MODEL EOQ DENGAN NILAI SISA UNTUK KERUSAKAN PRODUK YANG BERDISTRIBUSI WEIBULL
(Studi Kasus di UD. Bagus Agriseta Mandiri, Batu)

SKRIPSI

Oleh:

AJENG PAMBUKO AMBARWANI

0810943027-94

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

MODEL EOQ DENGAN NILAI SISA UNTUK KERUSAKAN PRODUK YANG BERDISTRIBUSI WEIBULL
(Studi Kasus di UD. Bagus Agriseta Mandiri, Batu)

SKRIPSI

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

Oleh:

AJENG PAMBUKO AMBARWANI
0810943027-94

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

Perkembangan industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

MODEL EOQ DENGAN NILAI SISA UNTUK KERUSAKAN PRODUK YANG BERDISTRIBUSI WEIBULL
(Studi Kasus di UD. Bagus Agriseta Mandiri, Batu)

Oleh:
AJENG PAMBUKO AMBARWANI
0810943027-94

Setelah dipertimbangkan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 22 Juli 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Matematika

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dra. Endang W. H., M.Si.	**Drs. Imam N. P., MT**
NIP. 196611121991032001	**NIP. 196203141989031001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc.
NIP. 196709071992031001

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Ajeng Pambuko Ambarwani
NIM	:	0810943027
Jurusan	:	Matematika
Penulis Skripsi berjudul	:	MODEL EOQ DENGAN NILAI SISA UNTUK KERUSAKAN PRODUK YANG BERDISTRIBUSI WEIBULL

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Nama-nama yang tercantum dalam Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. apabila kemudian hari diketahui bahwa isi skripsi yang saya tulis merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 22 Juli 2013
Yang menyatakan,

(AJENG PAMBUKO AMBARWANI)
NIM. 0810943027-94

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

MODEL EOQ DENGAN NILAI SISA UNTUK KERUSAKAN PRODUK YANG BERDISTRIBUSI WEIBULL

ABSTRAK

Persediaan merupakan faktor utama didalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Salah satu masalah didalam persediaan adalah kesulitan dalam mendapatkan jumlah penjualan yang optimal untuk produk yang memburuk. Untuk menanggulangi terjadinya kerugian yang mungkin dialami perusahaan akibat produk yang memburuk, maka didalam Skripsi ini akan dibahas sebuah model EOQ dasar yang dikembangkan dengan menggabungkan nilai sisa dari produk yang memburuk berdasarkan waktu menggunakan laju kerusakan berdistribusi Weibull dan diterapkan pada UD. Bagus Agriseta Mandiri Batu. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengamati perubahan yang terjadi pada parameter skala, bentuk, dan nilai sisa terhadap kuantitas barang dan total biaya persediaan. Tingkat sensitivitas dipengaruhi oleh perubahan parameter α, β, dan γ sebesar -25%, -50%, +25%, dan +50%. Dengan mengoptimalkan parameter γ sebesar +50% didapatkan total biaya persediaan minimum sebesar Rp29.292.806,5.

Kata kunci : Model EOQ, Nilai Sisa, Weibull

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

EOQ MODEL WITH SALVAGE VALUE FOR DETERIORATING ITEMS WEIBULL DISTRIBUTED

ABSTRACT

Inventory is a major factor in the management of the company to be a potential problem. One of the problems in the inventory is the difficulty in getting the optimal amount of sales for products that deteriorate. To cope with the losses that may be suffered by the company due to a deteriorating product, it will be discussed in this thesis is a basic EOQ model is developed by combining the salvage value of the product deteriorated by the time using the Weibull distribution rate of damage and applied to the UD. Bagus Agriseta Mandiri Batu. Sensitivity analysis was conducted to observe the changes in the parameters of scale, shape, and the salvage value of the quantity of product and total inventory costs. This level of sensitivity is influenced by changes in the parameters α, β, and γ of -25%, -50%, +25%, and +50%. By optimizing the parameter γ of +50% obtained by minimum total inventory cost of Rp 29.292.806,5.

Keywords : EOQ model, Salvage value, Weibull

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *Model EOQ dengan Nilai Sisa untuk Kerusakan Produk yang Berdistribusi Weibull* dengan baik dan lancar. Tak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi penulis.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar kesarjanaan S1 Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tidak akan mungkin penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan lancar. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dra. Endang Wahyu H., M.Si selaku pembimbing I dan Drs. Imam Nurhadi Purwanto, MT selaku pembimbing II, atas segala bimbingan, nasihat, motivasi serta kesabaran yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini.
2. Drs. Marsudi, MS selaku dosen penguji atas segala saran yang diberikan untuk perbaikan skripsi ini.
3. Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc selaku ketua Jurusan Matematika dan Dr. Sobri Abusini, MT selaku ketua Program Studi Matematika atas dorongan dan nasihat selama proses penyelesaian skripsi.
4. Seluruh bapak/ibu dosen Jurusan Matematika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis, serta segenap staf dan karyawan TU Jurusan Matematika atas segala bantuannya.
5. Orang tua tercinta (Wahyu Budi dan Emi Suryaningsih) beserta keluarga besar Moh. Yalin dan keluarga besar Sudirdjo yang selalu memberi dukungan, doa, nasihat, dan kasih sayang.
6. Sahabat-sahabatku Mega, Resti, Sholi, Riskita, Widya, Tasya, Sipit, Indah, Denok, Bento, Dika yang selalu memberi dukungan, semangat, menjadi sahabat berbagi suka duka, dan terimakasih telah menjadikan hidupku penuh warna.
7. Nasrul Akhmad Hidayat selaku motivator terbaikku. Terimakasih atas bantuan, semangat, doa, nasihat, kesabaran, serta cinta dan kasih sayang yang telah diberikan.

8. Teman-teman Matematika angkatan 2008 dan angkatan 2007 terutama Muhid, Riska Yaya, Ghe’, Medya, Pras, Mbak Panca atas bantuan yang telah diberikan dan kebersamaannya selama ini.
9. Teman-teman KKN Desa Krisik 2012 yang telah berbagi pengalaman dan ilmu pengetahuan.
10. Teman-teman kos Bunga Pinang Merah terutama Titis, Endin, Mbak Rina dan teman-teman kos Bunga Antim 6A terutama Ibuk, Gendut, Tole, Nita, Mbah, Ayun, Putri, Gissa, Mbak Ve, Bibik, Mbak Ninis, Mbak Erna yang telah menjadi saudaraku di tempat perantauan.
11. UD. Bagus Agriseta Mandiri Batu atas bantuannya dalam penulisan Skripsi ini.
12. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan anugerah dan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan di masa mendatang, yang dapat disampaikan melalui email penulis ajenk.pambuko14@gmail.com. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 22 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

Halaman

yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

DAFTAR GAMBAR

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

DAFTAR SIMBOL

R : jumlah permintaan produksi per unit.
C : biaya pembelian bahan baku per unit.
h : biaya penyimpanan persediaan bahan baku per unit.
A : biaya pemesanan bahan baku per pemesanan.
$\theta(t)$: tingkat kerusakan bahan baku mengikuti distribusi Weibull.
α : parameter skala.
β : parameter bentuk.
γ : parameter nilai sisa.
t : waktu pemesanan awal.
T : lama periode pemesanan kembali.
Q : kuantitas pemesanan awal bahan baku.
$D(T)$: jumlah kerusakan bahan baku.
$I_1(T)$: rata-rata persediaan bahan baku.
IHC : biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu.
OC : biaya pesan per pemesanan.
CD : biaya kerusakan barang per satuan waktu.
SV : nilai sisa kerusakan barang per satuan waktu.
$K(T)$: total biaya persediaan.

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri saat ini merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara, baik itu negara berkembang maupun negara maju. Hal ini dikarenakan industri mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan suatu negara. Setiap perusahaan perindustrian pasti mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan. Persediaan merupakan faktor utama di dalam perusahaan yang menjadi persoalan manajemen yang potensial. Manajemen yang tidak baik terhadap persediaan bisa berakibat serius terhadap perusahaan.

Masalah persediaan merupakan permasalahan yang selalu dihadapi para pengambil keputusan dalam bidang persediaan. Salah satu masalah dalam persediaan adalah kesulitan dalam mendapatkan jumlah penjualan yang optimal untuk produk yang memburuk. Persediaan merupakan *stock* produk yang akan dijual atau digunakan pada periode waktu tertentu. Setiap produk memiliki masa kegunaan (*useful life*). Dalam masa penyimpanan, produk yang terlalu lama disimpan biasanya mengalami penurunan kualitas. Produk yang mengalami penurunan kualitas akan memiliki nilai sisa atau biasa disebut sebagai nilai residu (*salvage value*). Nilai sisa sendiri merupakan taksiran nilai atau potensi arus kas masuk apabila produk tersebut dijual pada masa penarikan atau penghentian suatu produk. Semakin lama waktu tidak terpakai, maka akan semakin tinggi tingkat dimana mereka rugi dan gagal.

Sejak lama, para peneliti terlibat dalam analisis model persediaan untuk produk yang tidak tahan lama seperti bahan kimia yang mudah menguap, darah, obat-obatan, komponen elektronik, barang fashion, buah-buahan, sayur-sayuran, dan lain-lain. Whitin (1957) mempelajari keadaan yang memburuk pada akhir periode penyimpanan, misalnya, untuk produk industri fashion. Berrotoni

(1962) mengamati bahwa kegagalan kebocoran baterai kering dan masa berlakunya obat dapat dinyatakan dalam distribusi Weibull, dalam pembahasan masalah mencocokkan data empiris pada distribusi matematika. Dalam kedua kasus tersebut, tingkat keadaan yang memburuk semakin meningkat dengan waktu. Ghare dan Schrader (1963), pertama kali merumuskan model matematis dengan tingkat keadaan yang memburuk konstan. Mereka mengelompokkan fenomena keadaan yang memburuk pada persediaan menjadi tiga jenis yaitu, pembusukan langsung, penyusutan fisik, dan kerusakan. Covert dan Philip (1973) membuat model EOQ untuk produk dengan menggunakan distribusi kerusakan Weibull.

Sebagian besar artikel dari para peneliti tersebut menganggap bahwa produk yang memburuk adalah kerugian penuh didalam sistem persediaan, sehingga para peneliti terlibat dalam analisis model persediaan untuk menanggulangi terjadinya kerugian yang mungkin di alami perusahaan akibat memburuknya produk. Dengan model tersebut, jumlah penjualan masih tetap bisa dioptimalkan meskipun produk memburuk. Pada umumnya, produk yang memburuk ini dapat memungkinkan kondisi produk akan mengalami kerusakan. Kerusakan-kerusakan pada produk tersebut biasanya mengikuti distribusi tertentu.

Beberapa fungsi distribusi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah tentang kerusakan barang antara lain Distribusi *eksponensial*, *Weibull*, *gamma*, *Rayleigh*, dan lain-lain (Lawless, 1982: 26). Pada skripsi ini akan dibahas mengenai pengembangan suatu model matematika gabungan dari model EOQ (*Economic Order Quantity*) dasar dan nilai sisa dengan laju kerusakan produk berdistribusi Weibull yang bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah penjualan produk yang memburuk sehingga dapat meminimalkan total biaya persediaan suatu perusahaan. Model ini akan diimplementasikan pada suatu industri pengolah bahan makanan yaitu UD. Bagus Agriseta Mandiri dengan menggunakan data hasil wawancara dan data sekunder yang telah diperoleh.

Distribusi Weibull yang akan dibahas dalam permasalahan ini menggunakan dua parameter, antara lain parameter α sebagai parameter skala dan parameter β sebagai parameter bentuk. Dalam hal ini, parameter γ sebagai parameter nilai sisa dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan produk yang memburuk. Dibutuhkan pula analisis sensitivitas untuk mempelajari pengaruh perubahan masing-masing parameter tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka rumusan masalah dari skripsi ini adalah:

1. bagaimana model EOQ dengan nilai sisa untuk kerusakan produk yang berdistribusi Weibull?
2. bagaimana implementasi dari model EOQ dengan nilai sisa untuk kerusakan produk yang berdistribusi Weibull pada UD. Bagus Agriseta Mandiri?
3. bagaimana pengaruh tingkat sensitivitas terhadap perubahan parameter α, β, dan γ pada UD. Bagus Agriseta Mandiri?

1.3 Asumsi

Model yang diusulkan berdasarkan asumsi dan notasi didalam skripsi ini adalah:

1. jumlah permintaan produksi per unit waktu dinotasikan sebagai R (deterministik dan konstan),
2. tingkat penggantian diasumsikan tak terbatas,
3. *lead time* adalah nol dan tidak diperbolehkan adanya kekurangan persediaan,
4. biaya pembelian per unit dinotasikan sebagai C, biaya penyimpanan persediaan per unit waktu dinotasikan sebagai h, dan biaya pesan per pemesanan dinotasikan sebagai A (diketahui selama siklus waktu yaitu 28 hari),

5. tingkat kerusakan barang dalam persediaan mengikuti fungsi distribusi Weibull yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\theta(t) = \alpha\,\beta\,t^{(\beta-1)}, 0 \leq t \leq T$$

dimana α sebagai parameter skala $(0 \leq \alpha \leq 1)$, β sebagai parameter bentuk $(\beta \geq 1)$, dan t adalah waktu kerusakan barang $(t > 0)$,
6. nilai sisa dinotasikan sebagai γC $(0 \leq \gamma < 1)$ yang dimasukkan ke dalam barang yang rusak selama siklus waktu,
7. kerusakan barang tidak dapat diperbaiki atau diganti selama periode waktu yang telah ditentukan.
8. Pemotongan deret Taylor dibatasi hanya sampai orde 1.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam skripsi ini adalah:

1. mengetahui model EOQ dengan nilai sisa untuk kerusakan produk yang berdistribusi Weibull,
2. mengetahui implementasi dari model EOQ dengan nilai sisa untuk kerusakan produk yang berdistribusi Weibull pada UD. Bagus Agriseta Mandiri,
3. mengetahui pengaruh tingkat sensitivitas terhadap perubahan parameter $\alpha, \beta,$ dan γ UD. Bagus Agriseta Mandiri.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Matematika

Model matematika merupakan uraian secara matematika yang seringkali menggunakan suatu fungsi atau persamaan dari suatu fenomena dari kehidupan nyata seperti populasi, permintaan suatu barang, kecepatan suatu benda, atau biaya reduksi emisi. Tujuan model ini adalah untuk memahami suatu fenomena dan mungkin membuat suatu perkiraan di masa mendatang (Stewart, 1998).

Menurut Rangkuti (2004), persediaan dapat dibentuk dalam berbagai model matematika tergantung pada asumsi yang diterapkan dan dengan memperhatikan beberapa faktor seperti:

1. Permintaaan (*Demand*)
   Keputusan dalam suatu persediaan dibuat berdasarkan *demand* / permintaan yang terjadi.
2. Faktor waktu (*Lead time*)
   Lamanya waktu antara mulai dilakukannya pemesanan bahan-bahan sampai dengan datangnya bahan-bahan yang dipesan tersebut dan diterima di gudang persediaan. Lamanya waktu tersebut tidaklah sama antara satu pesanan dengan pesanan yang lain, tetapi bervariasi.
3. Tingkat *replenishment*
   Tingkat atau model penggantian persediaan
4. *Reorder level*
   Tingkat persediaan saat pemesanan harus dilakukan untuk mengganti *stock* yang berkurang.
5. *Safety stock*
   Persediaan yang harus ditinggal di gudang penyimpanan untuk mengatasi suatu permintaan yang berfluktuasi.

2.2 Persediaan

Menurut Hendra (2009) persediaan didefinisikan sebagai barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada periode mendatang. Persediaan dapat berbentuk bahan baku yang disimpan untuk diproses, komponen yang diproses, barang dalam proses pada proses manufaktur, dan barang jadi yang disimpan untuk dijual. Sementara itu, pengendalian persediaan adalah suatu usaha dalam menentukan tingkat komposisi bahan yang optimal dalam menunjang kelancaran dan efektivitas serta efisiensi dalam kegiatan perusahaan (Ristono, 2009).

2.3 Tujuan Persediaan

Menurut Ristono (2009), tujuan dari pengendalian persediaan adalah sebagai berikut:

1. Untuk dapat memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat.
2. Untuk menjaga kelancaran produksi atau menjaga agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi.
3. Untuk mempertahankan dan meningkatkan penjualan dan laba perusahaan.
4. Menjaga agar pembelian dalam jumlah yang sedikit dapat dihindari, karena dapat mengakibatkan ongkos pesan menjadi besar.
5. Menjaga supaya tidak terjadi penyimpanan dalam jumlah yang besar, karena akan mengakibatkan biaya menjadi besar.

2.4 Jenis Persediaan

Setiap jenis persediaan memiliki karakteristik dan cara pengolahan yang berbeda. Berdasarkan jenis barang dalam persediaan, persediaan terdiri dari beberapa jenis, yaitu (Rangkuti, 2004).

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 komponen-komponen rakitan (*purchased* parts/*components*) yaitu persediaan barang-barang yang terdiri dari komponen-komponen yang diperoleh dari perusahaan lain yang secara langsung dapat dirakit menjadi suatu produk.
3. persediaan bahan pembantu atau penolong (*supplies*) yaitu persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses

produksi, tetapi bukan merupakan bagian atau komponen barang jadi.

4. persediaan barang dalam proses (*work in process*) yaitu persediaan barang-barang yang merupakan keluaran 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*), persediaan barang-barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap dijual atau dikirim kepada pelanggan.

2.5 Model Persediaan

Menurut Ristono (2009), ada dua jenis model utama dalam menajemen persediaan, yaitu:

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.

2.6 Biaya Persediaan

Menurut Ristono (2009), biaya persediaan dibagi menjadi empat macam, yaitu:

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.
2. Biaya pemesanan (*order cost/set up cost*)
   Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan pemesanan barang ke *supplier*. Biaya pemesanan merupakan biaya yang berasal dari pembelian pesanan (*set up cost*) untuk suatu hasil produksi yang diproduksi di dalam perusahaan.

3. Biaya penyimpanan (*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. Biaya simpan juga dapat pula diartikan sebagai semua biaya yang timbul akibat penyimpanan barang maupun bahan. *Deterioration cost* termasuk dalam biaya simpan karena kerusakan barang membutuhkan biaya pemeliharaan dan biaya pemeliharaan ini termasuk dalam biaya simpan. Sedangkan *storage cost* adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan penyimpanan barang di gudang.
4. Biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*)

   Biaya kekurangan persediaan adalah biaya yang ditimbulkan sebagai akibat terjadinya persediaan yang lebih kecil dari jumlah yang diperlukan atau biaya yang timbul apabila persediaan di gudang tidak dapat mencukupi permintaan.

2.7 Penyusutan

Seringkali penyusutan salah diartikan. Penyusutan bukanlah suatu proses penilaian. Dalam penggunaan sehari-hari, dapat dikatakan bahwa nilai suatu kendaraan menyusut, yang berarti penurunan nilai pasar saat ini. Namun penyusutan bukan suatu teknik untuk menaksir nilai sekarang seperti nilai penggantian atau nilai jual kembali. Penyusutan hanya merupakan alokasi biaya. Jumlah biaya akuisisi (biaya pokok barang) yang akan dialokasikan selama total umur manfaat barang sebagai penyusutan disebut nilai yang dapat disusutkan. Nilai tersebut adalah selisih antara total biaya akuisisi dengan nilai residu yang diprediksi (Horngren, 1998).

Faktor yang menentukan beban penyusutan antara lain (Horngren, 1998):

a. Nilai perolehan barang

   Nilai perolehan suatu barang yaitu pengeluaran-pengeluaran yang dilakukan sampai barang yang bersangkutan siap dipakai.
b. Nilai residu

   Nilai residu adalah nilai sisa suatu barang yang ditaksir pada akhir masa pemakaian barang di perusahaan.

c. Sifat barang

Sifat dan cara penggunaan barang dalam kegiatan usaha sangat berpengaruh pada penentuan besarnya biaya penyusutan.

d. Umur barang

Umur barang adalah masa pemakaian barang dalam usaha.

Menurut literatur akuntansi Indonesia ada beberapa metode penyusutan yang dapat dilakukan untuk mengalokasikan nilai barang tetap ke dalam proses produksi. Sedangkan untuk menunjang pembahasan skripsi ini, metode penyusutan garis lurus merupakan metode yang tepat untuk menghitung penyusutan. Adapun rumusan untuk metode penyusutan garis lurus sebagai berikut (Horngren, 1998).

$$Penyusutan = \frac{nilai\ perolehan - nilai\ residu}{umur\ ekonomis\ barang}$$

2.8 Persamaan Diferensial Linear Orde Satu

Menurut Purcell (1998), persamaan differensial orde satu adalah persamaan yang berbentuk

$$\frac{dy}{dx} + P(x)y = Q(x) \tag{2.1}$$

dengan $P(x)$ dan $Q(x)$ fungsi kontinu pada suatu selang yang diberikan. Setiap persamaan differensial linear orde satu dalam prinsipnya dapat diselesaikan. Persamaan (2.1) ini memiliki faktor integral $S(x) = e^{\int P(x)\,dx}$. Kedua ruas dikalikan dengan faktor integral $e^{\int P(x)\,dx}$ menghasilkan persamaan (2.2):

$$e^{\int P(x)\,dx}\frac{dy}{dx} + e^{\int P(x)\,dx}P(x)\,y = Q(x)e^{\int P(x)\,dx} \tag{2.2}$$

ruas kiri merupakan turunan dari $ye^{\int P(x)\,dx}$, sehingga persamaan (2.2) menjadi:

$$\frac{d}{dx}\left(ye^{\int P(x)\,dx}\right) = Q(x)e^{\int P(x)\,dx} \tag{2.3}$$

kemudian dari pengintegralan kedua ruas menghasilkan:

$$ye^{\int P(x)\,dx} = \int \left(Q(x) e^{\int P(x)\,dx} \right) dx \tag{2.4}$$

Jadi solusi persamaan differensial linear orde satu berbentuk:

$$y = e^{-\int P(x)\,dx} \int \left(Q(x) e^{\int P(x)\,dx} \right) dx \tag{2.5}$$

2.9 Distribusi Weibull

Menurut Hines dan Montgomery (1972), pada distribusi Weibull terdapat fungsi yang mengandung parameter-parameter, diantaranya adalah parameter bentuk dan parameter skala yang keduanya dapat diestimasi. Parameter bentuk adalah parameter yang menentukan bentuk dasar suatu grafik. Sedangkan parameter skala adalah parameter yang menggambarkan variansi data. Parameter dalam distribusi memungkinkan fleksibilitas untuk memodelkan sistem dengan laju kerusakan meningkat terhadap waktu, berkurang terhadap waktu, atau konstan terhadap waktu. Laju kerusakan distribusi Weibull dua parameter digambarkan sebagai:

$$\theta(t) = \alpha\beta t^{\beta-1}, \qquad \alpha > 0 \qquad \beta > 0 \qquad t \geq 0$$

di mana:

α = parameter skala
β = parameter bentuk
t = waktu

2.10 Deret Taylor

Menurut Purcell (1998), andaikan suatu fungsi $f(x)$ dapat dinyatakan dalam deret pangkat dalam $(x-a)$, maka deret tersebut berbentuk deret Taylor:

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \frac{f'''(a)}{3!}(x-a)^3 + \cdots + \frac{f^{(n-1)}(a)}{(n-1)!}(x-a)^{n-1} + \cdots \tag{2.6}$$

2.11 Model EOQ (*Economic Order Quantity*) Dasar

Model EOQ (*Economic Order Quantity*) merupakan salah satu model klasik deterministik. Model ini bertujuan untuk menentukan jumlah pesanan yang ekonomis, yaitu jumlah pesanan yang meminimumkan 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*).

Adapun parameter dari model EOQ antara lain sebagai berikut:

k = biaya pesan per pemesanan
A = jumlah barang yang dibutuhkan dalam satu periode
c = biaya pengadaan per unit barang yang dipesan
h = biaya simpan per unit nilai persediaan
maka:

Total biaya = Biaya pesan + Biaya simpan + Biaya pengadaan

Dalam persoalan persediaan ini akan dicari berapa jumlah pemesanan (Q) sehingga total biaya mencapai minimum.

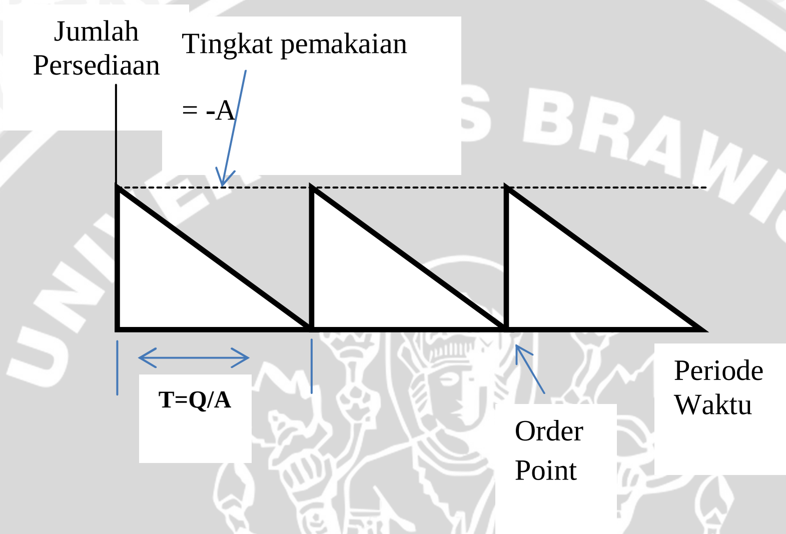
Dari Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa Q merupakan jumlah barang yang dipesan secara periodik. *Order point* adalah saat dimana siklus persediaan (*inventory cycle*) yang baru dimulai dan yang lama berakhir. Setiap siklus persediaan mampunyai periode T, artinya setiap T satuan waktu pemesanan kembali dilakukan dan ini tergantung pada Q. Lamanya T sama dengan proporsi kebutuhan selama satu periode (A).

$$T = \frac{Q}{A} \tag{2.7}$$

Untuk mengetahui jumlah persediaan dari waktu ke waktu bisa digunakan gradien A 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 A dan Q yang dirumuskan oleh:

$$\text{frekuensi pemesanan} = \frac{A}{Q} \qquad (2.8)$$



Gambar 2.1 Model EOQ sederhana

Jika frekuensi pemesanan dikali dengan biaya setiap pemesanan (k), akan diperoleh:

$$\text{Biaya pemesanan} = \left(\frac{A}{Q}\right) k \qquad (2.9)$$

Komponen biaya ke dua adalah biaya simpan (*holding cost*), yang ditentukan oleh jumlah dan lamanya barang disimpan. Setiap waktu jumlah barang berkurang sehingga perlu diperhatikan tingkat persediaan rata-rata. Karena persediaan bergerak dari Q unit sampai nol unit sampai dengan tingkat pengurangan yang konstan ($-A$) maka persediaan rata-rata untuk setiap siklus dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rata} - \text{rata persediaan} = \frac{Q}{2} \qquad (2.10)$$

Biaya simpan (*holding cost*) dihitung berdasarkan satuan nilai persediaan dan biaya pengadaan (*procurement cost*/c):

$$\text{biaya simpan per unit barang} = hc \tag{2.11}$$

Rata-rata persediaan disubstitusikan kedalam biaya simpan sehingga menjadi:

$$\text{biaya simpan} = hc\left(\frac{Q}{2}\right) \tag{2.12}$$

Dalam satu periode (tahun) dibutuhkan A unit barang untuk pengadaan (*procurement*) dan biaya pengadaan sebesar c setiap unit barang sehingga:

$$\text{biaya pengadaan} = Ac \tag{2.13}$$

Jika ketiga komponen biaya tersebut di atas digabungkan maka akan didapat:

$$\text{total biaya} = \left(\frac{A}{Q}\right)k + hc\left(\frac{Q}{2}\right) + Ac \tag{2.14}$$

Seperti sudah dijelaskan diawal bahwa tujuan dari model persoalan persediaan adalah meminimumkan total biaya (*total cost/*TC). Total biaya minimum dapat dicari dengan menentukan berapa jumlah pemesanan (Q). Karena yang mengandung Q pada fungsi total biaya hanya ada pada biaya pesan dan biaya simpan, maka akan lebih sederhana jika Ac diabaikan dalam perhitungan.

Total biaya mencapai minimum jika antara fungsi biaya pesan dan biaya simpan berharga sama. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{total biaya} = AQ^{-1}k + hc\left(\frac{Q}{2}\right) + Ac \tag{2.15}$$

$$\frac{dTC}{dQ} = -AQ^{-2}k + \frac{hc}{2} = 0 \tag{2.16}$$

$$\frac{Ak}{Q^2} = \frac{hc}{2} \tag{2.17}$$

$$Q^2 = \frac{2Ak}{hc} \tag{2.18}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\,Ak}{hc}} \tag{2.19}$$

(Aminudin, 2005)

2.12 Model EOQ untuk Barang dengan Distribusi Kerusakan Weibull

Hampir semua barang mengalami kerusakan sepanjang waktu. Untungnya untuk kebanyakan barang, tingkat kerusakan sangatlah rendah sehingga hanya ada sedikit kebutuhan untuk pertimbangan kerusakan dalam penentuan ukuran ekonomis. Dalam beberapa bidang, seperti makanan yang mudah basi, produksi bahan kimia tertentu, dan komponen elektronik, kerusakan mungkin terjadi selama periode penyimpanan normal sehingga kerugian ini juga harus dipertimbangkan (Covert dan Philip, 1973).

Sejumlah penulis telah mendapatkan sebuah model persediaan dengan rumus EOQ yang mempertimbangkan kerusakan barang dengan sebuah tingkat variabel kerusakan, dimana kerusakan berarti pembusukan, kecacatan, atau kerugian sehingga barang tidak dapat digunakan untuk tujuan yang sebenarnya (Covert dan Philip, 1973).

Secara khusus, disribusi Weibull digunakan untuk menyatakan distribusi waktu untuk kerusakan. Rumus EOQ diperoleh pada kondisi permintaan konstan, pengiriman langsung dan tidak ada kekurangan, dan menunjukkan bahwa hasilnya dapat dihubungkan dengan model yang lebih sederhana yang telah dikembangkan sebelumnya.

Ghare dan Schrader (1963), telah mengasumsikan sebuah tingkat konstan kerusakan. Dengan mengikuti prosedur dasar penentuan EOQ, telah diperoleh sebuah hubungan untuk waktu siklus optimal, saat biaya persediaan sebagai rata-rata siklus persediaan awal dan akhir.

Ketika digunakan dalam konteks kuantitas pesanan ekonomis (EOQ), distribusi Weibull akan menyediakan sebuah kemungkinan fungsi kepadatan yang memberikan waktu untuk kerusakan. Dengan demikian, diberikan persamaan umum fungsi kepadatan Weibull sebagai berikut:

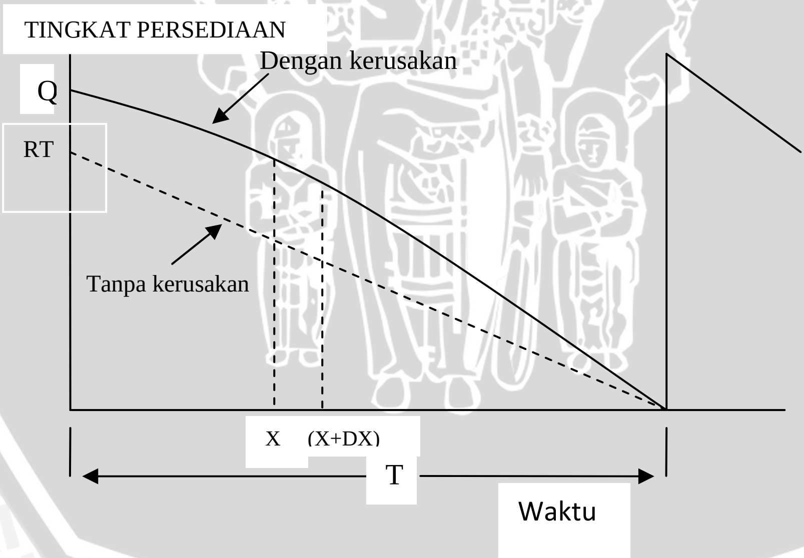
$$f(t) = \alpha\beta t^{\beta-1} exp(-\alpha t^{\beta}), t > 0 \tag{2.20}$$

dimana,

α = parameter skala ($\alpha > 0$)
β = parameter bentuk ($\beta > 0$)
t = parameter waktu hingga mengalami kerusakan

Kerusakan barang yang mungkin memiliki tingkat penurunan, tingkat kerusakan konstan atau meningkat, tergantung pada nilai β (Covert dan Philip, 1973).

Tingkat persediaan awal harus cukup untuk suatu permintaan selama siklus waktu tertentu (RT), dengan penambahan faktor untuk barang yang akan rusak ($Q - RT$). Siklus persediaan ditunjukkan pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Bentuk umum model EOQ saat terjadi kerusakan

2.13 Uji Normalitas Data

Sebelum melakukan analisis data, perlu dilakukan uji normalitas data yang bertujuan untuk membuktikan bahwa data tersebut mengikuti pola kurva normal. Uji normalitas data dapat dilakukan dengan *software minitab* dengan taraf signifikan dinyatakan sebagai α dalam dua atau tiga desimal atau dalam persen. Lawan dari taraf signifikan adalah taraf kepercayaan. Jika taraf signifikan 5%, maka dapat dikatakan taraf kepercayaannya 95%. Dalam penelitian sosial, besarnya α biasanya diambil 5% atau 1% (0,05 atau 0,01). Penentuan besarnya α bergantung pada keinginan peneliti sebelum analisis dilakukan.

Arti $\alpha = 0{,}01$ adalah kira-kira 1 dari 100 kesimpulan akan menolak hipotesis yang seharusnya diterima atau dengan kata lain kira-kira 99% percaya bahwa kesimpulan adalah benar (Usman dan Akbar, 2006).

2.14 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. Model EOQ mengasumsikan bahwa total kebutuhan R, biaya simpan H, dan biaya pesan C dapat ditentukan secara pasti. Kesalahan manajemen dalam menentukan ketiga parameter tersebut dapat saja terjadi, yang berarti dapat mempengaruhi EOQ dan biaya variabel.

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. Ke dua, parameter dalam model EOQ berubah karena waktu, analisis sensitivitas dapat membantu dalam memutuskan apakah perlu merevisi keputusan persediaan dengan memasukkan nilai yang baru. Ke tiga, 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).

2.15 Konveks

Uji kekonvekkan dari suatu fungsi dengan variabel tunggal yaitu memperhatikan beberapa fungsi dengan variabel tunggal $f(x)$ yang memiliki turunan ke dua untuk semua nilai x yang mungkin. Maka $f(x)$ adalah (Hillier dan Lieberman, 1995):

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

bertujuan untuk membuktikan bahwa data tersebut mengikuti pola kurva normal. Uji normalitas data dapat dilakukan dengan *software minitab* dengan taraf signifikan dinyatakan sebagai α dalam dua atau tiga desimal atau dalam persen. Lawan dari taraf signifikan adalah taraf kepercayaan. Jika taraf signifikan 5%, maka dapat dikatakan taraf kepercayaannya 95%. Dalam penelitian sosial, besarnya α biasanya diambil 5% atau 1% (0,05 atau 0,01).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dalam Skripsi ini dilaksanakan di UD. Bagus Agriseta Mandiri wilayah Kota Batu Kecamatan Bumiaji dusun Banaran jalan Kopral Kasdi No. 02 Jawa Timur pada bulan Februari 2013.

3.2 Deskripsi Umum Perusahaan

UD. Bagus Agriseta Mandiri berdiri pada tanggal 31 Maret 2001. UD. Bagus Agriseta Mandiri merupakan sebuah industri pengolah bahan makanan, terutama pada buah-buahan. Produk pertama yang diproduksi adalah jenang apel, yang mana bahan bakunya mudah di dapat. Dua tahun kemudian, UD tersebut mengembangkan hasil produksinya dengan memproduksi sari apel dan kripik apel. Hingga pada awal tahun 2011, hasil produksi semakin berkembang dengan bertambahnya bakpia buah dan manisan buah. Hasil dari buah apel menjadi produk unggulan UD. Bagus Agriseta Mandiri. Sedangkan hasil produksi yang berasal dari buah selain apel menjadi produk andalan dari UD tersebut.

Hasil produksinya meningkat pesat seiring permintaan pasar yang juga meningkat. Tidak hanya pada daerah lokal sekitar Malang, tetapi tingkat pemasarannya juga telah merambah ke daerah luar Jawa. Pola distribusi UD. Bagus Agriseta Mandiri antara lain 20% langsung ke konsumen, 50% melalui agen, dan 30% melalui distributor.

3.3 Sumber Data

Untuk memperoleh data pendukung skripsi ini, maka dilakukan pengumpulan data melalui dua tahap, yaitu:

1. penelitian langsung ke Lapangan atau Perusahaan (*field research*). Metode ini bertujuan 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 dua 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 tersebut didapat dari data perusahaan yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Adapun macam-macam data yang dibutuhkan meliputi:

   1. Jumlah pemesanan awal
   2. Persediaan bahan baku
   3. Jumlah permintaan produksi per unit waktu (*R*)
   4. Jumlah kerusakan bahan baku
   5. Taksiran nilai sisa
   6. Biaya pembelian bahan baku per unit (*C*)
   7. Biaya penyimpanan persediaan per unit per satuan waktu (*h*)
   8. Biaya pemesanan per pemesanan (*A*)

2. Studi literatur adalah metode pengumpulan data sebagai dasar pedoman dan acuan dalam menganalisa dan membuat perencanaan sehingga dapat membantu menyelesaikan permasalahan perusahaan dengan menggunakan teori yang sudah ada.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Menurut Azwar (2001), penelitian secara operasional dilakukan untuk membuat perencanaan dan pengendalian persediaan secara efektif dan efisiensi. Secara ringkas rancangan penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian sebagai berikut:

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Langkah-langkah Analisis Data

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

1. Mencari solusi optimal Persamaan Diferensial
$$\frac{dQ(t)}{dt} + \theta(t)Q(t) = -R, \quad 0 \le t \le T$$
2. Menentukan jumlah kerusakan barang
$$D(T) = Q - RT$$
3. Menentukan rata-rata persediaan
$$I_1(T) = \int_0^T Q\,dt$$
4. Mencari masing-masing biaya persediaan, yang meliputi:
   - biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu (IHC),
   - biaya pesan per pemesanan (OC),
   - biaya kerusakan barang per satuan waktu (CD),
   - nilai sisa kerusakan barang per satuan waktu (SV).
5. Masing-masing biaya persediaan disubstitusikan ke dalam persamaan total biaya persediaan
$$K(T) = IHC + OC + CD - SV$$
6. Mencari T optimal untuk mencapai total biaya persediaan yang minimal
$$\frac{\partial K(T)}{\partial T} = 0$$
7. Pembuktian $K(T)$ minimal
$$\frac{\partial^2 K(T)}{\partial T^2} > 0$$
8. Melakukan analisis sensitivitas dengan merubah parameter $\alpha, \beta,$ dan γ untuk mengetahui perubahan dari masing-masing parameter.
9. Mengambil kesimpulan dari hasil perhitungan

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konstruksi Model

Pada bab ini akan dibahas mengenai model matematika dengan laju perubahan kuantitas yang dipengaruhi oleh tingkat kerusakan bahan baku berdistribusi Weibull terhadap waktu. Model ini merupakan sebuah model persediaan yang mempertimbangkan kerusakan bahan baku dengan tingkat variabel kerusakan, dimana kerusakan berarti pembusukan, kecacatan, atau kerugian sehingga bahan baku tidak dapat digunakan untuk tujuan yang sebenarnya. Secara khusus, distribusi Weibull digunakan untuk mengetahui laju kerusakan barang yang meningkat, menurun, atau konstan. Rumus EOQ diperoleh dari kondisi permintaan bahan baku konstan, pengiriman langsung tanpa ada kekurangan , dan menunjukkan bahwa hasilnya dapat dihubungkan dengan model yang lebih sederhana yang telah dikembangkan sebelumnya.

Jika diberikan suatu persediaan bahan baku yaitu $Q(t)$ dalam kurun waktu atau periode (t) tertentu. Ketika awal periode $t = 0$ dan di akhir periode $t = T$, maka laju perubahan dari $Q(t)$ dikarenakan adanya permintaan produksi perhari dan kerusakan bahan baku perhari. Dalam hal ini telah dibatasi bahwa tingkat kerusakan barang dalam persediaan bahan baku mengikuti fungsi distribusi Weibull yang telah diberikan yaitu

$$\theta(t) = \alpha\beta t^{(\beta-1)}$$

dengan
α : parameter skala
β : parameter bentuk
dan $\alpha, \beta > 0$

Ciri khusus dari distribusi ini adalah adanya parameter skala (α) dan parameter bentuk (β). Parameter skala (*scale parameter*) adalah jenis khusus dari parameter numerik yang menunjukkan besarnya distribusi data. Semakin besar nilai parameter skala maka distribusi data akan semakin menyebar dan sebaliknya. Sedangkan parameter bentuk (*shape parameter*) adalah jenis khusus dari parameter numerik yang menunjukkan bentuk kurva. Sehingga laju perubahan persediaan akan berkurang seiring dengan jumlah dari permintaan produksi dan kerusakan bahan baku perhari yaitu $R + \theta(t)Q(t)$. Jadi laju perubahan tersebut adalah

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\big(R + \theta(t)Q(t)\big) \tag{4.1}$$

dengan

$Q(t)$: kuantitas pemesanan awal bahan baku

$\theta(t)$: tingkat kerusakan bahan baku mengikuti fungsi distribusi Weibull

R : jumlah permintaan produksi konstan

dan $0 \le t \le T$.

Dimana, ketika waktu awal yaitu $t = 0$ maka persediaan bahan baku masih dalam keadaan penuh sehingga diperoleh syarat awal yaitu $Q(0) = Q$. Sementara ketika waktu sudah mulai berjalan dan diakhir periode yaitu $t = T$ maka tingkat persediaan barang akan habis seperti persediaan bahan baku yang habis karena produksi atau persediaan bahan baku yang habis karena permintaan konsumen sehingga diperoleh syarat batas $Q(T) = 0$.

Maka persamaan (4.1) dapat dinyatakan sebagai persamaan diferensial biasa orde satu, yaitu

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \theta(t)Q(t) = -R, \quad 0 \le t \le T \tag{4.2}$$

maka,

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \alpha\beta t^{(\beta-1)}Q(t) = -R$$

dengan syarat awal, $Q(0) = Q$

syarat batas, $Q(T) = 0$

Dengan melihat persamaan (4.2) yang merupakan persamaan diferensial linier orde satu, maka dapat diselesaikan dengan menggunakan metode faktor integral. Dimana persamaan diferensial linier orde satu dapat dinyatakan sebagai

$$\frac{dy}{dx} + P(x).y = Q(x) \tag{4.3}$$

Dari persamaan (4.2) dan (4.3) didapatkan,

$$y = Q(t)$$
$$x = t$$
$$P(x) = \theta(t) = \alpha\beta t^{(\beta-1)}$$
$$Q(x) = -R$$

Jika $\rho(x)$ adalah faktor integralnya, maka

$$\begin{aligned}\rho(x) = e^{\int \theta(t)dt} &= e^{\int \alpha\beta t^{(\beta-1)}dt}\\ &= e^{\frac{\alpha\beta t^{\beta}}{\beta}}\\ &= e^{\alpha t^{\beta}}\end{aligned}$$

Kemudian dikalikan masing-masing dengan faktor integralnya, diperoleh

$$e^{\alpha t^{\beta}}.\frac{dQ(t)}{dt} + \left(\alpha\beta t^{\beta-1}\right).\left(e^{\alpha t^{\beta}}\right).Q(t) = \left(e^{\alpha t^{\beta}}\right)(-R) \quad (4.4)$$

Persamaan (4.4) dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{d}{dt}\left(e^{\alpha t^{\beta}}.Q(t)\right) = -Re^{\alpha t^{\beta}}$$
$$\left(e^{\alpha t^{\beta}}\right)\left(Q(t)\right) = \int -Re^{\alpha t^{\beta}}\, dt$$
$$\left(e^{\alpha t^{\beta}}\right)\left(Q(t)\right) = -R\int e^{\alpha t^{\beta}}\, dt \quad (4.5)$$

Untuk menyelesaikan pengintegralan $\int e^{\alpha t^{\beta}}\, dt$, digunakan Deret Taylor, yaitu:

$$e^{\alpha t^{\beta}} = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(\alpha t^{\beta})^{k}}{k!} = 1 + \frac{(\alpha t^{\beta})}{1!} + \frac{(\alpha t^{\beta})^{2}}{2!} + \cdots$$

Dari deret Taylor tersebut diambil hanya pada orde satu karena pemotongan selanjutnya tidak berpengaruh dalam persamaan, sehingga diperoleh

$$e^{\alpha t^{\beta}} = 1 + \frac{(\alpha t^{\beta})}{1!} = 1 + \left(\alpha t^{\beta}\right) \quad (4.6)$$

Kemudian hasil deret Taylor disubstitusikan ke persamaan (4.5), menjadi:

$$Q(t)\left[1+\alpha t^{\beta}\right] = -R\int\left[1+\alpha t^{\beta}\right]dt$$

$$Q(t)\left[1+\alpha t^{\beta}\right] = -R\left[t+\frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right]+c$$

Atau dapat dinyatakan sebagai

$$Q(t) = \frac{-R\left[t+\frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right]+c}{[1+\alpha t^{\beta}]} \qquad (4.7)$$

Dengan memasukkan syarat batas $Q(T)=0$ ke dalam persamaan (4.6) diperoleh:

$$0 = \frac{-R\left[T+\frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right]+c}{[1+\alpha T^{\beta}]}$$

atau

$$c = R\left[T+\frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right]$$

Setelah itu nilai c disubstitusikan pada persamaan (4.7), sehingga diperoleh nilai $Q(t)$ yang baru, yaitu:

$$Q(t) = \frac{-R\left[t+\frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right]+R\left[T+\frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right]}{[1+\alpha t^{\beta}]}$$

$$= \frac{R\left[T+\frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}-t-\frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right]}{[1+\alpha t^{\beta}]}$$

$$= \frac{R\left[T-t+\frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}-\frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right]}{[1+\alpha t^{\beta}]} \qquad (4.8)$$

Untuk menentukan kuantitas pemesanan awal bahan baku (Q) dengan mensubstitusikan $Q(0) = Q$ ke dalam persamaan $Q(t)$, maka:

$$Q(0) = \frac{R\left[T - 0 + \frac{\alpha}{\beta+1}\left(T^{\beta+1} - 0^{\beta+1}\right)\right]}{[1 + \alpha .0^{\beta}]}$$

Jadi didapatkan Q sebagai berikut:

$$Q = R\left[T + \frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta + 1}\right] \tag{4.9}$$

Jumlah kerusakan bahan baku ($D(T)$) ditentukan dengan cara mengurangkan kuantitas pemesanan awal bahan baku (Q) dengan permintaan produksi selama satu siklus waktu sebesar RT, sehingga diperoleh

$$D(T) = Q - RT \tag{4.10}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4.9) ke dalam persamaan (4.10), diperoleh

$$D(T) = R\left[T + \frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta + 1}\right] - RT$$

$$= RT + \frac{R\alpha T^{\beta+1}}{\beta + 1} - RT$$

$$D(T) = \frac{R\alpha T^{\beta+1}}{\beta + 1} \tag{4.11}$$

Misalkan rata-rata persediaan adalah ($I_1(T)$), maka untuk menghitung rata-rata persediaan adalah integral dari tingkat persediaan tersebut dari awal periode yaitu $t = 0$ sampai akhir periode yaitu $t = T$, sehingga diperoleh

$$I_1(T) = \int_0^T Q\, dt$$

$$= \int_0^T R\left[t + \frac{\alpha t^{\beta+1}}{\beta+1}\right] dt$$

$$= R\left[\frac{1}{2}t^2 + \frac{\alpha t^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right]_0^T$$

$$= R\left[\frac{1}{2}T^2 + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right] - R\left[\frac{1}{2}(0)^2 + \frac{\alpha (0)^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right]$$

$$= R\left[\frac{1}{2}T^2 + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right] - 0$$

$$= R\left[\frac{1}{2}T^2 + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right]$$

Dengan demikian rata-rata persediaannya adalah

$$I_1(T) = R\left[\frac{1}{2}T^2 + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right] \qquad (4.12)$$

Total biaya persediaan per satuan waktu ($K(T)$) ditentukan melalui beberapa langkah. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. *Inventory Holding Cost* (IHC)

   Menghitung biaya penyimpanan persediaan bahan baku per satuan waktu yang dimisalkan sebagai (IHC). Jika biaya penyimpanan persediaan adalah (h), maka biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu adalah biaya penyimpanan rata-rata persediaan ($I_1(T)$), yaitu sebesar

$$IHC = hR\left[\frac{T^2}{2} + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right] \qquad (4.13)$$

2. *Ordering Cost* (OC)
   Menghitung biaya pemesanan bahan baku per pemesanan (OC) dengan cara membagi biaya pemesanan dengan periode waktu, sebesar

$$OC = \frac{A}{T} \tag{4.14}$$

3. *Cost Due to Deterioration* (CD)
   Menghitung biaya kerusakan bahan baku per satuan waktu. Misalkan biaya tersebut adalah (CD), maka untuk memperolehnya dengan cara mengalikan biaya pembelian bahan baku dengan jumlah kerusakan bahan baku, yaitu:

$$CD = C.D(T)$$
$$= C\left[\frac{R\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right]$$
$$CD = \frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1} \tag{4.15}$$

4. *Salvage Value of Deterioration* (SV)
   Menghitung nilai sisa kerusakan bahan baku per satuan waktu yang dimisalkan sebagai (SV). Jika nilai sisa dimisalkan sebagai γ dan biaya pembelian sebagai C maka untuk menghitung nilai sisa kerusakan bahan baku per satuan waktu adalah dengan cara mengalikan γC dengan jumlah kerusakan bahan baku, sehingga diperoleh:

$$SV = \gamma C.D(T)$$

   atau

$$SV = \left[\frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right] \tag{4.16}$$

Nilai sisa suatu barang merupakan taksiran nilai suatu barang pada akhir pemakaian barang di perusahaan. Nilai sisa mewakili nilai untuk pembuangan sisa inventori bagi perusahaan. Nilai negatif dari nilai sisa dikenal dengan biaya sisa. Jika ada biaya yang berhubungan dengan pembuangan sisa inventori tersebut, biaya itu mungkin bernilai positif. Nilai sisa suatu barang digunakan untuk memperoleh keuntungan perusahaan. Untuk memperoleh keuntungan tersebut, diperlukan modifikasi dalam perhitungan total biaya persediaan dari EOQ dasar dengan nilai sisa. Sehingga didapatkan total biaya persediaan ($K(T)$) sebagai berikut:

$$K(T) = IHC + OC + CD - SV$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4.13), (4.14), (4.15), dan (4.16) ke dalam $K(T)$, diperoleh

$$K(T) = hR\left[\frac{T^2}{2} + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2)}\right] + \frac{A}{T} + \left[\frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right] - \left[\frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1}\right]$$

Untuk mencapai total biaya persediaan yang optimal maka diperlukan $K(T)$ yang optimal karena biaya yang optimal adalah biaya yang minimal. $K(T)$ akan menjadi optimal jika turunan pertama dari $K(T)$ sama dengan 0.

Nilai dari $\frac{dK(T)}{dt}$ dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{dK(T)}{dT} = hR\left[T + \frac{\alpha T^{\beta+2}}{T(\beta+1)}\right] - \frac{A}{T^2} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{T} - \frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{T}$$

$$= hRT + \frac{hR\alpha T^{\beta+2}}{T(\beta+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{T} - \frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{T} \quad (4.17)$$

Kemudian ditetapkan bahwa $\frac{dK(T)}{dT} = 0$, yaitu

$$hRT + \frac{hR\alpha T^{\beta+2}}{T(\beta+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{T} - \frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{T} = 0 \quad (4.18)$$

Setelah itu dari persamaan (4.17) dicari nilai dari T. Karena bentuk dari persamaan (4.17) sulit untuk diselesaikan secara manual, maka akan digunakan program komputer untuk mencari nilai dari $K(T)$. Dan dalam skripsi ini akan digunakan program *Maple* 14.

Sementara untuk membuktikan bahwa nilai $K(T)$ adalah minimum maka haruslah turunan ke dua dari $K(T)$ lebih besar dari 0. Bentuk turunan ke duanya sebagai berikut:

$$\frac{d^2K}{dT^2} = hR\left[1 + \frac{\alpha T^{\beta+2}(\beta+2)}{T^2(\beta+1)} - \frac{\alpha T^{\beta+2}}{T^2(\beta+1)}\right] + \frac{2A}{T^3} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}(\beta+1)}{T^2} - \frac{CR\alpha T^{\beta+1}}{T^2} - \frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}(\beta+1)}{T^2} + \frac{\gamma CR\alpha T^{\beta+1}}{T^2}$$

$$\frac{\partial^2 K}{\partial T^2} = hR\left[1 + \frac{\alpha T^{\beta+2}(\beta+2)}{T^2(\beta+1)} - \frac{\alpha T^{\beta+2}}{T^2(\beta+1)}\right] + \frac{2A}{T^3} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}([(\beta+1)(1-\gamma)] - (1+\gamma))}{T^2}$$

$$\frac{\partial^2 K}{\partial T^2} = hR\left[1 + \frac{\alpha T^{\beta+2}(\beta+2)}{T^2(\beta+1)} - \frac{\alpha T^{\beta+2}}{T^2(\beta+1)}\right] + \frac{2A}{T^3} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}(\beta(1-\gamma) + (1-\gamma) - (1+\gamma))}{T^2}$$

$$\frac{d^2K}{dT^2} = hR\left[1 + \frac{\alpha T^{\beta+2}((\beta+2)-1)}{T^2(\beta+1)}\right] + \frac{2A}{T^3} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}\beta(1-\gamma)}{T^2}$$

Karena nilai $(\beta+2)-1 > 0$ dan $(1-\gamma) > 0$ maka hal ini membuktikan bahwa $\frac{d^2K}{dT^2} > 0$, sehingga persamaan $K(T)$ membentuk grafik yang cekung ke bawah, sehingga memiliki nilai yang minimum. Hal ini dapat dijelaskan pada uji konveksitas pada Bab 2. Dan untuk perhitungan pembuktian dapat dilihat pada Lampiran 10.1.

4.2 Penerapan Model Matematika EOQ dengan Kerusakan Produk Berdistribusi Weibull dan Nilai Sisa Untuk Produk yang Bergantung Waktu

Penelitian Skripsi ini dilaksanakan di UD. Bagus Agriseta Mandiri wilayah Kota Batu - Kecamatan Bumiaji - Dusun Banaran jalan Kopral Kasdi No. 02 Jawa Timur pada bulan Februari 2013. Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh data bahan baku apel pada bulan Juni 2012. Hasil wawancara dan data sekunder ini menyatakan bahwa untuk pemesanan awal bahan baku diperkirakan kurang lebih sebanyak 1000 kg apel dan tidak diperbolehkan adanya *shortage* (kekurangan persediaan). Bahan baku ini digunakan untuk berproduksi tidak lebih dari 500 kg apel tiap harinya. Sehingga sisa persediaan apel dapat disimpan dan digunakan untuk proses produksi pada hari selanjutnya. Maksimal umur ekonomis yang dimiliki oleh apel adalah 7 hari. Menurut hasil wawancara yang telah dilakukan, pada proses penyimpanan apel akan mengalami kerusakan setiap harinya antara 5% - 15% akibat pengaruh cuaca. Dalam kondisi ini apel yang masih bagus akan digunakan untuk produksi. Sedangkan apel yang sudah rusak akan dijual kembali. Dari keterangan hasil wawancara di atas, didapatkan tabel data yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.2.1 Menguji Sebaran Data

Untuk menguji sebaran data, digunakan data penyusutan bahan baku apel. Data penyusutan didapatkan dengan menggunakan rumus penyusutan sesuai penjelasan pada Bab 2.7. Setelah data penyusutan didapatkan, kemudian seluruh data diuji sebarannya dengan menggunakan *software minitab*. *Software* ini digunakan untuk mempermudah membandingkan data terbaik dari beberapa distribusi yang berbeda. Lebih lengkapnya penjelasan analisis data dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.2.2 Mencari Nilai Parameter

Setelah pengujian pada data penyusutan bahan baku apel dari UD. Bagus Agriseta Mandiri, data tersebut menunjukkan bahwa sebaran datanya berdistribusi *Weibull*. Setelah dilakukan perhitungan dengan bantuan *minitab*, diperoleh parameter skala α dan parameter bentuk β. Gambar hasil minitab untuk parameter skala dan parameter bentuk dapat dilihat pada lampiran 3. Sementara untuk memperoleh nilai sisa (γ), dilakukan dengan cara menjumlahkan semua nilai sisa dan dibagi dengan banyaknya data. Untuk penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4. Sehingga didapatkan hasil yang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan parameter α , β, dan γ

Jenis Keripik	α	β	γ
Apel (100 gram)	0,28	1,19	0,5

Sumber: data sekunder

4.2.3 Hasil Perhitungan Model Matematika EOQ dengan Kerusakan Produk Berdistribusi Weibull dan Nilai Sisa untuk Produk yang Bergantung Waktu pada UD. Bagus Agriseta Mandiri

Dari hasil wawancara pada UD. Bagus Agriseta Mandiri, diketahui bahwa diperlukan biaya simpan untuk apel sebesar Rp 20,-/kg/minggu. Sementara untuk biaya pesan sebesar Rp 5,-/kg/pemesanan. Sehingga diperoleh data sebagai berikut:
Jumlah permintaan produksi (R) : 347,5
Biaya simpan bahan baku (h) : Rp 39.250,-
Biaya pemesanan bahan baku (A): Rp 4361,1
Biaya pembelian bahan baku (C) : Rp 4666,67,-
Sehingga diperoleh nilai dari $K(T)$ yaitu:

$$K(T) = 6.819.687{,}5T^2 + 546.660{,}5T^{3,19} + \frac{4361{,}1}{T} + 103.668{,}3T^{2,19}$$

Untuk memperoleh nilai $K(T)$ yang optimal maka harus ditentukan terlebih dahulu $\frac{dK(T)}{dT} = 0$, maka

$$13.639.375T + 1.743.847{,}03T^{2,19} - \frac{4361{,}1}{T^2} + 227.033{,}5T^{1,19} = 0$$

Karena bentuk persamaan ini sangat kompleks, sehingga dibutuhkan bantuan pemrograman *Maple 14*, maka didapatkan nilai T antara lain:

T : $0{,}06803755443$
T : $-0{,}03399441744 + 0{,}05919926642i$
T : $-5{,}047782837 + 2{,}707908555i$
T : $-5{,}047782837 - 2{,}707908555i$
T : $-0{,}03399441744 - 0{,}05919926642i$

Karena nilai T haruslah positif, maka diambil nilai T (bulan) sebagai berikut.

$$T = 0{,}06803755443$$

Untuk mendapatkan rata-rata T optimal dalam hari maka dapat dicari dengan mengalikan T (bulan) dengan satu siklus data pabrik yang diberikan (28 hari). Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut

$$T = 0{,}068x28 = 1{,}904$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa T optimal untuk melakukan pemesanan kembali yaitu selama 1,904 hari. Sehingga $K(T)$ menjadi minimum. Selanjutnya, setelah nilai T diperoleh, masukkan ke dalam masing-masing persamaan antara lain kuantitas pemesanan, jumlah kerusakan barang, dan lain sebagainya. Sehingga didapatkan hasil rincian optimal dari masing-masing persamaan dengan tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Rincian solusi optimal

No	Keterangan	Lambang	Nilai
1	Kuantitas pemesanan optimal	Q	843,7
2	Jumlah kerusakan barang	$D(T)$	182
3	Biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu (Rp)	IHC	28.987.213,9
4	Biaya pesan per pemesanan (Rp)	OC	2.290,5
5	Biaya kerusakan barang per satuan waktu (Rp)	CD	849.466,8
6	Nilai sisa kerusakan barang per satuan waktu (Rp)	SV	424.733,4

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan total biaya persediaan yang minimum maka kuantitas pemesanan optimal rata-rata sebanyak 843,7 dengan rata-rata kerusakan barang sebesar 182. Selain itu, Biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu adalah sebesar Rp 28.987.213,9 dengan Biaya pesan per pemesanan adalah Rp 2.290,5 dan Biaya kerusakan barang per satuan waktu sebesar Rp 849.466,8 serta dengan nilai sisa kerusakan barang per satuan waktu adalah sebesar Rp 424.733,4. Dari data hasil rincian solusi optimal ini kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan $K(T)$ sehingga didapatkan total biaya persediaan minimum sebesar Rp29.414.237,8.

4.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan parameter skala dan parameter bentuk yang diperoleh dari distribusi Weibull serta parameter nilai sisa yang diperoleh dari kerusakan barang terhadap periode T, jumlah kuantitas pemesanan awal, nilai sisa, dan total biaya persediaan. Persentase perubahan untuk masing-masing parameter adalah sebesar -50%, -25%,+25%, dan +50%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Analisis sensitivitas terhadap α

Persentase	α	T	Q	SV	$K(T)$
-50	0,14	1,909	754,9	213.590	27.218.831,82
-25	0,21	1,906	799,2	319.283,3	28.305.387,18
0	0,28	1,904	843,7	424.733,4	29.414.237,8
+25	0,35	1,901	887,3	529.086,5	30.480.095,08
+50	0,42	1,898	930,7	632.711,6	31.534.759,41

Dari Tabel 4.3 menjelaskan bahwa perubahan terjadi pada parameter skala berdasarkan fungsi distribusi Weibull, dimana nilai awal dari α adalah 0,28. Berdasarkan perubahan parameter maka nilai α berubah sesuai dengan perubahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Sementara nilai parameter bentuk dan parameter nilai sisa adalah tetap yaitu sebesar $\beta = 1{,}19$ dan $\gamma = 0{,}5$. Dari Tabel 4.3 menjelaskan bahwa perubahan nilai α yang semakin kecil mengakibatkan nilai T semakin besar, jumlah kuantitas pemesanan awal, nilai sisa, dan total biaya persediaan menjadi semakin kecil. Sementara ketika perubahan nilai α yang semakin besar mengakibatkan nilai T semakin kecil, jumlah kuantitas pemesanan awal, nilai sisa, dan total biaya persediaan menjadi semakin besar.

Tabel 4.4 Analisis sensitivitas terhadap β

Persentase	β	T	Q	SV	$K(T)$
-50	0,6	1,862	811,5	383.652	28.651.899,5
-25	0,9	1,893	829,9	401.719,1	29.253.031,6
0	1,19	1,904	843,7	424.733,4	29.414.237,8
+25	1,5	1,909	859,3	457.261,6	29.507.724,7
+50	1,8	1,912	877,8	497.849,4	29.644.873,9

Dari Tabel 4.4 menjelaskan bahwa perubahan terjadi pada parameter bentuk berdasarkan fungsi distribusi Weibull, dimana nilai awal dari β adalah 1,19. Berdasarkan perubahan parameter maka nilai β berubah sesuai dengan perubahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Sementara nilai parameter skala dan parameter nilai sisa adalah tetap yaitu sebesar $\alpha = 0{,}28$ dan $\gamma = 0{,}5$. Dari Tabel 4.4 menjelaskan bahwa perubahan nilai β yang semakin kecil mengakibatkan nilai T, jumlah kuantitas pemesanan awal, nilai sisa, dan total biaya persediaan menjadi semakin kecil. Sementara ketika perubahan nilai β yang semakin besar mengakibatkan nilai T, jumlah kuantitas pemesanan awal, nilai sisa, dan total biaya persediaan menjadi semakin besar.

Tabel 4.5 Analisis sensitivitas terhadap γ

Persentase	γ	T	Q	SV	$K(T)$
-50	0,3	1,902	842,6	254.254,2	29.516.582,3
-25	0,4	1,903	843,1	339.396	29.465.496,6
0	0,5	1,904	843,7	424.733,4	29.414.237,8
+25	0,6	1,906	844,8	510.853,3	29.396.342,6
+50	0,8	1,908	845,9	682.704	29.292.806,5

Dari Tabel 4.5 menjelaskan bahwa perubahan terjadi pada parameter nilai sisa (γ), dimana nilai awal dari γ adalah 0,5. Berdasarkan perubahan parameter maka nilai γ berubah sesuai dengan perubahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Sementara nilai parameter skala dan parameter bentuk adalah tetap yaitu sebesar $\alpha =$ 0,28 dan $\beta =$ 1.19. Dari Tabel 4.5 menjelaskan bahwa perubahan nilai γ yang semakin kecil mengakibatkan nilai T, jumlah kuantitas pemesanan awal dan nilai sisa semakin kecil, sedangkan total biaya persediaan semakin besar. Sementara ketika perubahan nilai γ yang semakin besar mengakibatkan nilai T, jumlah kuantitas pemesanan awal dan nilai sisa semakin besar, sedangkan total biaya persediaan semakin kecil.

Berdasarkan perubahan parameter α, β, dan γ menjelaskan bahwa hasil yang sangat sensitif terjadi pada perubahan parameter γ yang semakin besar. Dengan menambahkan jumlah kuantitas pemesanan awal, maka nilai sisa yang didapatkan semakin besar. Nilai sisa berperan sebagai biaya pendapatan suatu perusahaan dan total biaya persediaan berperan sebagai biaya pengeluaran suatu perusahaan, sehingga semakin besar nilai sisa yang diperoleh dari jumlah penjualan yang optimal untuk bahan baku yang memburuk dapat meminimumkan biaya total persediaan suatu perusahaan. Total biaya persediaan menjadi minimum sebesar Rp 29.292.806,5 dengan mengoptimalkan parameter γ sebesar 50%.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Model EOQ (*Economic Order Quantity*) pada pembahasan ini merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang terjadi pada perusahaan akibat penyusutan produk yang disebabkan adanya penyimpanan didalam gudang yang terlalu lama. Model EOQ yang digunakan merupakan modifikasi gabungan dari model EOQ dasar dan nilai sisa (penyusutan produk), sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan konstruksi model pada perubahan kuantitas yang dipengaruhi oleh tingkat kerusakan barang yang berdistribusi Weibull terhadap waktu diperoleh model matematika untuk menentukan *total cost* pada produksi kripik apel di UD. Bagus Agriseta Mandiri yang dipengaruhi oleh nilai sisa.
2. Data yang diperoleh dari UD. Bagus Agriseta Mandiri dapat diaplikasikan kedalam model ini karena kerusakan bahan baku pada saat penyimpanan setelah dilakukan uji sebaran data mengindikasikan bahwa data tersebut berdistribusi Weibull sehingga cocok diselesaikan dengan menggunakan metode EOQ yang telah dikembangkan.
3. Tingkat sensitivitas dipengaruhi oleh perubahan parameter α, β, dan γ. Hasil yang sangat sensitif terjadi pada perubahan parameter γ. Meningkatnya jumlah kuantitas pemesanan awal akan berpengaruh terhadap besarnya nilai sisa. Semakin optimal tingkat penjualan untuk bahan baku yang memburuk dapat meningkatkan perolehan nilai sisa karena nilai sisa berperan sebagai pendapatan perusahaan sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan suatu perusahaan. Biaya total persediaan akan menjadi minimum jika dilakukan pengoptimalan bahan baku yang memburuk dengan mengoptimalkan parameter γ sebesar 50%.

5.2 Saran

Pada skripsi ini dibahas model EOQ (*Economic Order Quantity*) dengan nilai sisa untuk kerusakan produk yang berdistribusi *Weibull*. Penulisan selanjutnya diharapkan pembaca untuk menyelesaikan masalah model EOQ dengan menggunakan distribusi kerusakan barang yang lainnya.

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

Azwar, S. 2001. *Metode Penelitian.* Pustaka Pelajar. Yogyakarta

Berrotoni, J. N. 1962. Practical Applications of Weibull Distribution. *ASQC Technical Conference Transactions,* pages 303-323

Covert, R. P. dan G. C. Philip. 1973. An EOQ Model for Items with Weibull Distribution Deterioration. *AIIE Transactions*, 5, pages 323-326. The University of Lowa

Ghare, P. M, dan G. F. Schrader. 1963. A Model for Exponentially Decaying Inventory. *Journal of Industrial Engineering,* XIV, No. 5, September – October, pages 238-243

Hillier, F. S. dan G. J. Lieberman. 1995. *Introduction to Operations Research. Sixth Edition.* Mc Graw-Hill International Editions. Singapore

Hines, W. W. and Montgomery, D. C. 1972. *Probability and Statistics in Engineering and Management Science*, John Wiley and Sons, Inc. New York

Horngren, C. T., G. L. Sundem, dan J. A. Elliot. 1998. *Pengantar Akutansi Keuangan*. Erlangga. Jakarta

Kusuma, Hendra. 2009. *Manajemen Produksi : Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. ANDI. Yogyakarta

Lawless, J. K. 1982. *Statistics Model and Methods for Lifetime Data*. John Willey and Sons, Inc. New York

Mishra, P. dan Nita H. Shah. 2008. Inventory Management of Time Dependent Deteriorating Items with Salvage Value. *Applied Mathematical Science*, Vol.2, No. 16, pages 793-798. India

Purcell, E. J. 1998. *Calculus with Analytic Geometry, Fourth Ed*. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Rangkuti, F. 2004. *Manajemen Persediaan Aplikasi Bisnis*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta

Ristono, A. 2009. *Manajemen Persediaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta

Stewart, J. 1998. *Kalkulus Edisi IV*. Erlangga. Jakarta

Usman, Husaini dan R. P. S. Akbar. 2006. *Pengantar Statistika Edisi Kedua*. PT. Bumi Aksara. Jakarta

Whitin, Thomas M. 1957. *Theory of Inventory Management*. Princeton University Press, pp. 62-72. New Jersey

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

LAMPIRAN

Lampiran 1.
Tabel Data Bahan Baku Apel

Tabel 1. Manajemen Persediaan Apel

MANAJEMEN PERSEDIAAN APEL/ BULAN JUNI 2012								
Hari / Waktu	Jumlah Pesan Awal/kg (Q)	Persediaan Bahan Baku/kg (Q)	Pemakain Bahan Baku / hari(kg)	Rusak/kg D(T)	Taksiran Biaya Nilai Sisa /kg (Rp)	Harga Apel/hari (Rp)	Biaya Kerusakan (Rp)	Nilai Sisa (Rp)
1	1200	1200	400	60	2000	5000	300000	120000
2	0	740	300	37	2500	5000	185000	92500
3	0	403	200	20	3000	5000	100000	60000
4	1000	1183	400	59	3500	4000	236000	206500
5	0	724	500	36	2000	4000	144000	72000
6	0	188	0	9	1500	4000	36000	13500
7	0	179	0	9	2000	4000	36000	18000
8	600	770	300	38	3000	4000	152000	114000
9	0	432	200	22	2000	3000	66000	44000
10	800	1010	500	50	1500	3000	150000	75000
11	0	460	400	23	2000	3000	69000	46000
12	400	437	400	22	3500	5000	110000	77000
13	0	15	0	1	1500	5000	5000	1500
14	0	14	0	1	2000	5000	5000	2000
15	1200	1213	400	61	3000	6000	366000	183000
16	0	752	300	38	2500	6000	228000	95000
17	0	414	350	21	2000	6000	126000	42000
18	900	943	300	47	2500	5000	235000	117500
19	0	596	400	30	3500	5000	150000	105000
20	0	166	0	8	1500	5000	40000	12000
21	0	158	0	8	2000	5000	40000	16000
22	600	750	300	38	3000	4000	152000	114000
23	0	412	200	21	2000	4000	84000	42000
24	1150	1341	500	67	2500	6000	402000	167500
25	0	774	400	39	3000	6000	234000	117000
26	0	335	200	17	2500	6000	102000	42500
27	0	118	0	6	2500	6000	36000	15000
28	0	112	0	6	1500	6000	36000	9000

Lampiran 2.
Perhitungan Data Penyusutan

Untuk menghitung data penyusutan, digunakan metode penyusutan garis lurus dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Nilai perolehan} - \text{Nilai sisa}}{\text{Umur pemakaian}}$$

Kemudian data kerusakan bahan baku apel perhari pada bulan Juni 2012 dari tabel Lampiran 1 disubstitusikan kedalam metode penyusutan garis lurus. Menurut hasil wawancara yang didapatkan, umur pemakaian maksimal dari bahan baku apel adalah 7 hari, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\text{Hari ke-1} = \frac{\text{Rp } 300.000 - \text{Rp } 120.000}{7} = 25.714$$

$$\text{Hari ke-2} = \frac{\text{Rp } 185.000 - \text{Rp } 92.500}{7} = 13.214$$

$$\text{Hari ke-3} = \frac{\text{Rp } 100.000 - \text{Rp } 60.000}{7} = 5.714$$

$$\text{Hari ke-4} = \frac{\text{Rp } 236.000 - \text{Rp } 206.500}{7} = 4.214$$

$$\text{Hari ke-5} = \frac{\text{Rp } 144.000 - \text{Rp } 72.000}{7} = 10.286$$

$$\text{Hari ke-6} = \frac{\text{Rp } 36.000 - \text{Rp } 13.500}{7} = 3.214$$

$$\text{Hari ke-7} = \frac{\text{Rp } 36.000 - \text{Rp } 18.000}{7} = 2.571$$

$$\text{Hari ke-8} = \frac{\text{Rp } 152.000 - \text{Rp } 114.000}{7} = 5.429$$

$$\text{Hari ke-9} = \frac{\text{Rp } 88.000 - \text{Rp } 44.000}{7} = 6.286$$

$$\text{Hari ke-10} = \frac{\text{Rp } 150.000 - \text{Rp } 75.000}{7} = 10.714$$

$$\text{Hari ke-11} = \frac{\text{Rp } 69.000 - \text{Rp } 46.000}{7} = 3.286$$

$$\text{Hari ke-12} = \frac{\text{Rp } 110.000 - \text{Rp } 77.000}{7} = 4.714$$

$$\text{Hari ke-13} = \frac{\text{Rp } 5.000 - \text{Rp } 1.500}{7} = 500$$

$$\text{Hari ke-14} = \frac{\text{Rp } 5.000 - \text{Rp } 2.000}{7} = 429$$

$$\text{Hari ke-15} = \frac{\text{Rp } 366.000 - \text{Rp } 183.000}{7} = 26.143$$

$$\text{Hari ke-16} = \frac{\text{Rp } 228.000 - \text{Rp } 95.000}{7} = 19.000$$

$$\text{Hari ke-17} = \frac{\text{Rp } 126.000 - \text{Rp } 42.000}{7} = 12.000$$

$$\text{Hari ke-18} = \frac{\text{Rp } 235.000 - \text{Rp } 117.500}{7} = 16.786$$

$$\text{Hari ke-19} = \frac{\text{Rp } 150.000 - \text{Rp } 105.000}{7} = 6.429$$

$$\text{Hari ke-20} = \frac{\text{Rp } 40.000 - \text{Rp } 12.000}{7} = 4.000$$

$$\text{Hari ke-21} = \frac{\text{Rp } 40.000 - \text{Rp } 16.000}{7} = 3.429$$

$$\text{Hari ke-22} = \frac{\text{Rp } 152.000 - \text{Rp } 114.000}{7} = 5.429$$

$$\text{Hari ke-23} = \frac{\text{Rp } 84.000 - \text{Rp } 42.000}{7} = 6.000$$

$$\text{Hari ke-24} = \frac{\text{Rp } 402.000 - \text{Rp } 167.500}{7} = 33.500$$

$$\text{Hari ke-25} = \frac{\text{Rp } 234.000 - \text{Rp } 117.000}{7} = 16.714$$

$$\text{Hari ke-26} = \frac{\text{Rp } 102.000 - \text{Rp } 42.500}{7} = 8.500$$

$$\text{Hari ke-27} = \frac{\text{Rp } 36.000 - \text{Rp } 15.000}{7} = 3.000$$

$$\text{Hari ke-28} = \frac{\text{Rp } 36.000 - \text{Rp } 9.000}{7} = 3.857$$

Untuk mendapatkan persen penyusutan, hasil biaya penyusutan dari masing-masing hari dibagi 35.000 sehingga diperoleh data dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. Data hasil penyusutan

Hari/ waktu	Biaya penyusutan (Rp)	Persen penyusutan
1	25.714	0,73
2	13.214	0,38
3	5.714	0,16
4	4.214	0,12
5	10.286	0,29
6	3.214	0,09
7	2.571	0,07
8	5.429	0,16
9	6.286	0,18
10	10.714	0,31
11	3.286	0,09
12	4.714	0,13
13	500	0,01
14	429	0,01
15	26.143	0,75
16	19.000	0,54
17	12.000	0,34
18	16.786	0,48
19	6.429	0,18
20	4.000	0,11
21	3.429	0,10
22	5.429	0,16
23	6.000	0,17
24	33.500	0,96
25	16.714	0,48
26	8.500	0,24
27	3.000	0,09
28	3.857	0,11

Lampiran 3.
Analisis Data

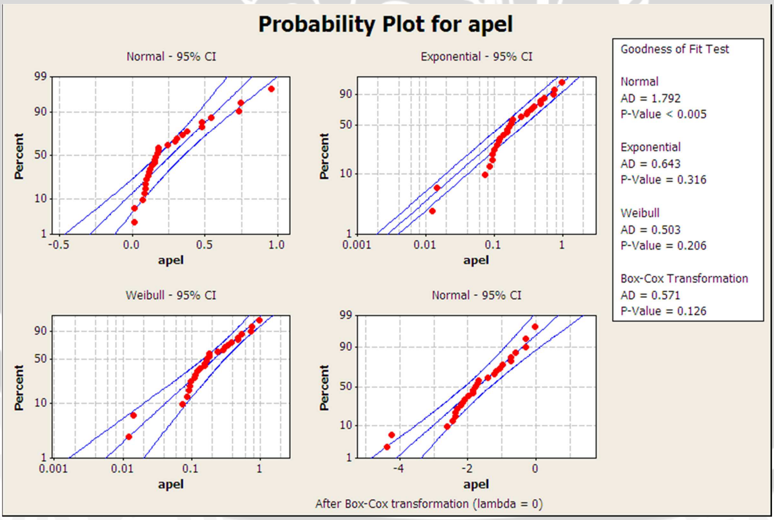
Untuk membuktikan bahwa data penyusutan yang digunakan berdistribusi *Weibull* maka seluruh data penyusutan diuji sebarannya dengan menggunakan bantuan *software minitab*. Langkah pertama setelah membuka program *minitab*, semua data penyusutan diketikkan kedalam *worksheet* seperti yang terlihat pada gambar berikut.

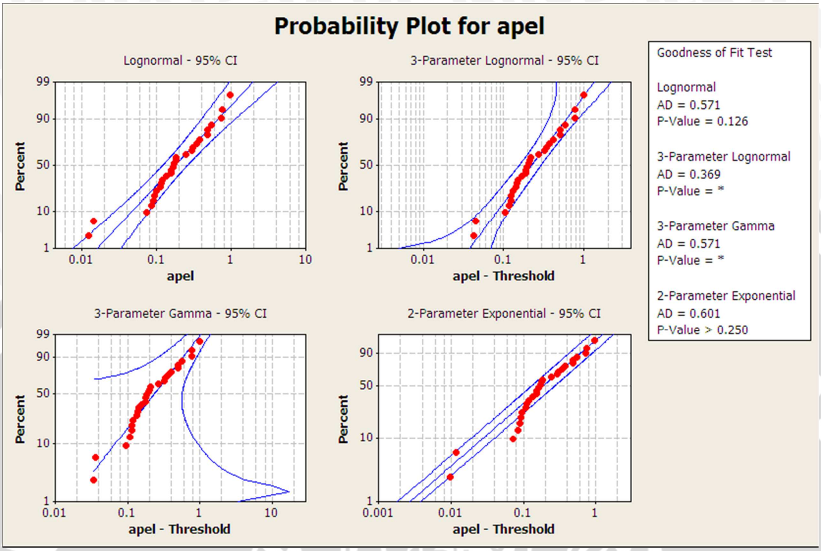
↓	C1	C2
	apel	
1	0.73	
2	0.38	
3	0.16	
4	0.12	
5	0.29	
6	0.09	
7	0.07	
8	0.16	
9	0.18	
10	0.31	
11	0.09	
12	0.13	
13	0.01	
14	0.01	
15	0.75	
16	0.54	
17	0.34	
18	0.48	
19	0.18	

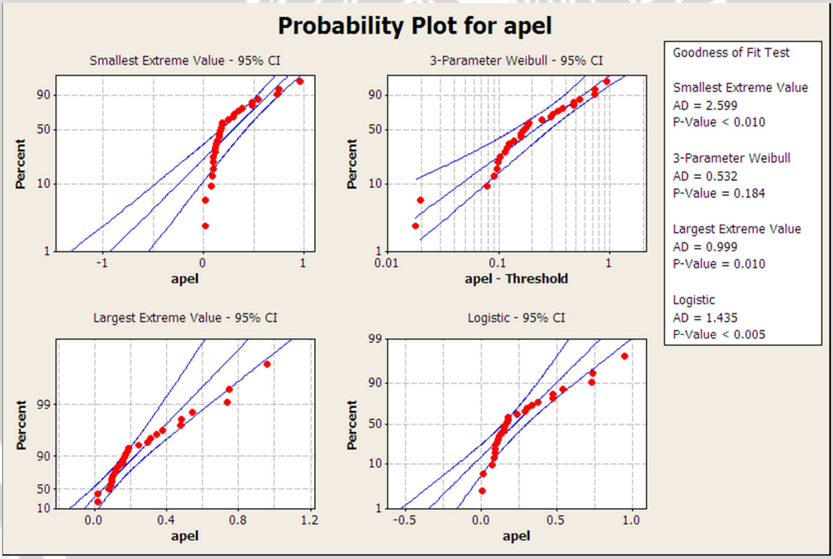
20	0.11
21	0.10
22	0.16
23	0.17
24	0.96
25	0.48
26	0.24
27	0.09
28	0.11

Gambar 1. *Output* data penyusutan di dalam *worksheet*

Langkah kedua menentukan distribusi yang cocok untuk data penyusutan yang digunakan. Distribusi dengan nilai *Anderson darling* (AD) terkecil dan *P-value* lebih besar dari nilai (memiliki nilai signifikan 0,05), maka distribusi tersebut yang paling cocok untuk data yang digunakan. Sehingga dari nilai tersebut akan memberikan kesimpulan bahwa data menerima H_0 (data mengikuti distribusi tertentu) atau menolak H_0 (data tidak mengikuti distribusi tertentu).

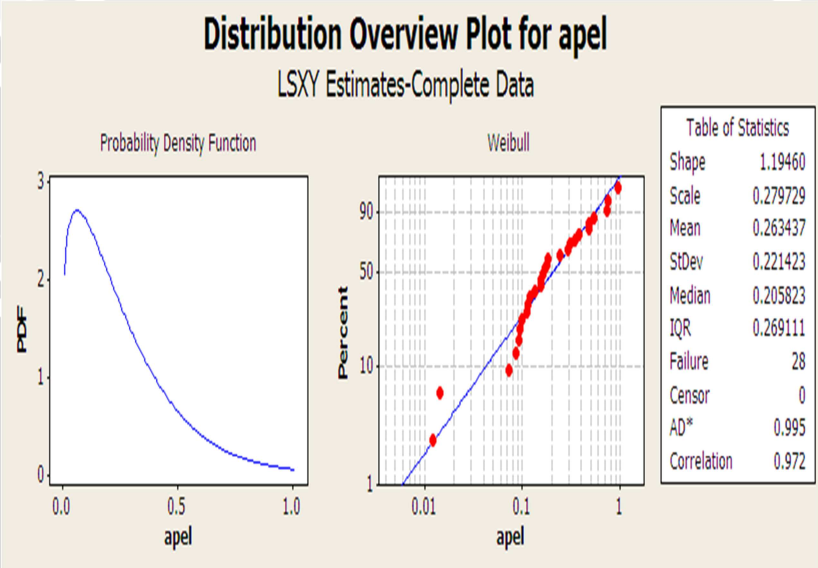






Gambar 2. Perbandingan distribusi

Pada gambar 2 dapat dijelaskan bahwa nilai *Anderson darling* terkecil dan *P-value* lebih besar dari dimiliki oleh distribusi *Weibull*. Sehingga distribusi *Weibull* merupakan distribusi yang cocok untuk data penyusutan yang digunakan. Langkah ketiga menentukan nilai parameter skala dan bentuk seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. *Output* parameter skala dan bentuk

Lampiran 4.
Perhitungan Parameter Nilai Sisa (γ)

Untuk mendapatkan parameter nilai sisa (γ), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\textit{Salvage Value } (SV) = \gamma C$$

maka

$$\gamma = \frac{SV}{C}$$

dimana, C = biaya pembelian bahan baku (Rp)

SV = taksiran nilai sisa (Rp)

sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma \text{ ke-1} = \frac{2.000}{5.000} = 0{,}4$$

$$\gamma \text{ ke-2} = \frac{2.500}{5.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-3} = \frac{3.000}{5.000} = 0{,}6$$

$$\gamma \text{ ke-4} = \frac{3.500}{4.000} = 0{,}88$$

$$\gamma \text{ ke-5} = \frac{2.000}{4.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-6} = \frac{1.500}{4.000} = 0{,}38$$

$$\gamma \text{ ke-7} = \frac{2.000}{4.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-8} = \frac{3.000}{4.000} = 0{,}75$$

$$\gamma \text{ ke-9} = \frac{2.000}{4.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-10} = \frac{1.500}{3.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-11} = \frac{2.000}{3.000} = 0{,}67$$

$$\gamma \text{ ke-12} = \frac{3.500}{5.000} = 0{,}7$$

$$\gamma \text{ ke-13} = \frac{1.500}{5.000} = 0{,}3$$

$$\gamma \text{ ke-14} = \frac{2.000}{5.000} = 0{,}4$$

$$\gamma \text{ ke-15} = \frac{3.000}{6.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-16} = \frac{2.500}{6.000} = 0{,}42$$

$$\gamma \text{ ke-17} = \frac{2.000}{6.000} = 0{,}33$$

$$\gamma \text{ ke-18} = \frac{2.500}{5.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-19} = \frac{3.500}{5.000} = 0{,}7$$

$$\gamma \text{ ke-20} = \frac{1.500}{5.000} = 0{,}3$$

$$\gamma \text{ ke-21} = \frac{2.000}{5.000} = 0{,}4$$

$$\gamma \text{ ke-22} = \frac{3.000}{4.000} = 0{,}75$$

$$\gamma \text{ ke-23} = \frac{2.000}{4.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-24} = \frac{2.500}{6.000} = 0{,}42$$

$$\gamma \text{ ke-25} = \frac{3.000}{6.000} = 0{,}5$$

$$\gamma \text{ ke-26} = \frac{2.500}{6.000} = 0,42$$

$$\gamma \text{ ke-27} = \frac{2.500}{6.000} = 0,42$$

$$\gamma \text{ ke-28} = \frac{1.500}{6.000} = 0,25$$

Dari hasil perhitungan diatas, akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Data hasil perhitungan parameter γ

Hari/ Waktu	γ
1	0,4
2	0,5
3	0,6
4	0,88
5	0,5
6	0,38
7	0,5
8	0,75
9	0,5
10	0,5
11	0,67
12	0,7
13	0,3
14	0,4
15	0,5
16	0,42
17	0,33
18	0,5
19	0,7
20	0,3
21	0,4
22	0,75
23	0,5
24	0,42
25	0,5
26	0,42
27	0,42
28	0,25

Dari tabel 3, seluruh parameter γ dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan banyaknya data untuk mendapatkan rata-rata parameter γ. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\gamma = \frac{\Sigma\gamma}{n}$$

$$= \frac{13{,}97}{28} = 0{,}5$$

Lampiran 5.
Perhitungan Parameter *R*

Parameter R merupakan jumlah permintaan apel untuk produksi. Untuk mendapatkan hasil rata-rata dari data permintaan produksi maka dari tabel 1, akan dijumlahkan data permintaan produksinya dan dibagi dengan banyaknya permintaan produksi dalam satu bulan. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$R = \frac{\Sigma R}{n}$$

$$= \frac{6.950}{20}$$

$$= 347{,}5$$

Lampiran 6.
Perhitungan Parameter C

Parameter C merupakan biaya pembelian bahan baku buah apel. Untuk mendapatkan hasil rata-rata dari biaya pembelian bahan baku apel maka data harga apel/hari dari tabel 1 dijumlahkan dan dibagi sesuai dengan pembelian yang dilakukan. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$C = \frac{\Sigma C}{n}$$

$$= \frac{5000+4000+4000+3000+5000+6000+5000+4000+6000}{9}$$

$$= \frac{42.000}{9}$$

$$= 4666{,}67$$

Lampiran 7.
Perhitungan Parameter h

Parameter h merupakan biaya penyimpanan. Sesuai dengan wawancara yang telah dilakukan pada UD. Bagus Agriseta, telah diketahui bahwa biaya penyimpanan sebesar Rp 20,-/minggu. Untuk mendapatkan biaya penyimpanan ini, maka jumlah pemesanan buah apel dalam seminggu dikalikan dengan Rp 20,- dan dibagi dengan 4 (banyaknya minggu dalam 1 bulan). Sehingga dari tabel 1 diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

$$h = \frac{\Sigma h}{n}$$

$$= \frac{(((1200+1000)x20)+((600+800+400)x20)+((1200+900)x20)+((600+1150)x20))}{4}$$

$$= \frac{157000}{4}$$

$$= 39.250$$

Lampiran 8.
Perhitungan Parameter A

Parameter A merupakan biaya pemesanan. Sesuai dengan wawancara yang telah dilakukan pada UD. Bagus Agriseta, telah diketahui bahwa biaya pemesanan sebesar Rp 5,-/kg per pemesanan. Untuk mendapatkan biaya pemesanan ini, maka setiap jumlah pemesanan awal dikalikan dengan Rp 5,-. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan banyaknya pemesanan yang dilakukan dalam satu bulan. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$A = \frac{\Sigma A}{n}$$

$$= \frac{\begin{pmatrix}(1200x5) + (1000x5) + (600x5) + (800x5) + (400x5) + (1200x5) \\ +(900x5) + (600x5) + (1150x5)\end{pmatrix}}{9}$$

$$= \frac{39.250}{9}$$

$$= 4361{,}1$$

Lampiran 9.
Perhitungan Turunan Pertama dan Turunan Kedua $K(T)$

Adapun perhitungan turunan pertama dan turunan kedua dari $K(T)$ akan diuraikan dengan menggunakan program *Maple* sebagai berikut:

> $restart;$

> $Q := R\cdot\left(T + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}\right);$

$$Q := R\left(T + \frac{\alpha\, T^{\beta+1}}{\beta+1}\right)$$

> $DT := \frac{R\cdot\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1};$

$$DT := \frac{R\,\alpha\, T^{\beta+1}}{\beta+1}$$

> $IT := R\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot T^2 + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1)\cdot(\text{beta}+2)}\right);$

$$IT := R\left(\frac{1}{2}\,T^2 + \frac{\alpha\, T^{\beta+2}}{(\beta+1)\,(\beta+2)}\right)$$

> $IHC := h\cdot R\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot T^2 + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1)\cdot(\text{beta}+2)}\right);$

$$IHC := h\,R\left(\frac{1}{2}\,T^2 + \frac{\alpha\, T^{\beta+2}}{(\beta+1)\,(\beta+2)}\right)$$

> $OC := \frac{A}{T};$

$$OC := \frac{A}{T}$$

> $CD := C\cdot DT;$

$$CD := \frac{C\,R\,\alpha\, T^{\beta+1}}{\beta+1}$$

> $SV := gamma1\cdot C\cdot DT;$

$$SV := \frac{\gamma l\, C\, R\, \alpha\, T^{\beta+1}}{\beta+1}$$

> $KT := IHC + OC + CD - SV;$

$$KT := h\,R\left(\frac{1}{2}\,T^2 + \frac{\alpha\,T^{\beta+2}}{(\beta+1)\,(\beta+2)}\right) + \frac{A}{T} + \frac{C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{\beta+1} - \frac{\gamma l\,C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{\beta+1}$$

> $turunan1 := diff(KT, T);$

$$turunan1 := h\,R\left(T + \frac{\alpha\,T^{\beta+2}}{T\,(\beta+1)}\right) - \frac{A}{T^2} + \frac{C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{T} - \frac{\gamma l\,C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{T}$$

> $turunan2 := diff(turunan1, T);$

$$turunan2 := h\,R\left(1 + \frac{\alpha\,T^{\beta+2}\,(\beta+2)}{T^2\,(\beta+1)} - \frac{\alpha\,T^{\beta+2}}{T^2\,(\beta+1)}\right) + \frac{2\,A}{T^3} + \frac{C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}\,(\beta+1)}{T^2} - \frac{C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{T^2} - \frac{\gamma l\,C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}\,(\beta+1)}{T^2} + \frac{\gamma l\,C\,R\,\alpha\,T^{\beta+1}}{T^2}$$

Setelah persamaan turunan kedua dari $K(T)$ didapatkan, kemudian disederhanakan dengan menggunakan perhitungan manual. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{d^2K}{dT^2} = hR\left[1 + \frac{\alpha T^{\beta+2}((\beta+2)-1)}{T^2(\beta+1)}\right] + \frac{2A}{T^3} + \frac{CR\alpha T^{\beta+1}\beta(1-\gamma)}{T^2}$$

Lampiran 10.1
Perhitungan Mencari *T*

T merupakan waktu dilakukannya pemesanan kembali. Nilai T dapat dicari dengan cara mensubstitusikan hasil dari perhitungan parameter R, C, h, A, α β, dan γ kedalam persamaan turunan pertama dari $K(T)$ dan diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Dari parameter-parameter yang telah diketahui sebelumnya, maka didapatkan nilai T sebagai berikut.

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; *gamma1* := 0.5; *R* := 347.5; *C* := 4666.67; *h* := 39250; *A* := 4361.1;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$R := 347.5$$
$$C := 4666.67$$
$$h := 39250$$
$$A := 4361.1$$

> $sistem := h \cdot R \cdot T + \frac{h \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{T \cdot (\text{beta}+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T} - \frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T};$

$$sistem := 1.36393750\ 10^{7}\ T + 1.743847032\ 10^{6}\ T^{2.19} - \frac{4361.1}{T^2} + 2.270334955\ 10^{5}\ T^{1.19}$$

> $simplify(sistem);$

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0005000000000\left(2.727875000\,10^{10}\,T^3 + 3.487694064\,10^9\,T^{\frac{419}{100}} - 8.722200\,10^6 + 4.54066991\,10^8\,T^{\frac{319}{100}}\right)\right)$$

> $solve(sistem, T);$

$$0.06803755443, -0.03399441744 + 0.05919926642\,I, -5.047782837 + 2.707908555\,I, -5.047782837 - 2.707908555\,I, -0.03399441744 - 0.05919926642\,I$$

Menggunakan *Maple* didapatkan nilai T positif sebesar 0,06803755443 dan dikalikan dengan satu siklus data pabrik yang telah diberikan (28 hari) sehingga didapatkan nilai T hari sebesar 1,904. Nilai T disubstitusikan kedalam persamaan turunan kedua dari $K(T)$ lebih dari nol untuk membuktikan bahwa nilai $K(T)$ adalah minimum. Bukti untuk $K(T)$ minimum adalah sebagai berikut.

> *restart*;

>

```
h := 39250;
R := 347.5;
alpha := 0.28;
beta := 1.19;
T := 1.904;
A := 4361.1;
C := 4666.67;
gamma1 := 0.5;
```

$$h := 39250$$

$$R := 347.5$$

$$\alpha := 0.28$$

$$\beta := 1.19$$

$$T := 1.904$$

$$A := 4361.1$$

$$C := 4666.67$$

$$\gamma 1 := 0.5$$

>

$$KT2 := h \cdot R \cdot \left(1 + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2} \cdot ((\text{beta}+2)-1)}{T^2 \cdot (\text{beta}+1)}\right) + \frac{2 \cdot A}{T^3} + \frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1} \cdot \text{beta} \cdot (1 - gamma1)}{T^2};$$

$$KT2 := 2.216378286\,10^7$$

Didapatkan nilai turunan kedua $K(T)$ sebesar Rp 22.163.782,86 menunjukkan bahwa $\frac{d^2K}{dT^2} > 0$ maka $K(T)$ minimum.

Lampiran 10.2
Perhitungan Mencari *Q*

Q merupakan kuantitas pemesanan awal dari bahan baku. *Q* dapat diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Dari parameter-parameter yang telah diketahui sebelumnya, maka didapatkan hasil *Q* sebagai berikut.

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; R := 347.5; T := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$

$$\beta := 1.19$$

$$R := 347.5$$

$$T := 1.904$$

> $Q := R \cdot \left(T + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$$Q := 843.6684758$$

Lampiran 10.3
Perhitungan Mencari $D(T)$

$D(T)$ merupakan jumlah kerusakan bahan baku. $D(T)$ dapat diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Dari parameter-parameter yang telah diketahui sebelumnya, maka didapatkan hasil $D(T)$ sebagai berikut.

> $restart;$

> alpha := 0.28; beta := 1.19; R := 347.5; T := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$R := 347.5$$
$$T := 1.904$$

> $DT := \dfrac{R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{\mathrm{beta}+1};$

$$DT := 182.0284759$$

Lampiran 10.4
Perhitungan Mencari IHC

IHC merupakan biaya penyimpanan persediaan per satuan waktu. Dari parameter-parameter yang telah diketahui sebelumnya, IHC dapat diselesaikan dengan program *Maple* 14. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; R := 347.5; h := 39250; T := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$R := 347.5$$
$$h := 39250$$
$$T := 1.904$$

> $IHC := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1) \cdot (\text{beta}+2)} \right);$

$$IHC := 2.898721393\ 10^{7}$$

Lampiran 10.5
Perhitungan Mencari OC

OC merupakan biaya pesan per pemesanan. OC dapat diselesaikan menggunakan program *Maple* 14. Sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

> $restart;$

> $A := 4361.1;\ \ T := 1.904;$

$$A := 4361.1$$
$$T := 1.904$$

> $OC := \frac{A}{T};$

$$OC := 2290.493697$$

Lampiran 10.6
Perhitungan Mencari CD

CD merupakan biaya kerusakan barang per satuan waktu. Berikut hasil perhitungan CD dengan program *Maple* 14.

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; R := 347.5; C := 4666.67; T := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$R := 347.5$$
$$C := 4666.67$$
$$T := 1.904$$

> $CD := \dfrac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}$;

$$CD := 8.494668279\,10^{5}$$

Lampiran 10.7
Perhitungan Mencari *SV*

SV merupakan nilai sisa kerusakan barang per satuan waktu. Berikut hasil perhitungan *SV* dengan menggunakan program *Maple* 14.

> $restart;$

> alpha := 0.28; beta := 1.19; gamma1 := 0.5; R := 347.5; C := 4666.67; T := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$R := 347.5$$
$$C := 4666.67$$
$$T := 1.904$$

> $SV := \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$$SV := 4.247334139\ 10^{5}$$

Lampiran 10.8
Perhitungan Mencari $K(T)$

$K(T)$ merupakan total biaya persediaan. Berikut hasil perhitungan $K(T)$ dengan menggunakan program *Maple* 14.

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; *gamma1* := 0.5; *R* := 347.5; *C* := 4666.67; *h* := 39250; *A* := 4361.1; *T* := 1.904;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$R := 347.5$$
$$C := 4666.67$$
$$h := 39250$$
$$A := 4361.1$$
$$T := 1.904$$

> $KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1)\cdot(\text{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$$KT := 2.941423784\ 10^7$$

Lampiran 11.
Analisis Sensitivitas terhadap α

Adapun perubahan persentase parameter α yang digunakan untuk analisis sensitivitas sebesar -50%, -25%, +25%, dan +50%. Analisis sensitivitas dapat diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Untuk α= 0,14

```
> restart;
> alpha := 0.14; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; gamma1 := 0.5;
```

$$\alpha := 0.14$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$

$$> sistem := h\cdot R\cdot T + \frac{h\cdot R\cdot \text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+2}}{T\cdot(\text{beta}+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C\cdot R\cdot \text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{T} - \frac{gamma1\cdot C\cdot R\cdot \text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{T};$$

$$sistem := 1.36393750\,10^{7}\,T + 8.719235160\,10^{5}\,T^{2.19} - \frac{4361.1}{T^2} + 1.135167477\,10^{5}\,T^{1.19}$$

> $simplify(sistem);$

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0001000000000\left(1.363937500\,10^{11}\,T^3 + 8.719235160\,10^{9}\,T^{\frac{419}{100}} - 4.3611000\,10^{7} + 1.135167477\,10^{9}\,T^{\frac{319}{100}}\right)\right)$$

> $solve(sistem, T);$

0.06820805943, −0.03409225143 + 0.05920965766 I, −8.951186250 + 4.848548380 I, −8.951186250 − 4.848548380 I, −0.03409225143 − 0.05920965766 I

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06820805943. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0682\text{x}28 = 1{,}909$$

maka,

> $restart;$

> alpha := 0.14; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; $gamma1$:= 0.5; T := 1.909;

$$\alpha := 0.14$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$T := 1.909$$

> $Q := R\cdot\left(T + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}\right);$

$$Q := 754.9159834$$

> $DT := \frac{R\cdot\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1};$

$DT := 91.53848342$

> $KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1)\cdot(\text{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$KT := 2.721883182\ 10^7$

Untuk α= 0,42

> *restart*;

> alpha := 0.42; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; *gamma1* := 0.5;

$\alpha := 0.42$

$\beta := 1.19$

$h := 39250$

$R := 347.5$

$A := 4361.1$

$C := 4666.67$

$\gamma 1 := 0.5$

> $sistem := h \cdot R \cdot T + \frac{h \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{T \cdot (\text{beta}+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T} - \frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T};$

$sistem := 1.36393750\ 10^7\ T + 2.615770548\ 10^6\ T^{2.19} - \frac{4361.1}{T^2} + 3.405502433\ 10^5\ T^{1.19}$

> *simplify*(*sistem*);

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0001000000000\left(1.363937500\,10^{11}\,T^3 + 2.615770548\,10^{10}\,T^{\frac{419}{100}} - 4.3611000\,10^7 + 3.405502433\,10^9\,T^{\frac{319}{100}}\right)\right)$$

> *solve*(*sistem*, *T*);

0.06786918280, −0.03389687908 + 0.05918829834 I, −3.621968414 + 1.925934968 I, −3.621968414 − 1.925934968 I, −0.03389687908 − 0.05918829834 I

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06786918280. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0678\text{x}28 = 1{,}898$$

maka,

> *restart*;

> alpha := 0.42; beta := 1.19; *h* := 39250; *R* := 347.5; *A* := 4361.1; *C* := 4666.67; *gamma1* := 0.5; *T* := 1.898;

$$\alpha := 0.42$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$T := 1.898$$

> $Q := R\cdot\left(T + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}\right);$

$$Q := 930.7169075$$

> $DT := \frac{R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{\mathrm{beta}+1};$

$$DT := 271.1619074$$

> $KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+2}}{(\mathrm{beta}+1) \cdot (\mathrm{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{\mathrm{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{\mathrm{beta}+1} \right);$

$$KT := 3.153475941\ 10^7$$

Lampiran 12.
Analisis Sensitivitas terhadap β

Adapun perubahan persentase parameter β yang digunakan untuk analisis sensitivitas sebesar -50%, -25%, +25%, dan +50%. Analisis sensitivitas dapat diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Untuk β= 0,6

```
> restart;
> alpha := 0.28; beta := 0.6; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; gamma1 := 0.5;
```

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 0.6$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$

$$> \ sistem := h \cdot R \cdot T + \frac{h \cdot R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+2}}{T \cdot (\mathrm{beta}+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C \cdot R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{T} - \frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \mathrm{alpha} \cdot T^{\mathrm{beta}+1}}{T};$$

$$sistem := 1.36393750\, 10^{7}\, T + 2.386890625\, 10^{6}\, T^{1.6} - \frac{4361.1}{T^2} + 2.270334955\, 10^{5}\, T^{0.6}$$

```
> simplify(sistem);
```

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0005000000000\left(2.727875000\, 10^{10}\, T^{3} + 4.773781250\, 10^{9}\, T^{18/5} - 8.722200\, 10^{6} + 4.54066991\, 10^{8}\, T^{13/5}\right)\right)$$

> $solve(sistem, T)$;

$$0.06657418139, -0.03377224836 + 0.05834935434\,I, -0.03377224836 - 0.05834935434\,I$$

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06657418139. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0665\text{x}28 = 1{,}862$$

maka,

> $restart$;

> alpha := 0.28; beta := 0.6; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; $gamma1$:= 0.5; T := 1.862;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 0.6$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$
$$T := 1.862$$

> $Q := R \cdot \left(T + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right)$;

$$Q := 811.4671565$$

> $DT := \frac{R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}$;

$$DT := 164.4221566$$

> $KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1)\cdot(\text{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right)$;

$$KT := 2.865189950\,10^{7}$$

Untuk β= 1,8

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.8; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; $gamma1$:= 0.5;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.8$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.5$$

> $sistem := h \cdot R \cdot T + \frac{h \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{T \cdot (\text{beta}+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T} - \frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T};$

$$sistem := 1.36393750\,10^7\,T + 1.363937500\,10^6\,T^{2.8} - \frac{4361.1}{T^2} + 2.270334955\,10^5\,T^{1.8}$$

> *simplify*(*sistem*);

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0005000000000\left(2.727875000\,10^{10}\,T^3 + 2.727875000\,10^9\,T^{24/5} - 8.722200\,10^6 + 4.54066991\,10^8\,T^{19/5}\right)\right)$$

> *solve*(*sistem*, T);

0.06831833363, −0.7166899429 + 3.538273631 I, −0.03417107190 + 0.05925296804 I, −0.03417107190 − 0.05925296804 I, −0.7166899429 − 3.538273631 I

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06831833363. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0683\text{x}28 = 1{,}912$$

maka,

> $Q := R \cdot \left(T + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$$Q := 877.7838776$$

> $DT := \frac{R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1};$

$$DT := 213.3638774$$

> $KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1) \cdot (\text{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$

$$KT := 2.964487397\,10^7$$

Lampiran 13.
Analisis Sensitivitas terhadap γ

Adapun perubahan persentase parameter γ yang digunakan untuk analisis sensitivitas sebesar -50%, -25%, +25%, dan +50%. Analisis sensitivitas dapat diselesaikan dengan menggunakan program *Maple* 14. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Untuk γ= 0,3

\> *restart*;

\> alpha := 0.28; beta := 1.19; *h* := 39250; *R* := 347.5; *A* := 4361.1; *C* := 4666.67; *gamma1* := 0.3;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.3$$

\> $sistem := h \cdot R \cdot T + \dfrac{h \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{T \cdot (\text{beta}+1)} - \dfrac{A}{T^2} + \dfrac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T} - \dfrac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{T}$;

$$sistem := 1.36393750\,10^7\, T + 1.743847032\,10^6\, T^{2.19} - \frac{4361.1}{T^2} + 3.178468937\,10^5\, T^{1.19}$$

> $simplify(sistem);$

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0001000000000\left(1.363937500\,10^{11}\,T^3 + 1.743847032\,10^{10}\,T^{\frac{419}{100}} - 4.3611000\,10^{7} + 3.178468937\,10^{9}\,T^{\frac{319}{100}}\right)\right)$$

> $solve(sistem, T);$

$0.06794878657, -0.03392311815 + 0.05914374052\,I, -5.091712522 + 2.707818597\,I, -5.091712522 - 2.707818597\,I, -0.03392311815 - 0.05914374052\,I$

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06794878657. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0679\text{x}28 = 1{,}902$$

maka,

> $restart;$

> alpha := 0.28; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; $gamma1$:= 0.3; T := 1.902;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.3$$
$$T := 1.902$$

> $Q := R\cdot\left(T + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}\right);$

$$Q := 842.5549958$$

> $DT := \frac{R\cdot\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1};$

$$DT := 181.6099957$$

> $$KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{alpha \cdot T^{beta+2}}{(beta+1) \cdot (beta+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot alpha \cdot T^{beta+1}}{beta+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot alpha \cdot T^{beta+1}}{beta+1} \right);$$

$$KT := 2.951658230\ 10^7$$

Untuk $\gamma = 0{,}8$

> *restart*;

> alpha := 0.28; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; *gamma1* := 0.8;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma 1 := 0.8$$

> $$sistem := h \cdot R \cdot T + \frac{h \cdot R \cdot alpha \cdot T^{beta+2}}{T \cdot (beta+1)} - \frac{A}{T^2} + \frac{C \cdot R \cdot alpha \cdot T^{beta+1}}{T} - \frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot alpha \cdot T^{beta+1}}{T};$$

$$sistem := 1.36393750\ 10^7\ T + 1.743847032\ 10^6\ T^{2.19} - \frac{4361.1}{T^2} + 90813.3982\ T^{1.19}$$

> $simplify(sistem);$

$$\frac{1}{T^2}\left(0.0002000000000\left(6.819687500\,10^{10}\,T^3 + 8.719235160\,10^{9}\,T^{\frac{419}{100}} - 2.1805500\,10^{7} + 4.54066991\,10^{8}\,T^{\frac{319}{100}}\right)\right)$$

> $solve(sistem, T);$

0.06817166217, −0.03410232040 + 0.05928282168 I, −4.981992615 + 2.707988168 I, −4.981992615 − 2.707988168 I, −0.03410232040 − 0.05928282168 I

Sehingga didapatkan nilai T positif sebesar 0,06817166217. Untuk mendapatkan T optimal dalam hari, maka nilai T positif dikalikan dengan 28 hari (banyaknya hari efektif).

$$T = 0{,}0681\text{x}28 = 1{,}908$$

maka,

> $restart;$

> alpha := 0.28; beta := 1.19; h := 39250; R := 347.5; A := 4361.1; C := 4666.67; $gamma1$:= 0.8; T := 1.908;

$$\alpha := 0.28$$
$$\beta := 1.19$$
$$h := 39250$$
$$R := 347.5$$
$$A := 4361.1$$
$$C := 4666.67$$
$$\gamma l := 0.8$$
$$T := 1.908$$

> $Q := R\cdot\left(T + \frac{\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1}\right);$

$$Q := 845.8970069$$

> $DT := \frac{R\cdot\text{alpha}\cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1};$

$$DT := 182.8670069$$

$$> KT := h \cdot R \cdot \left(\frac{T^2}{2} + \frac{\text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+2}}{(\text{beta}+1) \cdot (\text{beta}+2)} \right) + \frac{A}{T} + \left(\frac{C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right) - \left(\frac{gamma1 \cdot C \cdot R \cdot \text{alpha} \cdot T^{\text{beta}+1}}{\text{beta}+1} \right);$$

$$KT := 2.929280647\,10^{7}$$

Lampiran 14.
Surat Bukti Pengambilan Data

Bagus Agriseta Mandiri

PUSAT PRODUKSI OLEH – OLEH KHAS KOTA WISATA BATU

Jl. Kopral kasdi 2 Bumiaji – Kota Batu Telp. (0341) 599659 Hp. 081333151976

Email: huda_bagus@yahoo.co.id

Nomor : 0186 / BAM / VII / 2013

Menerangkan dengan sebenar – benarnya bahwa nama yang tertera dibawah ini telah menyelesaikan penelitian dan pengambilan data di BAGUS AGRISETA MANDIRI KOTA BATU. Adapun pelaksanaannya dilaksanakan pada bulan Februari 2013.

Nama : **Ajeng Pambuko A.**

NIM : **0810943027**

Fakultas : **MIPA**

Universitas : Brawijaya Malang

Judul Skripsi : " ***Model EOQ dengan kerusakan produk yang berdistribusi weibull (Studi kasus di UD.Bagus Agriseta Mandiri-Batu)***"

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Batu, 13 Juli 2013

Pimpinan DU / DI

PUSAT OLEH - OLEH BATU
BAGUS
AGRISETA - BATU - JATIM

Luluk Maulidah, S.Pd