabeledEdit6: TLabeledEdit;
19	LabeledEdit7: TLabeledEdit;
20	StringGrid1: TStringGrid;
21	LabeledEdit8: TLabeledEdit;
22	BitBtn1: TBitBtn;
23	BitBtn2: TBitBtn;
24	BitBtn4: TBitBtn;
25	StringGrid2: TStringGrid;
26	procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
27	procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
28	procedure FormCreate(Sender: TObject);
29	procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
30	private
31	{ Private declarations }
32	public

```

32     { Public declarations }
33     end;
34
35     var
36         Form1: TForm1;
37         N, i:Integer;
38         //tipe variable dan parameter
39         B,C,D,E,T,Tmin,F,G,Tbintang,Z,Tp,T0,Tr,Ts:Do
40         ouble;
41         Di,Si,Cip,betai,Pi,Ai,Cih,Qi:array [1..100]
42         of double;
43
44     implementation
45     {$R *.dfm}
46
47     // input banyaknya jenis barang
48     procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender:
49     TObject);
50     begin
51         N:=strtoint (LabeledEdit8.text);
52         Groupbox1.Visible:=true;
53     end;
54
55     // input nilai parameter
56     procedure TForm1.BitBtn4Click(Sender:
57     TObject);
58     begin
59         StringGrid2.Visible:=true;
60         StringGrid2.RowCount:=i+1;
61         StringGrid2.ColCount:=8;
62         Di[i]:=StrToFloat (LabeledEdit1.text);
63         Pi[i]:=strtofloat (LabeledEdit2.text);
64         Si[i]:=strtofloat (LabeledEdit3.text);
65         Ai[i]:=strtofloat (LabeledEdit4.text);
66         Cip[i]:=strtofloat (LabeledEdit5.text);

```

```

61 Cih[i]:=strtofloat(LabeledEdit6.text);
62 betai[i]:=strtofloat(LabeledEdit7.text);
   // menampilkan input parameter kedalam tabel
63 Stringgrid2.Cells[0,i]:=inttostr(i);
64 Stringgrid2.Cells[1,i]:=floattostr(Di[i]);
65 Stringgrid2.Cells[2,i]:=floattostr(Pi[i]);
66 Stringgrid2.Cells[3,i]:=floattostr(Si[i]);
67 Stringgrid2.Cells[4,i]:=floattostr(Ai[i]);
68 Stringgrid2.Cells[5,i]:=floattostr(Cip[i]);
69 Stringgrid2.Cells[6,i]:=floattostr(Cih[i]);
70 Stringgrid2.Cells[7,i]:=floattostr(betai[i]);
71 if i=n then
72 Begin
73 BitBtn2.Enabled:=true;
74 Bitbtn4.Enabled:=false;
75 end;
76 LabeledEdit1.Text:='';
77 LabeledEdit2.Text:='';
78 LabeledEdit3.Text:='';
79 LabeledEdit4.Text:='';
80 LabeledEdit5.Text:='';
81 LabeledEdit6.Text:='';
82 LabeledEdit7.Text:='';
83
84
85 i:=i+1;
86 end;
87
88 procedure TForm1.FormCreate(Sender:
   TObject);
89 Begin
90 i:=1;
91 Stringgrid2.Cells[0,0]:='product';
92 Stringgrid2.Cells[1,0]:='Di';
93 Stringgrid2.Cells[2,0]:='Pi';
94 Stringgrid2.Cells[3,0]:='Si';
95 Stringgrid2.Cells[4,0]:='Ai';

```

```

96 Stringgrid2.Cells[5,0]:='Cip';
97 Stringgrid2.Cells[6,0]:='Cih';
98 Stringgrid2.Cells[7,0]:='betai';
99 stringgrid1.Cells[0,0]:='Product';
100 Stringgrid1.cells[1,0]:='Tmin';
101 Stringgrid1.cells[2,0]:='T';
102 Stringgrid1.cells[3,0]:='T*';
103 Stringgrid1.cells[4,0]:='Qi';
104 Stringgrid1.cells[5,0]:='TC';
105 end;
106
107 procedure TForm1.BitBtn2Click(Sender:
    TObject);
108 begin
109     stringgrid1.visible:=true;
110     stringgrid1.Rowcount:=N+1;
111     Stringgrid1.ColCount:=6;
112     B:=0;
113     C:=0;
114     for i:=1 to N do
115     begin
116         B:=B+(1+betai[i])*Di[i]/Pi[i];
117         C:=C+(1-betai[i])*Pi[i]-Di[i];
118     end;
119     // seleksi syarat awal
120     if (B<=1) and (C>=0) then
121     begin
122         D:=0;E:=0;
123         for i:=1 to N do
124         begin
125             D:=D+Ai[i];

```

125

```
E:=E+cih[i]*(((1-betai[i])*Pi[i]-  
Di[i])+2*(((1-betai[i])*Pi[i]-  
Di[i])+betai[i]*(Pi[i]-  
Di[i]))*betai[i]*sqr(Di[i]/(2*Pi[i]))+(  
(((1-Betai[i])*Pi[i]-  
Di[i])+betai[i]*(Pi[i]-  
Di[i]))*(Di[i]/(2*Pi[i])))*(1-  
(Di[i]/Pi[i])-(betai[i]*Di[i]/Pi[i])));
```

126

```
end;
```

```
// menentukan nilai T
```

127

```
T:=sqrt(D/E);
```

128

```
end;
```

129

```
if T>=0 then
```

130

```
Begin
```

131

```
F:=0;G:=0;
```

132

```
for i:=1 to N do
```

133

```
Begin
```

134

```
F:=F+Si[i];
```

135

```
G:=G+(1+betai[i])*(Di[i]/Pi[i]);
```

136

```
end;
```

```
// menentukan nilai Tmin
```

137

```
Tmin:=F/(1-G);
```

138

```
end;
```

```
// membandingkan nilai T dan Tmin untuk  
menentukan periode produksi
```

138

```
If T>=Tmin then
```

140

```
Tbintang:=T
```

141

```
Else
```

142

```
Tbintang:=Tmin;
```

143

```
for i:=1 to n do
```

144

```
Begin
```

145

```
Qi[i]:=Tbintang*Di[i];
```

146

```
end;
```

147

```
Tp:=0;
```

```

148 Ts:=0;
149 T0:=0;
150 Tr:=0;
151 for i:=1 to N do
152 begin
153     // menentukan biaya produksi
154     Tp:=Tp+Cip[i]*Di[i];
155     // menentukan biaya persiapan
156     T0:=T0+Ai[i]/T;
157     // menentukan biaya pengolahan ulang
158     Tr:=Tr+Cip[i]*betai[i]*Di[i];
159     // menentukan biaya penyimpanan
160     Ts:=Ts+Cih[i]*((((1-betai[i])*Pi[i])-
161     Di[i])+(2*(((1-betai[i])*Pi[i])-
162     Di[i])+betai[i]*(Pi[i]-
163     Di[i]))*betai[i])*sqr(Di[i]/(2*Pi[i]))+((((
164     1-Betai[i])*Pi[i])-Di[i])+betai[i]*(Pi[i]-
165     Di[i]))*(Di[i]/(2*Pi[i])))*(1-(Di[i]/Pi[i])-
166     (betai[i]*Di[i]/Pi[i])))*)*T;
167 end;
168 // menentukan total biaya persediaan
169 Z:=Tp+T0+Tr+Ts;
170 Stringgrid1.cells[1,1]:=FloatToStr(Tmin);
171 Stringgrid1.cells[2,1]:=Floattostr(T);
172 Stringgrid1.cells[3,1]:=Floattostr(Tbintang)
173 ;
174 stringgrid1.cells[5,1]:=floattostr(Z);
175 for i:=1 to N do
176 begin
177 Stringgrid1.cells[0,i]:=inttostr(i);
178 Stringgrid1.cells[4,i]:=floattostr(Qi[i]);
179 end;
180 end;
181 end.

```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

