

**MODEL EOQ PROBABILISTIK UNTUK BARANG
PERISHABLE DENGAN UMUR SIMPAN TETAP**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika

oleh:

EVY JUNIASTINA
145090401111015



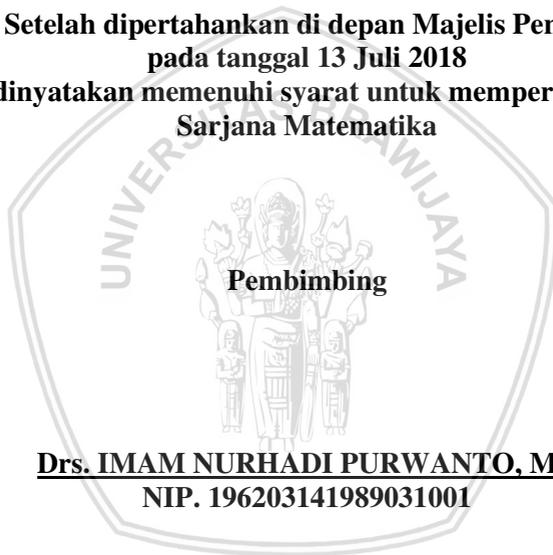
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSTAS BRAWIJAYA
MALANG
2018



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
MODEL EOQ PROBABILISTIK UNTUK BARANG
***PERISHABLE* DENGAN UMUR SIMPAN TETAP**

oleh:
EVY JUNIASTINA
145090401111015

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 13 Juli 2018
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Drs. IMAM NURHADI PURWANTO, MT
NIP. 196203141989031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

RATNO BAGUS EDY WIBOWO, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197509082000031003



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Evy Juniastina
NIM : 145090401111015
Jurusan : Matematika
Penulis Skripsi berjudul : Model EOQ Probabilistik Untuk
Barang *Perishable* Dengan
Umur Simpan Tetap

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar rujukan dalam Skripsi ini,
2. apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 13 Juli 2018
Yang Menyatakan,

(Evy Juniastina)
NIM. 145090401111015



MODEL EOQ PROBABILISTIK UNTUK BARANG *PERISHABLE* DENGAN UMUR SIMPAN TETAP

ABSTRAK

Model EOQ merupakan salah satu jenis model persediaan yang paling sering diaplikasikan dalam permasalahan persediaan. Tujuan utama model EOQ adalah menentukan jumlah pemesanan yang ekonomis yang dapat meminimumkan total biaya persediaan. Pada skripsi ini umur simpan dipertimbangkan sebagai salah satu parameter dari model persediaan barang *perishable* yang juga menghadapi permasalahan kedaluwarsa dan kekurangan persediaan. Sebagian kekurangan persediaan dapat diatasi dengan *safety stock* atau persediaan pengaman. Biaya persediaan yang diharapkan terdiri dari biaya pemesanan, biaya penyimpanan, biaya kedaluwarsa dan biaya kekurangan persediaan. Total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu (ETC_u) adalah total biaya yang minimum karena terbukti merupakan fungsi konveks dengan syarat tertentu. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas kenaikan jumlah pemesanan diakibatkan oleh kenaikan parameter permintaan (μ_t, σ_t, z) dan parameter umur simpan (SL), sedangkan kenaikan parameter biaya per unit (h, C_o, C_s) dan parameter permintaan (μ_t, σ_t, z) menyebabkan peningkatan total biaya yang diharapkan per unit waktu (ETC_u). Waktu siklus yang lebih pendek hanya diperoleh dengan meningkatkan parameter umur simpan (SL).

Kata Kunci: model EOQ, persediaan, probabilistik, umur simpan



AN PROBABILISTIC EOQ MODEL FOR PERISHABLE PRODUCTS WITH FIXED SHELF LIFE

ABSTRACT

The EOQ model is one of the most commonly applied inventory models in inventory problems. The main purpose of the EOQ model is to determine the number of economical orders that can minimize the total cost of inventory. In this final assignment, the shelf life is considered as one of the parameters of the perishable goods inventory model which also faces outdated and under-inventory issues. Some inventory shortages can be solve with safety stock. Expected inventory costs consist of booking costs, storage costs, expiration costs and inventory shortage costs. The total expected inventory cost per unit time (ETC_u) is the minimum total cost as it is proven to be a convex function with certain conditions. Based on the results of the sensitivity analysis, the increase in order quantity is caused by the increase of demand parameters (μ_t, σ_t, z) and the shelf life parameter (SL) while the increase in cost parameters per unit (h, C_o, C_s) and demand parameters (μ_t, σ_t, z) lead to an increase in expected total cost per unit time (ETC_u). Shorter cycle times are only obtained by increasing the shelf life parameter (SL).

Keyword: EOQ model, inventory, probabilistic, shelf life.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Model EOQ Probabilistik untuk Barang Perishable dengan Umur Simpan Tetap* dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam tak lupa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan dan panutan 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. Drs. Imam Nurhadi Purwanto, MT. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, motivasi, serta kesabaran yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini,
2. Mila Kurniawaty, S.Si., M.Si., Ph.D dan Dr. Isnani Darti, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji, atas segala saran dan kritik yang telah diberikan demi perbaikan skripsi ini,
3. Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Matematika sekaligus dosen Pembimbing Akademik penulis, dan Dr. Isnani Darti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Matematika,
4. Seluruh dosen Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis, serta segenap karyawan tata usaha dan NOC Jurusan Matematika atas segala bantuan yang diberikan,
5. Bapak M. Hasan S.Ap, Ibu Sumarni, dan M.Ansyori (adik) serta seluruh keluarga besar atas segala doa, dukungan, motivasi, dan bantuan yang tak pernah habis tercurahkan kepada penulis hingga saat ini dan sampai kapanpun,
6. Sahabat, teman-teman, dan rekan-rekan seperjuangan Keluarga Besar Matematika (MATRIKS '14), atas segala semangat dan dukungan,
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan berkah dan kebaikan-Nya kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini. Sebagai manusia yang memiliki keterbatasan penulis

repository.ub.ac.id

menyadari penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca yang dapat disampaikan melalui email eve.june96@gmail.com. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi sumber ide bagi penulisan skripsi selanjutnya.

Malang, 13 Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Asumsi	3
1.4 Tujuan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Persediaan	5
2.2 Jenis Persediaan	5
2.3 Tujuan Persediaan	6
2.4 Biaya-Biaya Dalam Persediaan.....	7
2.5 Model Pengendalian Persediaan	9
2.6 Model EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>) Biasa.....	9
2.7 Model EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>) Probabilistik	12
2.8 Model EOQ dengan Masa Simpan Tetap di bawah Kondisi <i>Stochastic Demand</i>	13
2.9 Persediaan Pengaman atau <i>Safety Stock</i>	15
2.10 Persamaan Diferensial.....	16
2.11 Distribusi Normal.....	17
2.12 Uji Konveksitas.....	18
2.13 Analisis Sensitivitas dalam EOQ	19

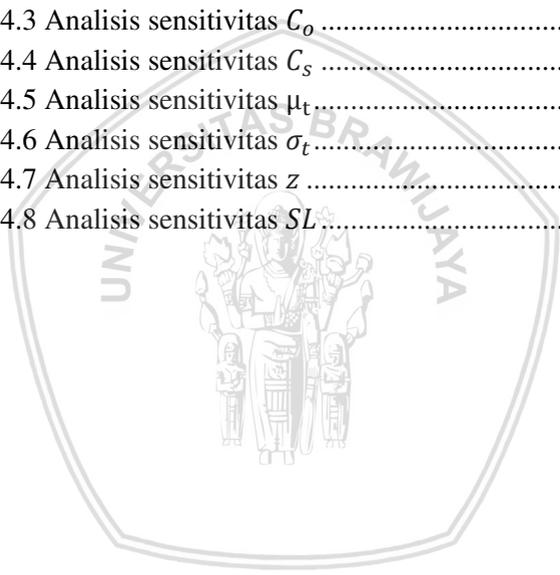


BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Analisis Data.....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Konstruksi Model EOQ Probabilistik untuk Barang <i>Perishable</i> dengan Umur Simpan Tetap	23
4.2 Penentuan Total Biaya Persediaan yang Diharapkan Per Unit Waktu dan Uji Konveksitas	26
4.2.1. Biaya pemesanan (<i>A</i>).....	26
4.2.2. Biaya penyimpanan yang diharapkan (<i>EIHC</i>).....	26
4.2.3. Biaya <i>outdating</i> atau kedaluwarsa yang diharapkan (<i>EOC</i>).....	27
4.2.4. Biaya kekurangan persediaan yang diharapkan (<i>ESC</i>)	28
4.2.5. Uji konveksitas fungsi total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu	30
4.3 Simulasi Numerik dan Analisis Sensitivitas pada Model EOQ Probabilistik untuk Barang <i>Perishable</i> dengan Umur Simpan Tetap	31
4.3.1. Simulasi Numerik.....	31
4.3.2. Analisis Sensitivitas	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	42
DAFTAR RUJUKAN	43
LAMPIRAN	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model EOQ biasa	10
Gambar 2.2 Model EOQ probabilistik	13
Gambar 2.3 Kasus 1 ($t_1 \leq SL$).....	13
Gambar 2.4 Kasus 2 ($t_1 > SL$).....	14
Gambar 2.5 Kurva distribusi normal.....	18
Gambar 4.1 Kurva model EOQ probabilistik untuk barang <i>perishable</i> dengan umur simpan tetap	23
Gambar 4.2 Analisis sensitivitas h	33
Gambar 4.3 Analisis sensitivitas C_o	34
Gambar 4.4 Analisis sensitivitas C_s	35
Gambar 4.5 Analisis sensitivitas μ_t	36
Gambar 4.6 Analisis sensitivitas σ_t	37
Gambar 4.7 Analisis sensitivitas z	38
Gambar 4.8 Analisis sensitivitas SL	39





DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel data nilai parameter	31
Tabel 4.2 Tabel hasil simulasi numerik.....	32





DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan turunan kedua $ETCu$ terhadap t_1 untuk $0 \leq t_1 \leq T$	45
Lampiran 2. Perhitungan turunan pertama $ETCu$ terhadap t_1 ketika $SL = t_1 = T$	49
Lampiran 3. Perhitungan fungsi t_1	50
Lampiran 4. Perhitungan fungsi T	51
Lampiran 5. Listing program iterasi	52
Lampiran 6. Perhitungan jumlah pesanan optimal, biaya-biaya yang diharapkan, dan total biaya yang diharapkan.....	54





BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persediaan merupakan bagian tak terpisahkan dari setiap bisnis atau usaha. Persediaan diibaratkan sebagai modal utama untuk memulai usaha dan harus selalu dapat terpenuhi jumlahnya demi menjaga kelancaran usaha. Sangat penting bagi suatu perusahaan menjaga jumlah persediaan mereka agar sesuai dengan tingkat permintaan konsumen. Persediaan yang terlalu besar dibanding permintaan akan mengakibatkan tingginya biaya persediaan dan sebaliknya bila persediaan terlalu sedikit dapat menyebabkan berkurangnya pendapatan yang mungkin diterima dan lebih jauh lagi dapat berakibat hilangnya kepercayaan dan minat beli konsumen.

Salah satu jenis barang yang biasa dijadikan persediaan adalah barang *perishable* atau barang yang mudah rusak. Barang *perishable* biasanya merupakan makanan dan bahan makanan yang tersedia dalam bentuk mentah maupun sudah jadi. Penyimpanan barang *perishable* seringkali berhubungan dengan masalah kedaluwarsa dan kerusakan. Salah satu penyebabnya adalah umur simpan barang yang relatif lebih pendek dibanding satu kali siklus pemesanan. Beberapa barang *perishable* memiliki umur simpan yang tidak dapat ditentukan dengan pasti, sedangkan beberapa jenis lainnya mencantumkan tanggal kedaluwarsa pada kemasan sebagai batas waktu pemakaian barang. Menurut Muriana (2016), umur simpan suatu barang dihitung sejak barang tersebut tiba di toko atau *retailer* dan bukan sejak barang tersebut keluar dari proses produksi. Barang yang telah melewati masa simpannya akan rusak dan tidak dapat digunakan lagi dan biasanya langsung dimusnahkan, namun ada juga yang akan dikembalikan ke pemasok.

Untuk kasus dengan permintaan yang bersifat stokastik, masalah kedaluwarsa ini diikuti pula dengan kemungkinan terjadinya kekurangan persediaan dalam satu siklus pemesanan yang diakibatkan oleh faktor-faktor seperti fluktuasi permintaan pelanggan, perkiraan yang kurang akurat akan kebutuhan suatu barang, dan variabilitas pada *lead time* untuk bahan baku atau *raw material* (King, 2011). Kurangnya persediaan di saat barang sedang

dibutuhkan tentunya mengakibatkan kerugian bagi penjual, untuk itu diperlukan adanya persediaan pengaman atau *safety stock*. Persediaan pengaman hanya bertujuan mengurangi sebagian besar kerugian yang disebabkan kurangnya persediaan hingga tiba saat pemesanan kembali (King, 2011). Permintaan yang tidak tetap atau berubah-ubah tidak hanya berdampak pada kurangnya persediaan tetapi juga mengakibatkan waktu siklus menjadi suatu variabel stokastik yang harus dioptimalkan agar sesuai dengan keadaan dan parameter persediaan.

Primasari (2010) memodelkan pengendalian persediaan EOQ probabilistik untuk tingkat permintaan barang yang tidak pasti serta Ambarwani (2013) dalam skripsinya menyajikan model EOQ deterministik untuk barang *perishable* yang memiliki umur simpan tidak tetap dan kerusakan barangnya berdistribusi Weibull. Berbeda dengan kedua penelitian tersebut yang tidak mengaitkan hubungan antara masa simpan dan biaya kerugian barang akibat melewati masa kedaluwarsa, pada skripsi ini dikaji kembali artikel Muriana (2016) mengenai model EOQ probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan yang tetap dan tingkat permintaannya bersifat stokastik atau tidak tetap. Model persediaan ini bertujuan mencari waktu siklus dan jumlah penyimpanan optimal sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menentukan model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap?
2. Bagaimana menentukan kuantitas pemesanan optimal persediaan, waktu siklus, dan total biaya minimum dengan menggunakan model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap?
3. Bagaimana simulasi numerik dan analisis sensitivitas model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap?

1.3 Asumsi

Adapun asumsi yang digunakan untuk memformulasikan model dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem persediaan untuk satu jenis barang dan tidak mempengaruhi penyimpanan barang lain.
2. Kekurangan persediaan dapat terjadi dan mengakibatkan permintaan terhadap barang tersebut tidak dapat dipenuhi.
3. Masa simpan barang relatif lebih pendek daripada satu kali siklus pemesanan.
4. Waktu antara pemesanan dan kedatangan barang (*lead time*) serta umur simpan barang bersifat deterministik dan konstan.
5. Tingkat permintaan yang diharapkan adalah variabel acak yang berdistribusi normal dengan rata-rata μ_t dan simpangan baku σ_t .
6. Persediaan pengaman atau *safety stock* dipertimbangkan untuk memastikan tingkat pelayanan tetap terjaga.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap.
2. Memperoleh kuantitas pemesanan optimal persediaan, waktu siklus, dan total biaya minimum dengan menggunakan model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap.
3. Mengetahui simulasi numerik dan analisis sensitivitas model *EOQ* probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini disajikan teori-teori yang digunakan untuk menjawab masalah yang diuraikan pada bab sebelumnya.

2.1 Persediaan

Menurut Assauri (1980), persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan, *parts* yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi serta barang-barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau langganan setiap waktu. Mengingat hal tersebut, sudah seharusnya apabila sebuah perusahaan melakukan pengendalian terhadap persediaan, sehingga persediaan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan secara efisien. Pengendalian persediaan merupakan suatu kegiatan untuk menentukan tingkat dan komposisi dari persediaan *parts*, bahan baku, dan barang jadi, sehingga perusahaan dapat melindungi kelancaran proses produksi penjualan dan kebutuhan-kebutuhan pembelanjaan perusahaan lebih efektif dan efisien.

Persediaan juga dapat diartikan sebagai suatu model yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan usaha pengendalian bahan baku maupun barang jadi dalam suatu aktivitas perusahaan. Persediaan berkaitan dengan penetapan jadwal pengadaan dan jumlah pesanan yang seharusnya dilakukan oleh perusahaan (Ristono, 2009).

2.2 Jenis Persediaan

Setiap jenis persediaan memiliki karakteristik berbeda-beda. Berdasarkan fungsinya, persediaan terdiri dari beberapa jenis, yaitu (Assauri, 1980):

1. *Batch stock* atau *lot size inventory*, yaitu persediaan yang dilakukan karena membeli atau membuat bahan-bahan atau barang-barang dalam jumlah lebih besar daripada jumlah yang dibutuhkan saat itu. Dalam hal ini, pembelian atau pembuatan yang dilakukan untuk jumlah besar, sedangkan penggunaan atau pengeluaran dalam jumlah kecil.

2. *Fluctuation stock*, yaitu persediaan yang diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan konsumen yang tidak dapat diperkirakan.
3. *Anticipation stock*, yaitu persediaan yang diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diperkirakan, berdasarkan pola musiman yang terdapat dalam satu tahun, dan untuk menghadapi penggunaan atau penjualan permintaan yang meningkat.

Berdasarkan pengolahan, persediaan terdiri dari beberapa jenis, yaitu (Handoko, 1992):

1. Persediaan bahan mentah (*raw material*), yaitu persediaan barang-barang atau komponen-komponen lainnya yang digunakan dalam proses produksi.
2. Persediaan komponen-komponen rakitan (*purchased parts/components*), yaitu persediaan barang-barang yang terdiri dari komponen-komponen yang diperoleh dari perusahaan lain, dimana secara langsung dapat dirakit menjadi suatu produk.
3. Persediaan bahan pembantu atau penolong (*supplies*), yaitu persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses produksi, tapi tidak merupakan komponen atau bagian barang jadi.
4. Persediaan barang dalam proses (*work in process*), yaitu persediaan barang-barang dari tiap-tiap bagian dalam proses produksi atau yang telah diolah menjadi suatu bentuk, tetapi masih perlu diproses lebih lanjut menjadi barang jadi.
5. Persediaan barang jadi (*finished goods*), yaitu persediaan barang-barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap untuk dijual, dikirim kepada konsumen.

2.3 Tujuan Persediaan

Dalam rangka memperlancar kegiatan produksi atau operasional, diperlukan pengendalian persediaan. Adapun tujuan dari pengendalian persediaan adalah (Ristono, 2009):

1. Untuk dapat memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat.

2. Menjaga kelancaran proses produksi atau menjaga agar perusahaan tidak mengalami kekurangan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi.
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 besar-besaran, karena akan mengakibatkan biaya menjadi besar.

2.4 Biaya-Biaya Dalam Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari empat kategori yang sangat menentukan jawaban optimal dari masalah persediaan. Keempat biaya tersebut adalah (Ristono, 2009):

1. Biaya pembelian (*purchased cost*)
Biaya Pembelian adalah harga per unit barang jika barang dibeli dari pihak luar atau biaya produksi per unit barang jika barang diproduksi dalam perusahaan. Biaya pembelian dapat dikatakan semua biaya yang digunakan untuk membeli suku cadang. Penetapan dari biaya pembelian bergantung dari pihak penjual barang atau bahan sehingga pihak pembeli hanya bisa mengikuti fluktuasi harga barang yang ditetapkan oleh pihak penjual. Namun, karena biaya pembelian bahan per unit tidak berpengaruh pada keputusan apapun yang diambil, maka biaya pembelian bahan per unit dapat diabaikan dalam pengambilan keputusan.
2. Biaya pemesanan atau biaya pengadaan (*order cost/set-up cost*)
Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan pemesanan barang ke pemasok. Besar biaya pemesanan bergantung pada frekuensi pesanan, jika pemesanan sering dilakukan maka biaya yang dikeluarkan semakin besar dan sebaliknya. Biaya pemesanan dapat diartikan yaitu biaya yang diperlukan saat mendatangkan barang atau biaya yang diperlukan untuk memesan barang setiap kali akan mendatangkan barang, semua biaya

pemesanan yang timbul akan ditanggung oleh perusahaan. Biaya pemesanan secara terperinci meliputi

- a. Biaya persiapan pemesanan,
 - Biaya telepon atau ongkos menghubungi pemasok,
 - Pengeluaran surat menyurat,
- b. Biaya penerimaan barang
 - Biaya pembongkaran dan pemasukan ke gudang,
 - Biaya pemeriksaan barang,
- c. Biaya pengiriman pesanan ke gudang
- d. Biaya proses pembayaran, seperti biaya pembuatan cek, pengiriman cek atau biaya transfer ke bank pemasok dan sebagainya.

Biaya pemesanan tidak mengalami kenaikan jika kuantitas atau jumlah pesanan dalam sekali pesan bertambah besar, sehingga semakin banyak barang dalam sekali pesan maka biaya pesan per unit barang akan turun. Semakin sedikit jumlah barang dalam sekali pesan maka akan semakin besar biaya pesan per unit barang.

3. Biaya penyimpanan (*holding cost/ carrying cost*)

Biaya penyimpanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik untuk menyimpan persediaan atau biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan penyimpanan barang di gudang. Besar kecilnya biaya penyimpanan tergantung pada jumlah rata-rata barang yang disimpan dalam gudang. Semakin banyak rata-rata persediaan, maka biaya penyimpanan juga semakin besar dan sebaliknya. Biaya penyimpanan meliputi

- a. Biaya sewa gudang,
- b. Biaya pemeliharaan barang,
- c. Biaya pemanasan atau pendinginan, bila untuk menjaga ketahanan suhu,
- d. Biaya menghitung atau menimbang barang,
- e. Biaya keusangan,
- f. Pajak.

Biaya pemesanan maupun biaya penyimpanan merupakan biaya variabel atau biaya yang besarnya berubah-ubah tergantung pada frekuensi pemesanan dan volume persediaan.

4. Biaya kekurangan persediaan (*Stock out cost*)
Biaya ini timbul akibat tidak terpenuhinya kebutuhan konsumen. Jika konsumen mau menunggu, maka biaya terdiri dari ongkos produksi yang terburu-buru. Jika konsumen tidak mau menunggu, maka biaya terdiri dari kehilangan untung dan bisa kehilangan kepercayaan konsumen. Akibat yang timbul dari biaya kekurangan adalah
 - a. Kehilangan pendapatan,
 - b. Selisih harga komponen,
 - c. Terganggunya operasi.

2.5 Model Pengendalian Persediaan

Menurut Ristono (2009), secara umum model pengendalian persediaan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Model deterministik, model ini ditandai oleh karakteristik permintaan dan periode kedatangan yang dapat diketahui secara pasti sebelumnya.
2. Model stokastik atau probabilistik, adalah model yang mengangap karakteristik permintaan dan/atau periode kedatangan pesanan tidak dapat diketahui secara pasti sebelumnya sehingga perlu didekati dengan distribusi probabilitas.

2.6 Model EOQ (*Economic Order Quantity*) Biasa

Model EOQ (*Economic Order Quantity*) merupakan salah satu model klasik deterministik. Model ini bertujuan untuk menentukan jumlah pesanan yang ekonomis, yaitu jumlah pesanan yang meminumkan total biaya persediaan dengan mempertimbangkan biaya pemesanan dan penyimpanan.

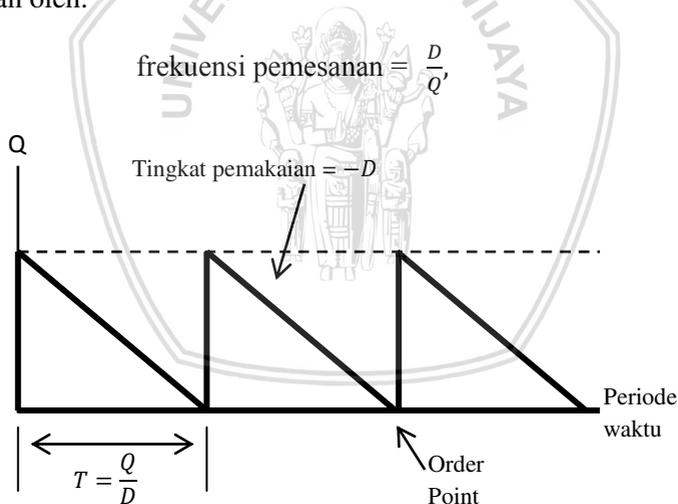
Menurut Aminudin (2005), model EOQ dapat diterapkan apabila asumsi-asumsi berikut ini dipenuhi:

1. Barang yang dipesan dan disimpan hanya barang sejenis.
2. Permintaan per periode diketahui dan konstan.
3. Biaya pemesanan konstan.
4. Biaya penyimpanan berdasarkan rata-rata persediaan.
5. Harga per unit barang konstan.
6. Barang yang dipesan segera tersedia (tidak diijinkan *backorder*).

Dalam persoalan persediaan ini akan dicari berapa jumlah pemesanan (Q) sehingga total biaya mencapai minimum. Dari Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa Q merupakan jumlah barang yang dipesan secara periodik. Setiap siklus persediaan mempunyai periode T , artinya setiap T satuan waktu pemesanan kembali dilakukan dan ini tergantung pada Q . Lamanya T sama dengan proporsi kebutuhan selama satu periode (D).

$$T = \frac{Q}{D}$$

Untuk mengetahui jumlah persediaan dari waktu ke waktu bisa digunakan gradien D sebagai petunjuk dengan cara melihat garis lurus yang memiliki gradien tersebut. Karena barang yang dipesan diasumsikan segera tersedia maka setiap siklus persediaan dapat dilukiskan dalam bentuk segitiga dengan tinggi Q dan alas T . Sedangkan frekuensi pemesanan tergantung pada D dan Q yang dirumuskan oleh:



Gambar 2.1 Model EOQ biasa

Menurut Siswanto (2007) untuk menentukan total biaya minimum, biaya pembelian dapat diabaikan karena biaya tersebut timbul tanpa bergantung pada frekuensi pemesanan dan total biaya persediaan dinyatakan sebagai berikut:

Total biaya = Biaya pesan + Biaya simpan,

$$TC = OC + HC,$$

$$TC = \frac{Dk}{Q} + \frac{Q}{2}h. \quad (2.1)$$

Model EOQ mengasumsikan persediaan datang serentak sebesar Q , maka persediaan awal adalah Q dan persediaan akhir adalah nol. Biaya total persediaan akan naik jika semakin banyak unit (Q) yang dipesan maupun semakin sedikit unit yang dipesan. Ketika biaya pemesanan sama dengan biaya penyimpanan, kondisi minimum untuk total biaya persediaan terpenuhi.

$$OC = HC,$$

$$\frac{Dk}{Q} = \frac{Q}{2}h,$$

$$Q^2 = \frac{2Dk}{h},$$

$$Q = \sqrt{\frac{2Dk}{h}}. \quad (2.2)$$

Substitusikan persamaan (2.2) ke persamaan total biaya (2.1) sehingga diperoleh total biaya sebagai berikut:

$$TC = \frac{2Dk + Q^2h}{2Q},$$

$$TC = \frac{2Dk + \frac{2Dk}{h}h}{2\sqrt{\frac{2Dk}{h}}},$$

$$TC = \frac{2Dk}{\sqrt{\frac{2Dk}{h}}}$$

$$TC^2 = \frac{(2Dk)^2 h}{2Dk},$$

$$TC = \sqrt{2kDh},$$

dengan:

D : jumlah barang yang dibutuhkan dalam satu periode,

k : biaya pesan per pemesanan,

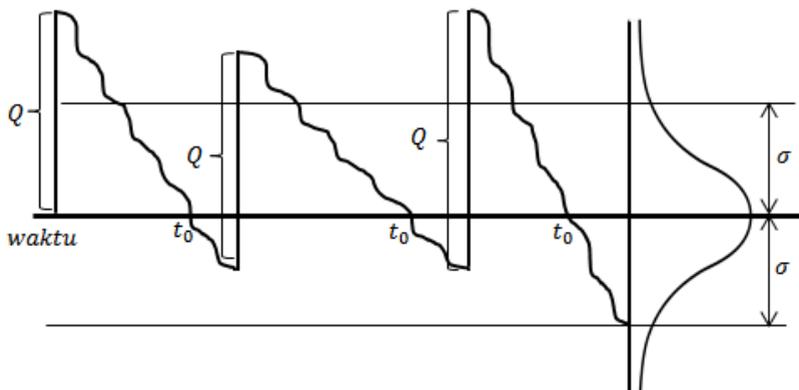
h : biaya simpan per unit nilai persediaan.

2.7 Model EOQ (*Economic Order Quantity*) Probabilistik

Menurut Ouyang (2005) dalam Primasari (2010), permasalahan persediaan yang kuantitas permintaan dan waktu kedatangan pesannya tidak diketahui secara pasti dapat diselesaikan dengan model EOQ probabilistik. Penggunaan model EOQ ini dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan karena dapat mencegah terjadinya kelebihan atau kekurangan bahan baku. Menurut Ernawati dan Sunarsih (2008) dalam Primasari (2010) Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam pengendalian persediaan model EOQ probabilistik, yaitu:

1. Selama periode yang bersangkutan tingkat harga konstan, baik harga beli maupun biaya pemesanan dan penyimpanan.
2. Jumlah permintaan setiap periode tidak diketahui secara pasti.
3. *Lead time* bersifat konstan.
4. Tidak ada potongan harga untuk pembelian bahan dalam jumlah banyak (*quantity discount*).

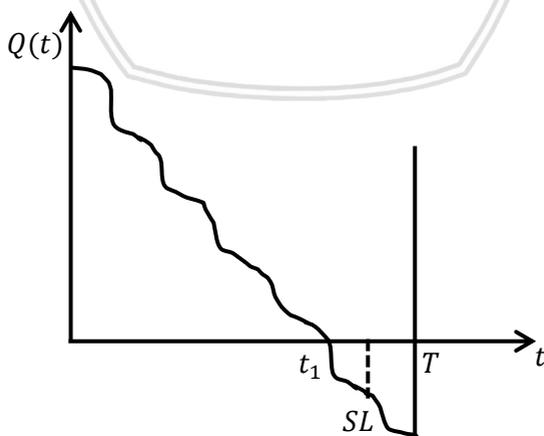
Jika permintaan bersifat probabilistik maka elemen biaya persediaan berupa ekspektasi. Ekspektasi biaya total yang dimaksud terdiri dari ekspektasi biaya pembelian, ekspektasi biaya pemesanan, ekspektasi biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan.



Gambar 2.2 Model EOQ probabilistik

2.8 Model EOQ dengan Masa Simpan Tetap di bawah Kondisi Stochastic Demand

Menurut Muriana (2016), variabilitas permintaan barang dengan mempertimbangkan umur simpan barang sebagai salah satu parameter dari barang *perishable* menghasilkan hubungan SL (*shelf life* atau umur simpan) dengan t_1 . Pada model ini waktu dimana persediaan mencapai titik nol dinyatakan dengan t_1 . Waktu t_1 merupakan variabel acak yang juga berdistribusi normal seperti permintaan yang diharapkan, berikut hubungan t_1 dengan SL :



Gambar 2.3 Kasus 1 ($t_1 \leq SL$)



Gambar 2.4 Kasus 2 ($t_1 > SL$)

1. $t_1 \leq SL$. Pada kasus ini persediaan habis sebelum masa simpan berakhir, sehingga tidak ada barang yang mengalami kedaluwarsa. Kekurangan persediaan yang terjadi sama dengan permintaan yang hilang atau tidak dapat dipenuhi dalam rentang t_1 sampai T .
2. $t_1 > SL$. Pada kasus ini barang yang tersisadalam rentang t_1 sampai SL sudah rusak dan tidak dapat dijual lagi. Kekurangan persediaan sama dengan jumlah permintaan yang hilang antara t_1 dan T ditambah jumlah barang yang kedaluwarsa antara SL dan t_1 .

Berdasarkan hubungan di atas, diperoleh persediaan-persediaan yang diharapkan sebagai berikut.

Persediaan yang diharapkan dalam penyimpanan (*Expected Inventory on Hand*)

$$EIH = \int_0^{t_1} Q(t)dt, \quad (2.3)$$

persediaan kedaluwarsa yang diharapkan (*Expected Outdating*)

$$EO = \left(Q(0) - \int_0^{SL} r_t dt \right) P(t_1 > SL), \quad (2.4)$$

kekurangan persediaan yang diharapkan (*Expected Shortage*)

$$ES = \int_{SL}^{t_1} Q(t)dt P(t_1 > SL) - \int_{t_1}^T Q(t)dt. \quad (2.5)$$

2.9 Persediaan Pengaman atau *Safety Stock*

Menurut King (2011), *Safety stock* atau persediaan pengaman adalah persediaan yang sengaja diadakan oleh manajemen untuk menghindari risiko kehabisan persediaan yang disebabkan oleh permintaan yang berfluktuasi, ketidakakuratan perkiraan pemesanan, atau ketidakpastian periode datangnya pesanan. Pada dasarnya persediaan pengaman hanya dapat menutupi sebagian besar kekurangan persediaan demi menjaga tingkat pelayanan (*service level*) perusahaan dalam memenuhi permintaan pelanggan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan adanya cadangan persediaan, masalah selanjutnya adalah menentukan seberapa besar cadangan persediaan yang akan diadakan. Mengingat bahwa semakin besar cadangan persediaan, berarti semakin besar pula biaya penyimpanan persediaan.

Menurut Siswanto (1985), EOQ model probabilistik menggunakan transformasi kurva normal sebagai alat bantu dalam mengukur tingkat pelayanan sebagai faktor keamanan. Tingkat kemampuan manajemen atau tingkat pelayanan adalah kemungkinan manajemen dalam memenuhi permintaan yang berubah-ubah.

Dengan demikian hubungan antara kemungkinan dapat memenuhi dan tidak dapat memenuhi *demand* pada kurva normal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{permintaan terpenuhi (\%)} + \\ & \text{permintaan tidak terpenuhi (\%)} = 100 (\%), \end{aligned}$$

$$\text{safety stock (\%)} + \text{stock out (\%)} = 100 (\%).$$

Jadi, kehabisan persediaan yang diinginkan adalah 20%. Hal ini berarti kemungkinan untuk dapat memenuhi permintaan adalah $100\% - 20\% = 80\%$. Kemudian dengan bantuan tabel kurva normal (tabel Z) dapat diketahui nilai Z (faktor keamanan) dari 80% atau 0.8 adalah 0.84. Nilai Z ini digunakan sebagai pedoman untuk menentukan *safety stock*.

Diketahui bahwa Z adalah faktor keamanan sehingga penentuan *safety stock* dapat dirumuskan sebagai berikut (Siswanto, 1985):

$$\begin{aligned} \text{Safety stock} &= \text{faktor keamanan} * \text{standar deviasi}, \\ SS &= z * \sigma, \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}},$$

dengan:

σ = standar deviasi,

x_i = permintaan ke- i ,

μ = nilai rata-rata permintaan,

n = jumlah permintaan.

2.10 Persamaan Diferensial

Menurut Stewart (2012), persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang memuat fungsi yang tidak diketahui beserta satu atau lebih turunannya. Sebagai contoh, persamaan diferensial dapat ditulis sebagai

$$y' = xy, \quad (2.7)$$

dengan y adalah fungsi yang tidak diketahui terhadap variabel bebas x .

Suatu fungsi f disebut solusi dari persamaan diferensial jika persamaan dipenuhi ketika $y = f(x)$ dan turunannya disubstitusikan ke dalam persamaan. Dengan demikian, f adalah solusi dari persamaan (2.7) jika

$$f'(x) = xf(x).$$

2.11 Distribusi Normal

Menurut Soong (2004), distribusi yang paling penting dalam teori serta dalam aplikasi adalah distribusi normal. Variabel acak x berdistribusi normal jika fungsi kepadatan peluangnya atau $f_X(x)$ berbentuk

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad -\infty < x < \infty \quad (2.8)$$

dengan μ dan σ ($\sigma > 0$) masing-masing adalah parameter yang menyatakan rata-rata dan standar deviasi.

Rata-rata dari variabel acak x diperoleh dengan menerapkan definisi ekspektasi atau rata-rata untuk distribusi peluang kontinu pada persamaan (2.8)

$$E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx,$$

yang menghasilkan

$$E[X] = \mu.$$

Dengan cara yang sama, dari definisi variansi diperoleh

$$var[X] = E[X^2] - E[X]^2,$$

$$var[X] = \sigma^2.$$

Menurut Mendenhall (2009), variabel acak x dari distribusi normal dibakukan dengan menyatakannya sebagai nilai standar deviasi σ yang berada di sisi kanan atau kiri rata-rata μ , atau dapat dituliskan sebagai berikut

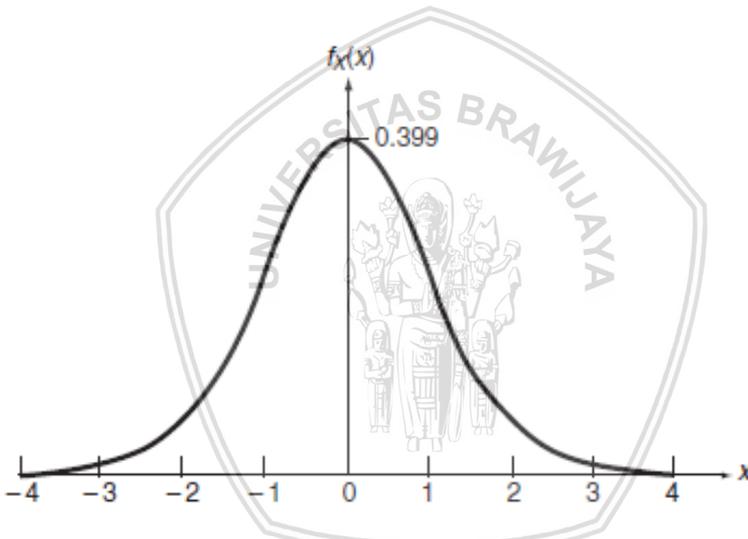
$$x = \mu + z\sigma,$$



sehingga

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Distribusi peluang z disebut distribusi normal baku jika $\mu = 0$ dan $\sigma = 1$. Kurva sebaran normal baku ditunjukkan pada Gambar 6.5 dengan luas daerah di sisi kanan dan kiri masing-masing adalah 0,5. Daerah di bawah kurva di sisi kiri suatu sebarang nilai z_0 disebut peluang $P(z \leq z_0)$. Daerah kumulatif ini selanjutnya tercatat dalam suatu tabel yang disebut tabel normal atau tabel Z.



Gambar 2.5 Kurva distribusi normal

2.12 Uji Konveksitas

Pandang suatu fungsi $f(x)$ dengan satu variabel. Jika fungsi tersebut memiliki turunan kedua untuk semua nilai x yang mungkin, maka $f(x)$ adalah (Hillier dan Lieberman, 2001):

1. Konveks jika dan hanya jika $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \geq 0$ untuk semua nilai x yang mungkin.

2. *Strictly convex* jika hanya jika $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} > 0$ untuk semua nilai x yang mungkin.
3. Konkaf jika dan hanya jika $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \leq 0$ untuk semua nilai x yang mungkin.
4. *Strictly concave* jika dan hanya jika $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} < 0$ untuk semua nilai x yang mungkin.

2.13 Analisis Sensitivitas dalam EOQ

Analisis sensitivitas digunakan untuk menentukan bagaimana pengaruh perubahan atau kesalahan data dalam parameter terhadap EOQ. Jika perubahan dalam parameter model EOQ cukup besar tetapi tidak berpengaruh terhadap EOQ, dapat dikatakan bahwa model EOQ tidak sensitif terhadap perubahan tersebut. Jika terjadi perubahan parameter sangat kecil dalam model EOQ, tetapi berpengaruh cukup besar terhadap EOQ, dapat dikatakan bahwa model EOQ sensitif terhadap perubahan tersebut.

Analisis sensitivitas dapat dimanfaatkan dalam berbagai cara. Pertama, semua parameter yang digunakan dalam keputusan persediaan diperkirakan, kemudian diinginkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kesalahan dalam estimasi terhadap keputusan dan biaya. Analisis sensitivitas dapat menyatakan apakah prosedur estimasi cukup memadai. Kedua, parameter dalam model EOQ berubah karena waktu, analisis sensitivitas dapat membantu dalam memutuskan apakah perlu merevisi keputusan persediaan dengan memasukkan nilai yang baru. Ketiga, kondisi yang menentukan batas kapasitas, efisiensi transportasi, atau pengepakan. Analisis sensitivitas dapat digunakan untuk menentukan pengaruh biaya tersebut dengan melakukan penyesuaian (Zulian, 2005).

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



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada skripsi ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari, dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur. Data sekunder yang digunakan pada skripsi ini diperoleh dari artikel yang ditulis oleh Muriana (2016).

3.2 Analisis Data

Secara ringkas analisis data skripsi ini akan diuraikan ke dalam tahapan sebagai berikut.

1. Mencari solusi persamaan diferensial tingkat persediaan untuk $0 \leq t \leq T$.
2. Menentukan jumlah persediaan optimal (Q_{opt}).
3. Mengkonstruksikan model untuk masing-masing biaya berikut:
 - a. Biaya pemesanan (A),
 - b. Biaya penyimpanan yang diharapkan ($EIHC$),
 - c. Biaya *outdating* atau kedaluwarsa yang diharapkan (EOC),
 - d. Biaya kekurangan persediaan yang diharapkan (ESC).
4. Mensubstitusikan biaya-biaya persediaan yang diharapkan ke dalam persamaan total biaya yang diharapkan

$$ETC = A + EIHC + EOC + ESC,$$

dan persamaan total biaya persediaan yang diharapkan per satuan waktu

$$ETC_u = \frac{A + EIHC + EOC + ESC}{T}.$$

5. Menentukan waktu persediaan mencapai titik nol (t_1) dan waktu siklus (T). Nilai t_1 dan T diperlukan untuk mengetahui nilai dari total biaya dan biaya-biaya lain. Nilai t_1 dan T tidak dapat ditentukan secara eksplisit sehingga harus menggunakan prosedur iterasi sebagai berikut
 - a. Menentukan kriteria penghentian iterasi, yaitu selisih hasil antar iterasi dari t_1 dan T kurang dari 10^{-6} . Selisih

hasil antar iterasi dari t_1 dinyatakan dengan $err1$ dan selisih hasil antar iterasi dari T dinyatakan dengan $err2$.

- b. Memisalkan $SL = T = t_1$ dan $\frac{\partial ETC_u}{\partial t_1} = 0$ pada persamaan ETC_U pada poin (4) sehingga diperoleh t_1 seperti pada Lampiran 2.
- c. Selama $err1$ dan $err2$ lebih dari 10^{-6} lakukan langkah berikut.
 - Menentukan nilai optimal dari T dengan mensubstitusikan nilai t_1 pada poin (5.b) atau nilai t_1 pada iterasi sebelumnya ke penyelesaian

$$\frac{\partial ETC_u}{\partial T} = 0.$$

- Menentukan nilai t_1 yang baru dengan mensubstitusikan nilai T pada poin sebelumnya atau pada iterasi sebelumnya ke penyelesaian

$$\frac{\partial ETC_u}{\partial t_1} = 0.$$

- Memperbarui $err1$ dan $err2$ untuk setiap iterasi.
- Menyimpan nilai t_1 dan T yang baru.
- Menambah iterasi, $i = i + 1$.

d. Menampilkan hasil t_1 dan T di akhir iterasi.

6. Menentukan total biaya persediaan dengan mensubstitusikan nilai t_1 dan T ke dalam persamaan pada poin (4).
7. Membuktikan ETC_u minimal untuk $0 \leq t_1 \leq T$ dengan uji konveksitas

$$\frac{\partial^2 ETC_u}{\partial T^2} > 0.$$

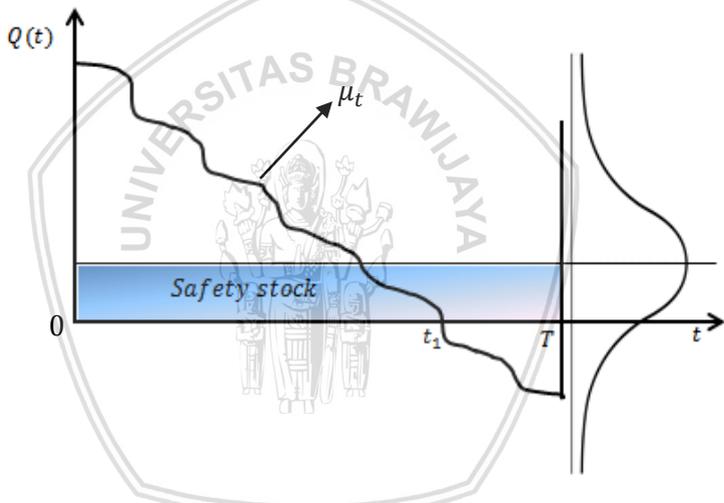
8. Melakukan analisis sensitivitas dengan mengubah-ubah parameter dalam model untuk mengetahui pengaruh dari perubahan masing-masing parameter.
9. Mengambil kesimpulan dari hasil perhitungan.



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai perhitungan dan hasil dari analisis data yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada skripsi ini dibahas mengenai model EOQ untuk barang *perishable* dengan mempertimbangkan umur simpan sebagai salah satu parameter dari barang *perishable* yang bernilai tetap dan permintaan barangnya bersifat stokastik yang mengikuti distribusi normal.

4.1 Konstruksi Model EOQ Probabilistik untuk Barang *Perishable* dengan Umur Simpan Tetap



Gambar 4.1 Kurva model EOQ probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap

Gambar 4.1 memperlihatkan keadaan $Q(t)$ sebagai tingkat persediaan pada waktu t selama masa siklus T . Tingkat persediaan berada pada keadaan maksimum saat $t = 0$. Selama rentang waktu 0 hingga t_1 tingkat persediaan $Q(t)$ ditambah *safety stock* (SS) atau persediaan pengaman habis secara bertahap berdasarkan tingkat permintaan. Tingkat permintaan barang mengikuti distribusi probabilitas, yaitu distribusi normal dengan t_1 merupakan variabel acak yang juga mengikuti distribusi normal. Pada saat $t = t_1$, terjadi

kehabisan persediaan, baik persediaan utama maupun persediaan pengaman atau *safety stock*. Selanjutnya selama rentang waktu t_1 hingga T tingkat persediaan berada pada posisi negatif. Pada periode ini, permintaan pelanggan yang masuk tidak dapat dipenuhi sehingga menimbulkan biaya kekurangan persediaan. Siklus pemesanan yang baru akan dimulai setelah periode T berakhir.

Berdasarkan uraian tersebut, laju perubahan tingkat persediaan dibagi menjadi dua periode yaitu periode stok positif $[0, t_1]$ dan stok negatif $[t_1, T]$ dan dapat dimodelkan sebagai berikut.

$$\frac{dQ(t)}{dt} + SS = -\mu_t, \quad 0 \leq t \leq t_1 \tag{4.1}$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\mu_t, \quad t_1 \leq t \leq T \tag{4.2}$$

dan diperoleh kondisi batas $Q(t_1) = 0$. SS pada persamaan (4.1) merujuk pada persamaan (2.6) sehingga untuk persamaan (4.1) menghasilkan solusi sebagai berikut.

$$Q(t) = - \int \mu_t + z\sigma_t dt, \tag{4.3}$$

$$Q(t) = -(\mu_t + z\sigma_t)t + c.$$

Untuk mempersingkat penulisan, persamaan (4.3) dapat ditulis menjadi

$$Q(t) = -r_t t + c \text{ dan } r_t = \mu_t + z\sigma_t.$$

Dengan mempertimbangkan kondisi batas ketika $t = t_1$ konstanta c dapat diubah menjadi $r_t t_1$ sehingga

$$Q(t_1) = -r_t t_1 + r_t t_1 = 0,$$

dari persamaan (4.1) diperoleh persediaan awal atau persediaan optimal ($Q(0)$) dan persediaan pada waktu t ($Q(t)$) sebagai berikut

$$Q(t) = r_t(t_1 - t), \quad 0 \leq t \leq t_1, \tag{4.4}$$



$$Q(0) = r_t t_1 = Q_{opt},$$

Berdasarkan perhitungan poin (5.a) pada Subbab (3.2) dalam Lampiran 2, jumlah persediaan optimal Q_{opt} akan mengikuti formula EOQ biasa seperti pada persamaan (2.2) ketika $SL = t_1 = T$, yaitu

$$Q_{opt} = r_t t_1 = r_t \left(\sqrt{\frac{2A}{hr_t}} \right) = \sqrt{\frac{2Ar_t}{h}},$$

dengan A adalah biaya pemesanan per siklus, h adalah biaya penyimpanan per unit, dan r_t adalah tingkat permintaan yang diharapkan ditambah dengan *safety stock*.

Adapun penyelesaian persamaan (4.2) menghasilkan solusi sebagai berikut.

$$Q(t) = -\mu_t t + c,$$

$$Q(t_1) = -\mu_t t_1 + c = 0,$$

agar dapat memenuhi kondisi batas, konstanta $c = r_t t_1$ sehingga menghasilkan solusi

$$Q(t) = -\mu_t t + \mu_t t_1,$$

atau

$$Q(t) = \mu_t (t_1 - t), \quad t_1 \leq t \leq T. \tag{4.5}$$

Indeks t pada μ_t , σ_t , dan r_t berkaitan dengan satuan waktu t .



4.2 Penentuan Total Biaya Persediaan yang Diharapkan Per Unit Waktu dan Uji Konveksitas

Total biaya persediaan yang diharapkan pada model EOQ probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap adalah penjumlahan biaya-biaya yang meliputi biaya pemesanan (A), biaya penyimpanan yang diharapkan ($EIHC$), biaya kedaluwarsa yang diharapkan (EOC), dan biaya kekurangan persediaan yang diharapkan (ESC).

$$ETC = A + EIHC + EOC + ESC. \quad (4.6)$$

Sementara itu, total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu adalah

$$ETC_u = \frac{A+EIHC+EOC+ESC}{T}, \quad (4.7)$$

dengan $0 \leq t_1 \leq T$.

4.2.1. Biaya pemesanan (A)

Biaya pemesanan merupakan biaya yang dikeluarkan ketika sebuah pesanan diajukan ke pemasok. Besarnya biaya pemesanan hanya bergantung pada frekuensi pemesanan dan bukan pada jumlah persediaan yang dipesan sehingga banyaknya pesanan Q tidak berpengaruh pada biaya pemesanan per siklus. Biaya pemesanan per siklus dinotasikan dengan A .

4.2.2. Biaya penyimpanan yang diharapkan ($EIHC$)

Persediaan dalam penyimpanan yang diharapkan sama dengan luas daerah yang dibatasi oleh kurva persediaan pada Gambar 4.1 dengan batas 0 dan t_1 .

Jumlah persediaan dalam penyimpanan pada persamaan (2.3) dapat diuraikan sebagai berikut.

$$EIH = \int_0^{t_1} Q(t)dt = \int_0^{t_1} r_t(t_1 - t)dt,$$

$$EIH = r_t t_1 t - \frac{1}{2} r_t t^2 \Big|_0^{t_1},$$

$$EIH = r_t t_1^2 - \frac{1}{2} r_t t_1^2 - \left(r_t t_1 0 - \frac{1}{2} r_t 0^2 \right),$$

$$EIH = r_t \frac{t_1^2}{2},$$

sehingga biaya penyimpanan yang diharapkan adalah

$$EIHC = h * EIH,$$

$$EIHC = h r_t \frac{t_1^2}{2}, \quad (4.8)$$

dengan h adalah biaya penyimpanan per unit.

4.2.3. Biaya *outdating* atau kedaluwarsa yang diharapkan (*EOC*)

Persediaan yang mengalami kedaluwarsa merupakan persediaan yang masih tersisa dalam penyimpanan setelah melewati waktu SL , kondisi ini dapat terjadi pada kasus 2 di Subbab 2.8 ketika $t_1 > SL$ sedangkan pada kasus 1 tidak ada barang yang kedaluwarsa karena persediaan lebih dahulu habis. Variabel t_1 adalah variabel acak sehingga perlu ditentukan peluang t_1 lebih besar atau lebih kecil dari SL .

Jumlah persediaan yang mengalami kedaluwarsa pada persamaan (2.4) dapat diuraikan sebagai berikut.

$$EO = \left(Q(0) - \int_0^{SL} r_t dt \right) P(t_1 > SL),$$

$$EO = r_t t_1 - r_t t_1^0 P(t_1 > SL),$$

$$EO = r_t (t_1 - SL) P(t_1 > SL),$$

sehingga biaya kedaluwarsa yang diharapkan adalah

$$EOC = C_o * EO,$$

$$EOC = C_o r_t (t_1 - SL) P(t_1 > SL), \quad (4.9)$$

dengan C_o adalah biaya penyimpanan per unit.

Berdasarkan Subbab 2.8, t_1 diasumsikan berdistribusi normal. Distribusi normal adalah salah satu jenis distribusi simetris, karena apabila ditarik garis di tengah kurva maka kedua sisinya terlihat seperti saling mencerminkan. Oleh sebab itu, pada skripsi ini dengan mudah diasumsikan $P(t_1 > SL)$ adalah 0,5 berdasarkan luas daerah pada masing-masing sisi kurva normal. Selain itu, agar asumsi ini dapat berlaku maka $SL = \mu$ atau pada skripsi ini $SL = \mu_t$, karena

$$P(t_1 > SL) = 1 - P(t_1 \leq SL),$$

$$P(t_1 > SL) = 1 - P\left(\frac{t_1 - \mu}{\sigma} \leq \frac{SL - \mu_t}{\sigma_t}\right),$$

$$P(t_1 > SL) = 1 - P\left(z \leq \frac{SL - SL}{\sigma_t}\right), SL = \mu_t$$

$$P(t_1 > SL) = 1 - P(z \leq 0),$$

$$P(t_1 > SL) = 1 - 0.5 = 0.5.$$

Sehingga persamaan (4.9) dapat ditulis menjadi

$$EOC = \frac{c_o r_t (t_1 - SL)}{2}. \tag{4.10}$$

4.2.4. Biaya kekurangan persediaan yang diharapkan (*ESC*)

Berdasarkan kasus 1 pada Subbab 2.8 kekurangan persediaan merupakan permintaan pelanggan yang tidak dapat dipenuhi dalam rentang waktu t_1 hingga T . Namun ketika kasus 2 terjadi kekurangan persediaan dihitung sebagai penjumlahan persediaan yang rusak dalam rentang waktu SL hingga t_1 dan permintaan pelanggan yang tidak dapat dipenuhi dalam rentang waktu t_1 hingga T . Kehabisan persediaan yang terjadi dalam rentang waktu t_1 hingga T sudah tidak dapat diatasi menggunakan *safety stock* atau dengan kata lain *safety stock* telah habis digunakan dalam rentang waktu SL hingga t_1 .



Jumlah kekurangan persediaan pada persamaan (2.5) dapat diuraikan menggunakan persamaan (4.4) dan (4.5) sebagai berikut.

$$ES = \int_{SL}^{t_1} Q(t)dt P(t_1 > SL) - \int_{t_1}^T Q(t) dt,$$

$$ES = \int_{SL}^{t_1} r_t(t_1 - t)dt P(t_1 > SL) - \int_{t_1}^T \mu_t(t_1 - t) dt ,$$

$$ES = \left(r_t t_1 t - \frac{1}{2} r_t t^2 \Big|_{SL}^{t_1} \right) P(t_1 > SL) - \mu_t \left(t_1 t - \frac{1}{2} t^2 \right) \Big|_{t_1}^T ,$$

$$ES = \left(r_t t_1^2 - \frac{1}{2} r_t t_1^2 - r_t t_1 SL + \frac{1}{2} r_t SL^2 \right) P(t_1 > SL) - \mu_t \left(t_1 T - \frac{1}{2} T^2 - t_1^2 + \frac{1}{2} t_1^2 \right),$$

$$ES = \frac{1}{2} r_t (t_1 - SL)^2 P(t_1 > SL) + \frac{1}{2} \mu_t (T - t_1)^2,$$

$$ES = \frac{1}{4} r_t (t_1 - SL)^2 + \frac{1}{2} \mu_t (T - t_1)^2,$$

sehingga biaya kekurangan persediaan yang diharapkan adalah

$$ESC = C_s * ES,$$

$$ESC = C_s \left(\frac{1}{4} r_t (t_1 - SL)^2 + \frac{1}{2} \mu_t (T - t_1)^2 \right), \quad (4.11)$$

dengan C_s adalah biaya penyimpanan per unit.

Total biaya persediaan yang diharapkan dan total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan (4.8), (4.10), dan (4.11) masing-masing ke persamaan (4.6) dan (4.7) sebagai berikut:

$$ETC = A + \frac{1}{2} h r_t t_1^2 + \frac{1}{2} C_o r_t (t_1 - SL) + C_s \left(\frac{1}{4} r_t (t_1 - SL)^2 + \frac{1}{2} \mu_t (T - t_1)^2 \right).$$

$$ETC_u = \frac{1}{T} \left(A + \frac{1}{2} h r_t t_1^2 + \frac{1}{2} C_o r_t (t_1 - SL) + C_s \left(\frac{1}{4} r_t (t_1 - SL)^2 + \frac{1}{2} \mu_t (T - t_1)^2 \right) \right),$$

untuk $0 \leq t_1 \leq T$.

Total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu hanya dapat diperoleh jika nilai dari variabel acak t_1 dan T diketahui. Penentuan nilai t_1 dan T mengikuti langkah-langkah pada Subbab 3.2 poin 5 (a-d). Adapun fungsi t_1 dan T yang dimaksud sebagai penyelesaian $\frac{\partial ETC_u}{\partial t_1} = 0$ dan $\frac{\partial ETC_u}{\partial T} = 0$ pada Subbab 3.2 poin 5(c) dapat dilihat pada Lampiran 3 dan 4.

4.2.5. Uji konveksitas fungsi total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu

Uji konveksitas dilakukan untuk memastikan solusi yang diperoleh dari suatu fungsi adalah solusi yang optimal. Secara analitis, apabila suatu fungsi berbentuk konveks maka fungsi tersebut memiliki nilai minimum, dan sebaliknya jika fungsi berupa konkaf maka fungsi tersebut mempunyai nilai maksimum. Salah satu tujuan dari skripsi ini adalah mencari total biaya persediaan yang minimum, oleh karena itu fungsi total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu (ETC_u) haruslah berbentuk konveks. Fungsi ETC_u yang konveks dapat dibuktikan dengan turunan kedua dari ETC_u yang lebih besar atau sama dengan nol untuk $0 \leq t_1 \leq T$. Penurunan kedua ETC_u terhadap T untuk $0 \leq t_1 \leq T$ dapat dilihat selengkapnya pada Lampiran 1.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran 1, diketahui bahwa untuk $t_1 = 0$ dan $t_1 = T$ fungsi ETC_u adalah biaya yang minimum jika

$$\frac{2A}{r_t SL} + \frac{C_s SL}{2} \geq C_o,$$

sedangkan untuk $0 < t_1 < T$, fungsi ETC_u adalah biaya yang minimum dengan syarat



$$\frac{2A}{r_t SL} + \frac{ht_1^2}{SL} + \frac{C_o t_1}{SL} + C_s \left(\frac{t_1^2}{2SL} + \frac{SL}{2} + \frac{\mu_t t_1^2}{r_t SL} - t_1 \right) \geq C_o.$$

4.3 Simulasi Numerik dan Analisis Sensitivitas pada Model EOQ Probabilistik untuk Barang *Perishable* dengan Umur Simpan Tetap

4.3.1. Simulasi Numerik

Simulasi numerik model dilakukan untuk memperoleh waktu siklus pemesanan (T) dan waktu persediaan habis (t_1) yang kemudian digunakan untuk memperoleh jumlah persediaan optimal (Q_{opt}), rincian biaya-biaya dan total biaya per unit yang diharapkan (ETC_u). Prosedur iterasi pada Subbab 3.2 poin 5(a-d) diterapkan dalam simulasi ini dengan bantuan *software* MATLAB. *Listing* program simulasi dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4.1 Tabel data nilai parameter

Parameter	Nilai Parameter
Biaya pemesanan (A)	250€/ siklus
Biaya penyimpanan (h)	0,001€/unit/unit waktu
Biaya kekurangan persediaan (C_s)	0,02€/unit/unit waktu
Biaya kedaluwarsa (C_o)	0,01€/unit
Faktor keamanan (z)	1,65
Umur simpan (SL)	30 unit waktu
Rerata permintaan (μ_t)	30 unit/unit waktu
Simpangan baku permintaan (σ_t)	5 unit/unit waktu

Sumber: Muriana (2016)

Data yang digunakan dalam simulasi numerik adalah data yang diperoleh pada artikel Muriana (2016). Data tersebut disajikan dalam Tabel 4.1 beserta nilai dan simbol yang digunakan. Untuk parameter faktor keamanan (z), nilai yang diperoleh berdasarkan pada *service level* atau tingkat pelayanan yang diinginkan pelaku rantai pasokan. Pada skripsi ini pelaku rantai pasokan ingin memenuhi 95% permintaan pelanggan sehingga berdasarkan tabel normal nilai z dari 95% atau 0.95 adalah 1.65.



Simulasi numerik model EOQ probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap menghasilkan solusi dari waktu siklus pemesanan (T) dan waktu persediaan habis (t_1) yang konvergen pada iterasi ke-35 berturut-turut adalah 53,5058 dan 42,5053. Hasil yang konvergen ini diperoleh setelah selisih hasil antar iterasi lebih kecil dari 10^{-6} . Berikut adalah jumlah pesanan optimal dan biaya-biaya yang diharapkan, dengan perhitungan selengkapnya pada Lampiran 6.

Tabel 4.2 Tabel hasil simulasi numerik

Output	Nilai Output
Waktu siklus pemesanan (T)	53,5058 unit waktu
Waktu persediaan habis (t_1)	42,5053 unit waktu
Jumlah pemesanan optimal (Q_{opt})	1625,83 unit
Biaya penyimpanan yang diharapkan ($EIHC$)	34,55299€
Biaya kedaluwarsa yang diharapkan (EOC)	2,39162€
Biaya kekurangan yang diharapkan (ESC)	66,21164€
Total biaya yang diharapkan (ETC)	353.1563€
Total biaya yang diharapkan per unit waktu (ETC_u)	6,60034€

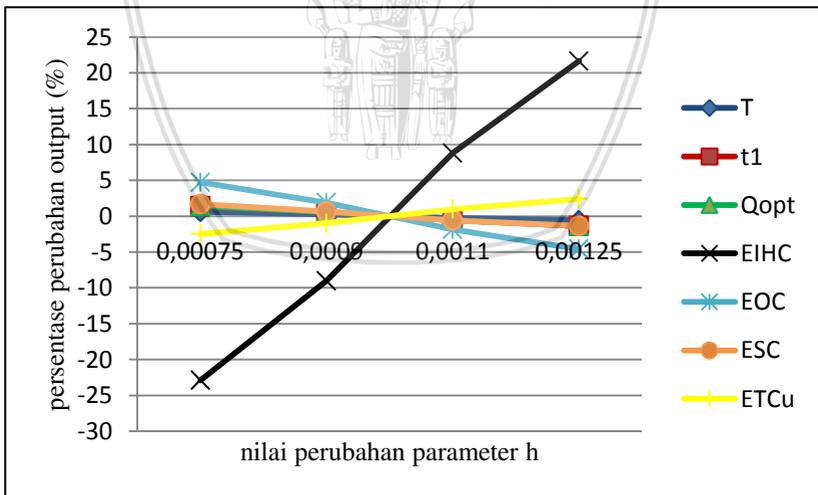
4.3.2. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan model dengan hasil pada analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh dari perubahan parameter-parameter pada model. Hasil yang dibandingkan adalah hasil yang diperoleh pada iterasi ke-35 sedangkan parameter yang akan diubah adalah h , C_o , C_s , μ_t , σ_t , z , dan SL . Semua parameter tersebut akan diubah sebesar -25% , -10% , $+10\%$, dan $+25\%$ dari nilai awal seperti pada Tabel 4.1, kecuali parameter z yang diubah berdasarkan tingkat pelayanan atau *service level* yang diinginkan oleh pelaku rantai pasokan. Adapun *service level* yang diinginkan berkisar dari 85% hingga 98%.

Fungsi tujuan yang diamati adalah T , t_1 , Q_{opt} , $EIHC$, EOC , ESC , dan ETC_u . Berikut hasil perhitungan analisis sensitivitas untuk masing-masing parameter.

1. Analisis sensitivitas biaya penyimpanan per unit (h)

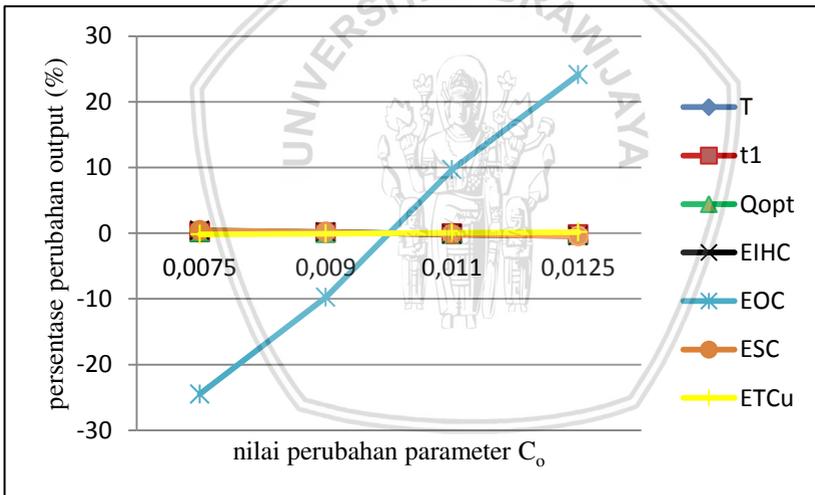
Gambar 4.2 menjelaskan perubahan hasil fungsi tujuan atau nilai output ketika nilai parameter h ditambah atau dikurangi hingga 25% dari nilai awal sementara parameter lain bernilai tetap. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa perubahan nilai parameter h sangat berdampak pada nilai $EIHC$, yaitu peningkatan nilai h hingga 25% mengakibatkan nilai $EIHC$ meningkat sebesar 21,65% dari nilai awal dan penurunan nilai h sebesar 25% menyebabkan nilai $EIHC$ menurun sebesar 22,88%. Meskipun tidak banyak berpengaruh, pertambahan nilai parameter h dari -25% hingga 25% dari nilai awal mengakibatkan penurunan nilai T , t_1 , EOC , ESC , dan Q_{opt} hingga 4,5% dari nilai awal. Selain $EIHC$, perubahan parameter h juga berbanding lurus dengan perubahan nilai ETC_u , yaitu ETC_u meningkat sebesar 2,42% ketika nilai h ditingkatkan sebesar 25% dan menurun sebesar 2,47% ketika h menurun sebesar 25% .



Gambar 4.2 Analisis sensitivitas h

2. Analisis sensitivitas biaya kedaluwarsa per unit (C_o)

Perubahan nilai parameter C_o seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 sangat berdampak dan berbanding lurus dengan perubahan nilai EOC . Dapat dilihat dengan mengurangi nilai C_o hingga 25%, nilai EOC juga menurun menjadi 24,4% dari nilai awal, serta dengan meningkatkan nilai C_o hingga 25% dari nilai awal menyebabkan nilai EOC bertambah 24,12% dari nilai awal seperti pada Tabel 4.2. Peningkatan nilai C_o dari $-25%$ hingga $25%$ nilai awal tidak banyak mempengaruhi fungsi tujuan lain, hal ini nampak dari penurunan nilai T , t_1 , Q_{opt} , $EIHC$, dan ESC yang hanya mencapai 0,44% dari nilai awal. Meski demikian peningkatan nilai C_o menyebabkan $ETCu$ meningkat sebesar 0,16% dari nilai awal dikarenakan besarnya peningkatan EOC dibanding penurunan biaya lain.

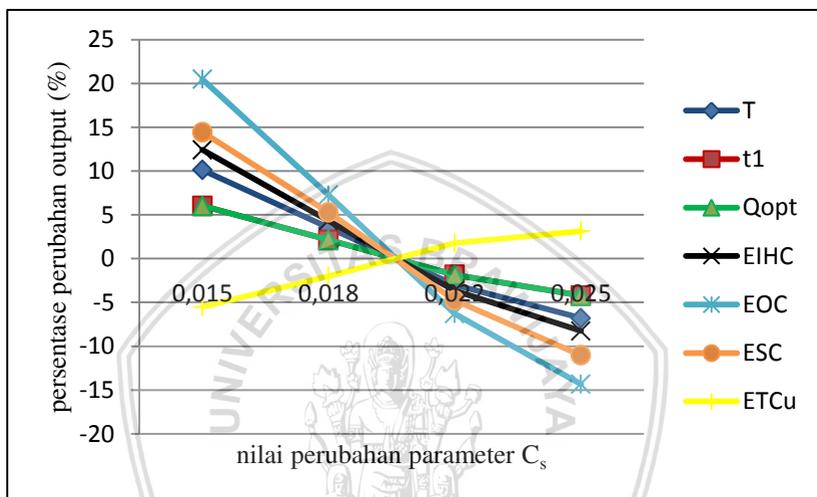


Gambar 4.3 Analisis sensitivitas C_o

3. Analisis sensitivitas biaya kekurangan per unit (C_s)

Gambar 4.4 menjelaskan perubahan hasil fungsi tujuan ketika nilai parameter C_s ditambah atau dikurangi hingga 25% dari nilai awal sementara parameter lain bernilai tetap. Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa perubahan nilai C_s berbanding terbalik dengan perubahan nilai T , t_1 , Q_{opt} , ESC , EOC , dan $EIHC$ dimana ketika

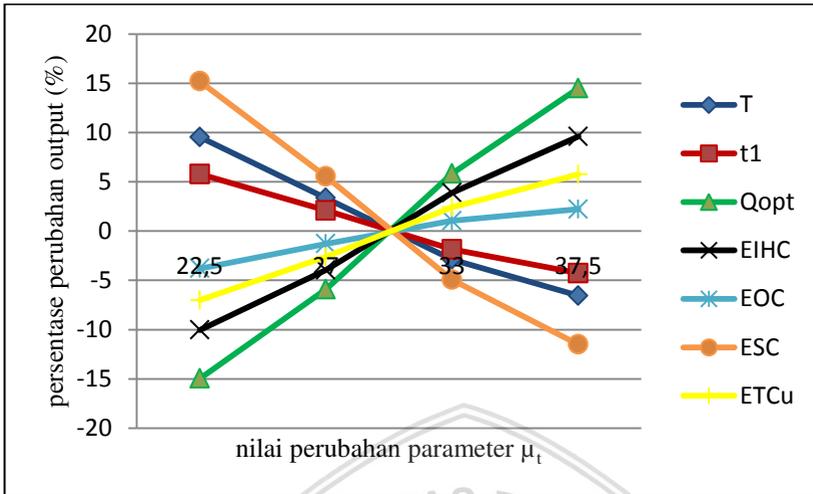
nilai C_s diturunkan maka nilai fungsi tujuan tersebut meningkat dan sebaliknya ketika nilai C_s dinaikan fungsi tujuan menjadi lebih kecil dari nilai awal seperti pada Tabel 4.2. Meskipun nilai biaya-biaya lain mengalami penurunan nilai ETC_u semakin meningkat karena waktu siklus T yang semakin pendek. Nilai ETC_u meningkat hingga 3,13% ketika C_s dinaikan sebesar 25%.



Gambar 4.4 Analisis sensitivitas C_s

4. Analisis sensitivitas rerata permintaan yang diharapkan (μ_t)

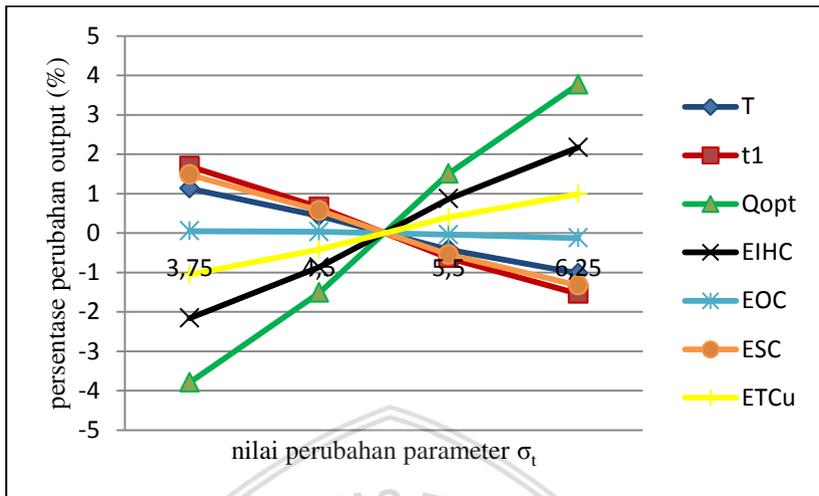
Perubahan nilai rerata permintaan atau μ_t seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 berbanding terbalik dengan perubahan nilai T dan t_1 . Ketika nilai μ_t diturunkan maka nilai T dan t_1 meningkat dan sebaliknya ketika nilai μ_t dinaikan fungsi tujuan tersebut menjadi lebih kecil dari nilai awal seperti pada Tabel 4.2. hal yang sama juga berlaku untuk fungsi tujuan ESC karena dengan meningkatkan permintaan itu artinya semakin banyak Q_{opt} yang harus disediakan dan kekurangan persediaan yang terjadi semakin kecil sehingga ESC semakin menurun. Peningkatan Q_{opt} seiring dengan peningkatan parameter μ_t dari -25% hingga 25% nilai awal menyebabkan biaya seperti $EIHC$ dan EOC semakin meningkat, dan akhirnya nilai ETC_u semakin mengalami peningkatan.



Gambar 4.5 Analisis sensitivitas μ_t

5. Analisis sensitivitas simpangan baku permintaan yang diharapkan (σ_t)

Gambar 4.6 menjelaskan perubahan hasil fungsi tujuan atau nilai output ketika nilai parameter σ_t ditambah atau dikurangi hingga 25% dari nilai awal sementara parameter lain bernilai tetap. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa perubahan nilai parameter σ_t memiliki dampak yang tidak terlalu besar pada nilai fungsi tujuan, dengan perubahan terbesar yaitu ketika nilai σ_t dinaikan dan diturunkan sebesar 25% nilai Q_{opt} mengalami peningkatan dan penurunan sekitar 3,7%. Perubahan nilai parameter σ_t berbanding lurus dengan perubahan nilai Q_{opt} dan $EIHC$ namun berbanding terbalik dengan perubahan nilai T dan t_1 yang juga menyebabkan nilai EOC dan ESC semakin menurun. Waktu siklus T yang semakin lebih pendek dan penurunan yang tidak terlalu signifikan dari beberapa biaya persediaan kemudian menghasilkan nilai ETC_u yang semakin meningkat.

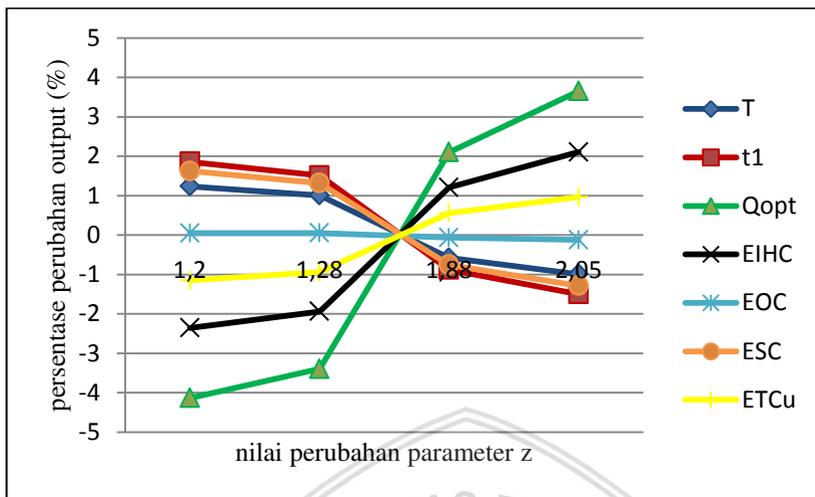


Gambar 4.6 Analisis sensitivitas σ_t

6. Analisis sensitivitas faktor keamanan (z)

Perubahan nilai faktor keamanan atau z ditunjukkan pada Gambar 4.7 ketika nilai z diubah menjadi 1,2, 1,28, 1,88, dan 2,05 berdasarkan tingkat pelayanan atau *service level*, sementara parameter lain bernilai tetap. Berdasarkan Gambar 4.7 perubahan parameter z berbanding lurus dengan perubahan fungsi tujuan Q_{opt} dan $EIHC$, namun berbanding terbalik dengan perubahan fungsi tujuan lain seperti T , t_1 , ESC , dan EOC . Perubahan nilai z sangat kecil berpengaruh pada perubahan nilai EOC , kenaikan EOC sebesar 25% hanya mampu menurunkan EOC menjadi lebih kecil 0,12% dari nilai awal seperti pada Tabel 4.2. Tingkat pelayanan yang semakin tinggi menyebabkan persediaan Q_{opt} yang disediakan harus semakin besar yang juga berdampak pada peningkatan nilai $EIHC$ dan akhirnya peningkatan nilai ETC_u .

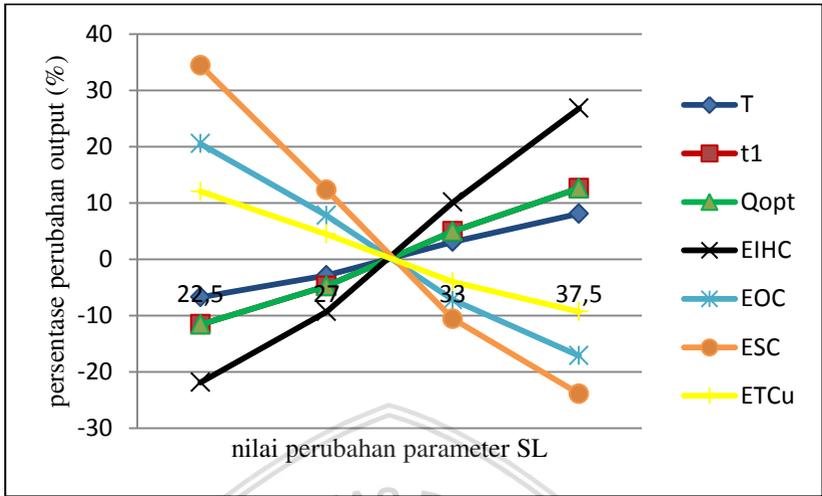




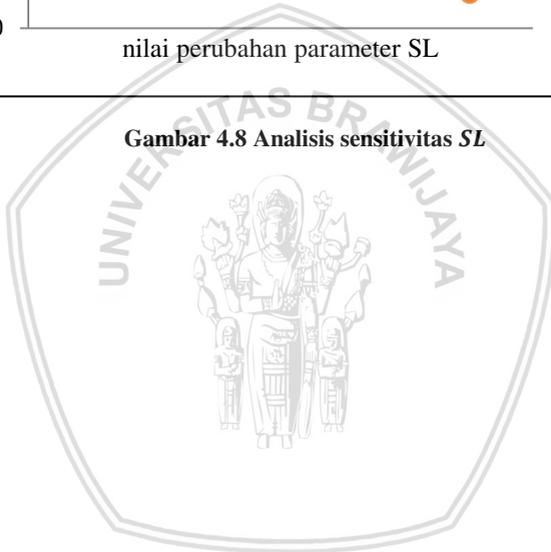
Gambar 4.7 Analisis sensitivitas z

7. Analisis sensitivitas umur simpan (SL)

Perubahan nilai umur simpan atau SL ditunjukkan pada Gambar 4.8 tujuan ketika nilai parameter SL ditambah atau dikurangi hingga 25% dari nilai awal dan parameter lain bernilai tetap. Perubahan nilai parameter SL cukup berpengaruh pada nilai fungsi tujuan, dengan perubahan terbesar yaitu ketika nilai SL diturunkan sebesar 25% nilai ESC mengalami peningkatan sekitar 34,4%. Selain T dan t_1 , perubahan nilai SL berbanding lurus dengan perubahan nilai Q_{opt} dan $EIHC$. Pertambahan nilai parameter SL juga berdampak positif pada manajemen persediaan karena dapat menurunkan jumlah kerusakan dan kekurangan barang sehingga nilai EOC dan ESC semakin menurun. Nilai ETC_u semakin mengalami penurunan dikarenakan besarnya penurunan beberapa biaya persediaan seperti EOC dan ESC serta waktu siklus T yang menjadi lebih panjang.



Gambar 4.8 Analisis sensitivitas SL





BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Model yang dibahas pada skripsi ini adalah model EOQ untuk barang *perishable* dengan umur simpan tetap di bawah kondisi *stochastic demand*. Model tersebut mempertimbangkan terjadinya kekurangan persediaan dan kemungkinan persediaan mengalami kedaluwarsa sehingga barang tidak dapat dijual atau digunakan. Model ini dapat diterapkan pada barang yang memiliki masa simpan yang tetap.
2. Hasil penerapan model EOQ probabilistik untuk barang *perishable* dengan umur simpan menggunakan simulasi numerik diperoleh waktu siklus pemesanan adalah 53,5058 unit waktu, jumlah pemesanan optimal sebanyak 1625,83 unit serta total biaya yang diharapkan per unit waktu adalah 6,60034€.
3. Hasil analisis sensitivitas terhadap parameter-parameter dalam model memperlihatkan bahwa peningkatan nilai parameter biaya per unit seperti h , C_o , dan C_s menyebabkan waktu siklus pemesanan menjadi lebih pendek dan total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu menjadi lebih besar dan jumlah pemesanan menjadi lebih sedikit dan sebaliknya semakin besar nilai parameter μ_t , σ_t , dan z maka semakin besar jumlah pemesanan dan total biaya persediaan per unit waktu dan menyebabkan waktu siklus menjadi lebih pendek. Sementara peningkatan nilai parameter SL mampu meningkatkan waktu siklus dan jumlah pemesanan dan menurunkan total biaya persediaan yang diharapkan per unit waktu.

5.2 Saran

Penulisan selanjutnya diharapkan untuk menyelesaikan masalah model EOQ untuk barang *perishable* dengan mempertimbangkan *shelf life* atau umur simpan sebagai variabel acak. Selain itu pada penulisan selanjutnya diharapkan dapat menerapkan model ini pada studi kasus sehingga dapat membandingkan hasil dari perhitungan dengan data dari perusahaan atau pelaku rantai persediaan.



DAFTAR RUJUKAN

- Agustini, D.H. dan Y.E. Rahmadi. 2004. *Riset Operasional Konsep-Konsep Dasar*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Ambarwani, A.P. 2013. Model EOQ dengan Nilai Sisa untuk Kerusakan Produk yang Berdistribusi Normal. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Aminudin. 2005. *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Erlangga. Jakarta.
- Assauri, S. 1980. *Manajemen Produksi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Handoko, T.H. 1992. *Dasar-Dasar Manajemen dan Produksi, Edisi Pertama*. BPFE. Yogyakarta.
- Hillier, F.S. dan G.J. Lieberman. 2001. *Introduction to Operation Research, Seventh Edition*. Mc Graw-Hill International Edition. Singapore.
- King, P.L. 2011. Understanding Safety Stock and Mastering Its Equations. http://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/King_SafetyStock.pdf. Diakses pada 11 Februari 2018.
- Mendenhall, W., R.J. Beaver, dan B.M. Beaver. 2009. *Introduction to Probability and Statistics, Thirteenth Edition*. Cengage Learning. Brooks.
- Muriana, C. 2016. An EOQ Model for Perishable Products with Fixed Life Shelf Life Under Stochastic Demand Conditions. *European Journal of Operational Research*, 255: 388-396.
- Primasari, A. 2010. Pengendalian Persediaan Tepung Sebagai Bahan Baku Roti Menggunakan Metode EOQ Probabilistik. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Ristono, A. 2009. *Manajemen Persediaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Siswanto.1985. *Persediaan, Analisis dan Model*. Andi Offset. Yogyakarta.

Siswanto. 2007. *Operations Research*. Erlangga. Jakarta.

Soong, T.T. 2004. *Fundamental of probability and statistics for engineers*. John Wiley & Sons, Ltd. New York.

Stewart, J. 2012. *Calculus, Seventh Edition*. Boston. Cengage Learning.

Zulian, Y. 2005. *Manajemen Persediaan*. Ekonisia. Yogyakarta.

