

Model Persediaan dengan Mempertimbangkan Nilai Uang dan Laju Kerusakan Barang

Fransiskus X Lara Aba¹, Marsiana Luciana Sitanggang²

Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Indonesia

Coressponding author: fransiskus.lara@atmajaya.ac.id*

Abstrak

Kerusakan barang adalah masalah yang sering kali menghambat kelancaran operasional. Kerusakan ini dapat terjadi pada berbagai tahap dalam proses produksi, dan jika tidak dikelola dengan baik, dapat menyebabkan kerugian finansial yang signifikan bagi perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model persediaan yang mempertimbangkan nilai uang dan laju kerusakan barang, dengan harapan dapat meminimalkan total biaya persediaan dan memaksimalkan keuntungan perusahaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model persediaan yang mempertimbangkan laju kerusakan barang menggunakan distribusi Weibull. Data dikumpulkan melalui studi literatur, wawancara dengan manajer logistik, dan analisis data historis dari lima perusahaan di sektor makanan dan minuman. Hasil analisis menunjukkan bahwa model dengan laju kerusakan Weibull lebih efektif digunakan jika persentase barang yang rusak kecil, karena dapat menghasilkan keuntungan yang lebih besar. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa kesalahan dalam menentukan besarnya investasi dalam persediaan dapat menekan keuntungan perusahaan, sementara persediaan yang terlalu kecil dapat menyebabkan kemacetan dalam produksi. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif dalam pengelolaan persediaan, serta membantu perusahaan dalam menghadapi tantangan kerusakan barang. Dengan mengoptimalkan jumlah persediaan dan waktu pemesanan, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan profitabilitas.

Kata kunci: model persediaan, laju kerusakan barang, nilai uang

Abstract

Damage to goods is an issue that often hampers smooth operations. This damage can occur at various stages in the production process, and if not managed properly, can cause significant financial losses for the company. This study aims to develop an inventory model that considers the value for money and the rate of damage to goods, in the hope of minimizing the total cost of inventory and maximizing company profits. This study uses a quantitative approach with an inventory model that considers the rate of goods damage using Weibull distribution. Data was collected through literature studies, interviews with logistics managers, and historical data analysis from five companies in the food and beverage sector. The results of the analysis show that the model with Weibull damage rate is more effective if the percentage of damaged goods is small, because it can generate greater profits. In addition, this study found that errors in determining the amount of investment in inventory can reduce company profits, while too small an inventory can cause bottlenecks in production. The model developed in this study can provide a more comprehensive solution in inventory management, as well as help companies face the challenges of damaged goods. By optimizing inventory levels and ordering times, companies can increase operational efficiency and profitability.

Keywords: inventory model, item breakage rate, value for money

PENDAHULUAN

Dalam dunia produksi, perusahaan sering dihadapkan pada berbagai tantangan yang dapat menghambat kelancaran operasional. Salah satu masalah yang paling umum dan signifikan adalah kerusakan barang (Azzahra & Chumaida, 2023; Putri & Subhan, 2023; Somadi et al., 2020). Kerusakan pada barang dapat terjadi pada berbagai tahap dalam proses produksi, mulai dari penyimpanan, pengangkutan, hingga saat digunakan dalam produksi. Kerusakan ini tidak hanya menyebabkan kerugian finansial yang signifikan, tetapi juga dapat mengganggu alur produksi yang telah direncanakan (Kalalo & Wahongan, 2021; Walukow, 2020). Ketika barang yang telah diproduksi mengalami kerusakan, perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk mengganti barang tersebut, yang pada akhirnya berdampak pada profitabilitas dan daya saing perusahaan di pasar. Kerusakan barang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kualitas bahan baku yang buruk, kondisi penyimpanan yang tidak memadai, kesalahan dalam proses produksi, dan faktor eksternal seperti cuaca. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk memiliki strategi yang efektif dalam mengelola persediaan agar dapat meminimalkan kerugian akibat kerusakan barang. Hal ini menjadi semakin penting dalam konteks globalisasi dan persaingan yang semakin ketat, di mana setiap perusahaan dituntut untuk beroperasi dengan efisiensi yang tinggi.

Penelitian ini akan fokus pada pengembangan model persediaan yang mempertimbangkan laju kerusakan barang serta nilai uang. Dengan mempertimbangkan kedua faktor ini, diharapkan model yang dihasilkan dapat memberikan solusi yang lebih akurat dan relevan bagi perusahaan dalam mengelola persediaan. Penelitian ini juga akan berusaha untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penting, seperti berapa banyak persediaan yang harus disimpan untuk meminimalkan kerugian akibat kerusakan, dan bagaimana perusahaan dapat mengoptimalkan investasi mereka dalam persediaan.

Menurut Widiyanto dalam penelitiannya mengembangkan model persediaan pembeli-pemasok yang mempertimbangkan produk cacat dan kesalahan inspeksi. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan memperhitungkan cacat produk dalam model persediaan, perusahaan dapat mengurangi risiko kerugian dan meningkatkan efisiensi operasional (Nainggolan, 2019; Sejati et al., 2016). Selanjutnya, Manurung et al. melakukan penelitian mengenai pengembangan model *Economic Production Quantity* (EPQ) dengan variasi biaya setup dan biaya penyimpanan serta pengiriman diskrit. Penelitian ini menekankan pentingnya mempertimbangkan biaya yang terkait dengan pengelolaan persediaan untuk mencapai efisiensi yang lebih baik (Castellano & Glock, 2024; Nobil et al., 2023). Selain itu, Rusadi & DATA membahas kendali optimal sistem perawatan produk dengan mempertimbangkan kerusakan produk, pajak emisi, investasi R&D pada teknologi polusi, dan tingkat diskon (Fitriyani & Anwar, 2022; Safitri et al., 2019; Sumahir et al., 2022). Penelitian ini memberikan wawasan mengenai bagaimana perusahaan harus memperhatikan berbagai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi pengelolaan persediaan dan kerusakan produk. Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun telah ada beberapa model yang mengkaji aspek-aspek

tertentu dari pengelolaan persediaan, masih ada ruang untuk meningkatkan pemahaman tentang bagaimana kerusakan barang dan nilai uang saling berinteraksi dalam konteks pengelolaan persediaan.

Novelty dari penelitian ini terletak pada pengembangan model persediaan yang mempertimbangkan laju kerusakan barang dengan pendekatan distribusi Weibull, serta pengaruh nilai uang dalam pengelolaan persediaan. Pendekatan distribusi Weibull dipilih karena dapat menggambarkan fenomena kerusakan yang tidak konstan dan lebih realistis dalam konteks produksi yang sesungguhnya. Selain itu, dengan mempertimbangkan nilai uang, penelitian ini berupaya untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana perubahan dalam nilai uang dapat mempengaruhi keputusan pengelolaan persediaan. Model yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif dan aplikatif bagi perusahaan dalam menghadapi tantangan kerusakan barang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teori dalam manajemen persediaan, tetapi juga memberikan implikasi praktis bagi industri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model persediaan yang dapat meminimalkan total biaya dan memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan memperhitungkan kerusakan barang dan nilai uang. Untuk mencapai tujuan ini, penelitian ini akan melakukan analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan barang dan bagaimana hal tersebut dapat diintegrasikan ke dalam model persediaan yang ada. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi peningkatan efisiensi dalam pengelolaan persediaan, pengurangan biaya yang terkait dengan kerusakan barang, dan peningkatan profitabilitas perusahaan. Dengan model yang lebih baik, perusahaan diharapkan dapat membuat keputusan yang lebih tepat mengenai jumlah persediaan yang harus disimpan, waktu pemesanan yang optimal, dan strategi pengelolaan persediaan lainnya.

Literatur Review

Menurut C. Rollin Niswonger, Philip E. Fess, dan Carl. S. Warren, persediaan (inventoris) digunakan untuk mengartikan barang dagang yang disimpan untuk dijual dalam operasi normal perusahaan dan bahan yang terdapat dalam proses produksi yang disimpan untuk tujuan itu. Menurut Rusdiana persediaan adalah sejumlah komoditas untuk memenuhi kebutuhan pada masa yang akan datang. Oleh karena itu, setiap perusahaan pasti memiliki persediaan, hanya volumenya yang berbeda. Karena setiap item tadi memiliki nilai (biaya yang sudah dikeluarkan untuk mendapatkannya), nilai persediaan dapat dihitung. Idealnya nilai persediaan ini dapat dikelola dengan tepat agar tidak membebani perusahaan tanpa mengurangi *service level* kepada pelanggan. Persediaan meliputi semua barang yang dimiliki perusahaan pada saat tertentu, dengan tujuan untuk dijual kembali atau dikonsumsi dalam siklus operasi normal perusahaan sebagai barang yang dimiliki untuk dijual atau diasumsikan untuk dimasa yang akan datang, semua barang yang berwujud dapat disebut sebagai persediaan/*inventory*, tergantung dari sifat dan jenis usaha perusahaan.

Diantara pengertian diatas maka *inventory* dapat diklasifikasikan yang ditentukan oleh perusahaan, apabila jenis perusahaan yang membeli barang akan dijual lagi, maka klasifikasi hanya ada satu macam saja persediaan barang dagangan. Sedangkan bila jenis perusahaan adalah pabrikasi yaitu perusahaan yang mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi, maka klasifikasi *inventory* dibagi menjadi 3 kelompok yaitu : (i). Barang mentah (*raw material*); (ii). Barang setengah jadi (*work in process*); (iii). Barang jadi (*finished goods*).

1. Jenis-jenis Persediaan

Berdasarkan fungsinya, persediaan dikelompokkan menjadi : (i). *Lot-size-inventory*, yaitu persediaan yang diadakan dalam jumlah yang lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan pada saat itu. Cara ini dilakukan dengan tujuan memperoleh potongan harga karena pembelian dalam jumlah yang besar dan memperoleh biaya pengangkutan per unit yang rendah; (ii). *Fluctuation stock*, merupakan persediaan yang diadakan untuk menghadapi permintaan yang tidak bisa diramalkan sebelumnya, serta untuk mengatasi berbagai kondisi tidak terduga, seperti terjadi kesalahan peramalan dalam penjualan, kesalahan waktu produksi dan kesalahan pengiriman; (iii). *Anticipation stock*, yaitu persediaan yang diadakan untuk menghadapi permintaan fluktuasi yang dapat diramalkan, seperti mengantisipasi pengaruh musim, yaitu ketika permintaan tinggi perusahaan tidak mampu menghasilkan sebanyak jumlah yang dibutuhkan. Disamping itu juga persediaan ini ditujukan untuk mengantisipasi kemungkinan sulitnya memperoleh bahan, sehingga tidak mengganggu operasi perusahaan.

2. Fungsi persediaan

Inventory dapat memiliki berbagai fungsi penting yang menambah fleksibilitas dari operasi suatu perusahaan. Ada enam penggunaan persediaan, yaitu: (i). Untuk memberikan suatu stok barang-barang agar dapat memenuhi permintaan yang timbul dari konsumen; (ii). Untuk menyesuaikan produksi dengan distribusi. Misalnya, bila permintaan produknya tinggi hanya pada musim panas, suatu perusahaan dapat membentuk stok selama musim dingin, sehingga biaya kekurangan stok dan kehabisan stok dapat dihindari. Demikian pula, bila pasokan suatu perusahaan berfluktuasi, persediaan bahan baku ekstra mungkin diperlukan untuk "menyesuaikan" proses produksinya; (iii). Untuk mengambil keuntungan dari potongan jumlah, karena pembelian dalam jumlah besar dapat secara substansial menurunkan biaya produk; (iv). Untuk melakukan hedging terhadap inflasi dan perubahan harga; (v). Untuk menghindari dari kekurangan stok yang dapat terjadi karena cuaca, kekurangan pasokan, masalah mutu, atau pengiriman yang tidak tepat. Stok pengaman misalnya, barang di tangan ekstra, dapat mengurangi risiko kehabisan stok; (vi). Untuk menjaga agar operasi dapat berlangsung dengan baik dengan menggunakan barang-dalam-proses" dalam persediaannya. Hal ini karena perlu waktu untuk memproduksi barang dan karena sepanjang berlangsungnya proses, terkumpul persediaan-persediaan.

3. Biaya Persediaan

Tanpa adanya persediaan, pengusaha selalu dihadapkan pada resiko bahwa perusahaan pada suatu waktu tidak dapat memenuhi keinginan konsumen. Hal ini dilakukan agar suatu perusahaan mampu bertahan dan bersaing dalam kondisi sesulit apapun. Kemajuan atau keberhasilan suatu industri salah satunya dipengaruhi oleh pengendalian inventory, pengendalian persediaan diharapkan dapat meningkatkan keuntungan sehingga meminimumkan biaya yang ditimbulkan (Kusuma Ningrat & Gunawan, 2023; Lahu et al., 2017; Oktavia & Natalia, 2021).

Adapun jenis biaya persediaan yang umum adalah: (i). Biaya pemesanan adalah semua biaya yang dikeluarkan dalam rangka mengadakan pemesanan barang. Biaya pemesanan tidak tergantung dari jumlah yang dipesan, tetapi tergantung dari berapa kali pesanan dilakukan, sehingga tidak dipengaruhi oleh kuantitas barang yang dipesan. Biaya-biaya yang termasuk biaya pemesanan adalah biaya administrasi dan penempatan order, biaya pemilihan vendor (pemasok), biaya pengangkutan, biaya penerimaan barang. Biaya Pemesanan dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu sebagai persentase dari nilai rata-rata persediaan per-tahun dan dalam bentuk rupiah per-tahun per-unit barang; (ii). Biaya Pemeliharaan, dikenal juga dengan biaya penyimpanan merupakan biaya yang ditimbulkan oleh toko untuk memelihara persediaannya. Biaya pemeliharaan biasanya dinyatakan dengan dasar per unit untuk beberapa periode waktu (walaupun kadangkala dinyatakan dalam bentuk persentase rata-rata persediaan). Contoh: biaya sewa gudang, gaji pelaksana gudang, biaya administrasi gudang, biaya listrik, biaya modal yang tertanam dalam persediaan, biaya asuransi, biaya kerusakan (biaya kehilangan).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model persediaan yang mempertimbangkan nilai uang dan laju kerusakan barang, dengan tujuan mengembangkan model yang dapat meminimalkan total biaya persediaan dan memaksimalkan keuntungan perusahaan. Populasi penelitian mencakup semua perusahaan di bidang produksi dan distribusi barang yang mengalami masalah kerusakan, dengan sampel sebanyak 5 perusahaan di sektor makanan dan minuman. Instrumen penelitian terdiri dari kuesioner untuk manajer logistik dan wawancara mendalam untuk memperoleh informasi mengenai praktik manajemen persediaan. Data dikumpulkan melalui studi literatur, wawancara, dan penyebaran kuesioner kepada responden. Analisis data dilakukan menggunakan model persediaan EOQ untuk menghitung jumlah persediaan dan waktu pemesanan optimal, serta analisis sensitivitas untuk menguji pengaruh parameter terhadap total biaya dan keuntungan. Validasi model dilakukan melalui perbandingan dengan data historis dan uji coba penerapan di perusahaan, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan persediaan dan meningkatkan kinerja perusahaan.

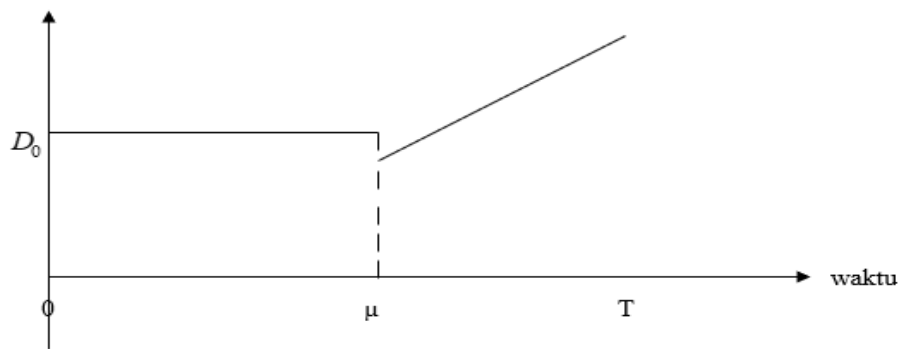
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Dengan Permintaan Tidak Konstan adalah pengembangan model persediaan *Economic Order Quantity* (EOQ), pengembangannya terletak pada laju permintaannya yang tidak konstan. Laju permintaan pada model ini konstan sampai waktu tertentu ($t = \mu$) setelah itu linear bergantung terhadap waktu dan memenuhi persamaan :

$$D(t) = D_0 + b(t - \mu)H(t - \mu) \quad (3.1)$$

Secara grafis, laju permintaan untuk model yang akan dibahas pada bab ini dapat digambarkan sebagai berikut :

Laju Permintaan



Gambar 1. Laju Permintaan

Model persediaan ini cocok digunakan oleh perusahaan retail yang dikhususkan untuk barang-barang yang cepat mengalami kerusakan atau busuk sehingga tidak bisa dijual lagi, contohnya sayuran dan buah-buahan. Harga jual barang di pasar bergantung terhadap waktu karena dipengaruhi permintaan yang tidak konstan. Harga jual barang akan meningkat jika permintaan akan barang tersebut meningkat. Perubahan harga barang memenuhi persamaan :

$$S_p(t) = P_i + a(t - \mu)H(t - \mu) \quad (3.2)$$

$$\text{dimana } H(t - \mu) = \begin{cases} 1, & \text{jika } t > \mu \\ 0, & \text{jika } t \leq \mu \end{cases} \quad (3.3)$$

Pada pembahasan ini akan dibahas dua jenis model persediaan EOQ. Perbedaan kedua model terletak pada laju kerusakan barang, sama seperti pada pembahasan **diatas yaitu model dan permintaan**, ada yang berdeteriorasi dengan laju konstan dan berdeteriorasi dengan laju mengikuti distribusi Weibull adalah sebagai berikut: (1).

Notasi dan Asumsi yang digunakan pada model :

$Q(t)$: laju persediaan saat t ($t > 0$)

$D(t)$: laju permintaan saat t ($t > 0$)

- Q_0 : jumlah persediaan awal (saat $t = 0$)
 K : biaya pembelian per unit
 $S_p(t)$: harga jual barang saat t
 P_i : harga jual barang mula-mula
 i : laju inflasi
 r : tingkat bunga
 C_h : biaya simpan per unit
 C_s : biaya *set-up* per satu kali pesan
 T : panjang 1 siklus/periode
 a : tingkat perubahan nilai jual barang per unit terhadap waktu
 b : tingkat perubahan permintaan terhadap waktu

Asumsi yang digunakan dalam pengembangan model persediaan ini antara lain : (i). Laju permintaan bergantung terhadap waktu., (ii). Jika barang habis, barang yang dipesan akan datang saat itu juga sehingga tidak terjadi kekurangan persediaan., (iii). harga jual barang bergantung terhadap waktu.

Model EOQ

Untuk Barang Berdeteriorasi Dengan Laju Konstan kerusakan barang untuk pengembangan model tersebut adalah konstan sebesar θ . Tingkat persediaan barang dari waktu ke waktu berkurang karena dipengaruhi laju permintaan dan adanya kerusakan barang. Pengaruh kedua faktor tersebut membuat tingkat persediaan $Q(t)$ memenuhi persamaan diferensial :

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\theta Q(t) - D(t) \text{ dimana } 0 \leq t \leq T$$

dengan $Q(0) = Q_0$ dan $Q(T) = 0$.

Persamaan diatas dapat ditulis menjadi :

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \theta Q(t) = -D(t) \quad (3.4)$$

Gambar 1 mengilustrasikan ada dua periode untuk laju permintaan yang berbeda, yaitu periode $(0, \mu)$ dengan laju konstan sebesar D_0 dan periode (μ, T) bergerak linear terhadap waktu. Oleh karena itu, tingkat persediaan pada persamaan (3.4) dapat ditulis dalam dua bentuk, yaitu :

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \theta Q(t) = -D_0, \quad 0 \leq t \leq \mu \quad (3.5)$$

dan

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \theta Q(t) = -D_0 - b(t - \mu), \quad \mu \leq t \leq T \quad (3.6)$$

dengan $Q(0) = Q_0$ dan $Q(T) = 0$.

Persamaan (3.5) dan (3.6) diperoleh dengan cara mensubstitusikan persamaan (3.1)

ke persamaan (3.4). Solusi untuk persamaan (3.5) merupakan tingkat persediaan barang saat t untuk $0 \leq t \leq \mu$, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$Q(t) = e^{-\theta t} \left(Q_0 - D_0 \int_0^t e^{\theta u} du \right) \quad (3.7)$$

dan solusi untuk persamaan (3.6) adalah tingkat persediaan barang saat t untuk $\mu \leq t \leq T$, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$Q(t) = \left(Q_0 - D_0 \int_0^t e^{\theta u} du - b \int_{\mu}^t (u - \mu) e^{\theta u} du \right) e^{-\theta t} \quad (3.8)$$

Langkah-langkah untuk memperoleh kedua solusi di atas sama seperti cara memperoleh solusi persamaan (2.3) yang dibahas pada bab 2 sebelumnya. Jika kondisi batas $Q(T) = 0$ disubstitusikan ke persamaan (3.8), diasumsikan persediaan barang pada akhir periode habis, maka jumlah persediaan awal yang optimal (Q_0) agar dapat memenuhi permintaan pelanggan selama satu periode diperoleh sebagai berikut :

$$Q(T) = \left\{ Q_0 - D_0 \int_0^T e^{\theta t} dt - b \int_{\mu}^T (t - \mu) e^{\theta t} dt \right\} e^{-\theta T}$$

$$Q_0 = D_0 \int_0^T e^{\theta t} dt + b \int_{\mu}^T (t - \mu) e^{\theta t} dt \quad (3.9)$$

Persamaan (3.9) memperlihatkan bahwa persediaan barang di awal periode dipengaruhi laju permintaan, laju kerusakan barang, dan tingkat perubahan laju permintaan. Pada model ini semua persamaan yang memuat nilai integral $e^{\theta u}$ sulit dicari solusi eksaknya sehingga digunakan pendekatan deret Taylor dengan mengambil dua suku pertama.

Berikut deret Taylor untuk $e^{\theta u}$:

$$e^{\theta u} = 1 + \theta u + \frac{(\theta u)^2}{2!} + \dots + \frac{(\theta u)^n}{n!} + \dots$$

sehingga

$$\int_0^t e^{\theta u} du = \int_0^t (1 + \theta u) du = u + \frac{1}{2} \theta u^2 \Big|_0^t = t + \frac{1}{2} \theta t^2 \quad (3.10)$$

$$\int_0^t (u - \mu) e^{\theta u} du = \int_0^t (u - \mu)(1 + \theta u) du = \frac{\theta t^3}{3} + \frac{(-\mu\theta + 1)t^2}{2} - \mu t \quad (3.11)$$

Substitusikan hasil integral yang menggunakan pendekatan deret Taylor tersebut ke dalam persamaan (3.9) maka persediaan optimal untuk model permintaan yang bergantung terhadap waktu dengan laju kerusakan konstan adalah :

$$Q_0 = D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu (T - \mu) \right) \quad (3.12)$$

Tingkat persediaan barang saat t juga diperoleh dengan mensubstitusikan hasil

integral yang menggunakan pendekatan deret Taylor ke persamaan (3.7) dan persamaan (3.8) sehingga dinyatakan dalam dua kondisi sebagai berikut :

- Kasus $0 \leq t \leq \mu$

$$Q(t) = \left(Q_0 - D_0 t - \frac{1}{2} D_0 \theta t^2 \right) e^{-\theta t} \quad (3.13)$$

- Kasus $\mu \leq t \leq T$

$$Q(t) = \left[D_0(T-t) + \frac{1}{2} D_0 \theta (T^2 - t^2) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) - b \left(\frac{1}{3} \theta t^3 + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) t^2 - \mu t \right) \right) \right] e^{-\theta t} \quad (3.14)$$

Formulasi Biaya Total

Formulasi biaya total adalah seluruh biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mengelola persediaan selama satu periode. Komponennya diasumsikan meliputi biaya simpan, biaya pembelian, dan biaya *set-up*, yang diuraikan sebagai berikut: (i). Biaya simpan adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk penyimpanan barang-barang *stock*, diperoleh dengan mengalikan harga simpan per unit dengan jumlah persediaan yang disubstitusi dari persamaan (3.12). Dalam hal ini, barang-barang yang mengalami kerusakan tetap ikut disimpan.

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2T} C_h \cdot Q_0 \\ &= \frac{1}{2T} C_h \left[D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right] \end{aligned}$$

(ii). Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang dari distributor . Biaya ini diperoleh dari perkalian harga beli per unit barang dengan jumlah persediaan barang.

$$\begin{aligned} &= \frac{K}{T} Q_0 \\ &= \frac{K}{T} \left[D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right] \end{aligned}$$

(iii). Biaya *set-up* adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk satu kali persiapan memesan barang dari distributor.

$$= \frac{C_s}{T}$$

Jadi diperoleh formula untuk biaya total (TC) persediaan selama satu periode, yaitu:
TC(T) = biaya simpan + biaya pembelian + biaya *set-up*

$$\begin{aligned} \text{TC(T)} &= \frac{1}{T} \left[\left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right) + C_s \right] \end{aligned} \quad (3.15)$$

Total Rata-Rata Keuntungan dan Pengaruh Nilai Uang

Dimana Saat musim panen sayuran dan buah-buahan terjadi, harga jual barang-barang tersebut konstan karena pelanggan mudah untuk memperolehnya, dalam hal ini diasumsikan konstan sampai periode $(0, \mu)$. Oleh karena itu, perusahaan akan menyimpan sebagian dari barang-barang tersebut sebagai *stock* sehingga dibutuhkan biaya penyimpanan. Setelah melewati periode $(0, \mu)$ permintaan di pasar akan meningkat karena musim panen sudah berakhir dan pelanggan sudah kehabisan persediaan sehingga menyebabkan harga jual sayuran dan buah-buahan tersebut meningkat. Total nilai jual dari satu unit barang di pasar selama satu periode didefinisikan sebagai berikut :

$$Sav(T) = D_0 \int_0^{\mu} P_i dt + \int_{\mu}^T \{D_0 + b(t - \mu)\} \{P_i + a(t - \mu)\} dt \quad (3.16)$$

Nilai jual barang berbeda untuk setiap periode, saat periode (μ, T) nilai jual barang berubah sesuai perubahan permintaan. Saat laju permintaan bergerak secara linear atau periode (μ, T) , nilai jual barang lebih tinggi dibanding saat laju permintaan konstan. Rata-rata keuntungan (TAP) selama satu periode adalah selisih nilai jual barang dengan total biaya persediaan yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} TAP(T) &= \frac{1}{T} (sav(T) - TC) \\ &= \frac{1}{T} \left\{ D_0 \int_0^{\mu} P_i dt + \int_{\mu}^T \{D_0 + b(t - \mu)\} \{P_i + a(t - \mu)\} dt \right. \\ &\quad - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) \right) \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) - C_s \right\} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Nilai uang yang selalu berubah karena terjadi inflasi memberi pengaruh yang sama seperti model yang dibahas pada bab sebelumnya sehingga persamaan (3.17) dapat ditulis:

$$\begin{aligned} MTAP(T) &= \frac{1}{T} \left\{ D_0 \int_0^{\mu} P_i e^{(-Rt)} dt + \int_{\mu}^T \{D_0 + b(t - \mu)\} \{P_i + a(t - \mu)\} e^{(-Rt)} dt \right. \\ &\quad - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{1}{2} \theta T^2 \right) \int_0^T e^{(-Rt)} dt + b \left(\frac{1}{3} \theta (T^3 - \mu^3) \right) \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} (-\mu\theta + 1) (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \int_{\mu}^T e^{(-Rt)} dt \right\} - C_s \int_0^T e^{(-Rt)} dt \end{aligned} \quad (3.18)$$

dimana $R = r - i$.

Optimasi pada T optimal (T^*) yang memaksimumkan total keuntungan adalah T yang memenuhi $\frac{dMTAP}{dT} = 0$ dan $\frac{d^2MTAP}{dT^2} < 0$. T optimal (T^*) adalah waktu dimana akan diperoleh keuntungan paling maksimal. Nilai T^* harus lebih besar dari μ ($T > \mu$) karena selama periode $(0, \mu)$ dengan laju permintaan konstan, keuntungan yang diperoleh pasti lebih sedikit dibandingkan saat laju permintaannya meningkat terhadap waktu yaitu periode (μ, T) . Turunan pertama dari fungsi MTAP(T) terhadap T :

$$\begin{aligned} \frac{dMTAP}{dT} = & -\frac{MTAP}{T} + e^{-RT}TAP - \frac{1}{TR} \left((-1 + e^{-RT})(baT^2 + (a(D_0 - b\mu) \right. \\ & \left. + b(P_i - a\mu))T + (D_0 - b\mu)(P_i - a\mu) - \left(\frac{1}{2}C_h + K\right) \right. \\ & \left. \left(D_0(1 + \theta T) + b(\theta T^2 + (\mu\theta + 1)T - \mu) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.19)$$

Jika turunan keduanya negatif maka grafik fungsi MTAP pada persamaan (3.18) cembung ke bawah sehingga menghasilkan satu nilai maksimum. Berikut turunan kedua dari fungsi MTAP(T) terhadap T :

$$\begin{aligned} \frac{d^2MTAP}{dT^2} = & -2\frac{dMTAP}{dT} - \frac{1}{T} \left(Re^{-RT} \left(DP_i\mu + \frac{1}{3}ba(T^3 - \mu^3) \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{2}(a(D - b\mu) + b(P_i - a\mu))(T^2 - \mu^2) \right. \right. \\ & \left. \left. + (D - b\mu)(P_i - a\mu)(T - \mu) - \left(\frac{1}{2}C_h + K\right) \right. \right. \\ & \left. \left(D \left(T + \frac{1}{2}\theta T^2 \right) + b \left(\frac{1}{3}\theta(T^3 - \mu^3) + \frac{1}{2}(-\mu\theta + 1) \right. \right. \right. \\ & \left. \left. (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) - C_s \right) \right) + \frac{1}{T} 2e^{-RT} (baT^2 + \\ & (a(D - b\mu) + b(P_i - a\mu))T + (D - b\mu)(P_i - a\mu) - \\ & \left. \left(\frac{1}{2}C_h + K \right) \left(D(1 + \theta T) + b(\theta T^2 + T(-\mu\theta + 1) - \mu) \right) \right) \\ & - \frac{(-1 + e^{-RT})(2baT + a(D - b\mu) + b(P_i - a\mu))}{TR} \\ & + \frac{(-1 + e^{-RT}) \left(\frac{1}{2}C_h + K \right) (D\theta + b(2\theta T - \mu\theta + 1))}{TR} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Contoh Numerik jika Diketahui beberapa parameter sebagai berikut :

D_0 (permintaan awal) = 300unit

K (harga beli) = \$ 4 per unit

P_i (harga jual) = \$ 5,5 per unit

r (tingkat bunga) = 0,2

i (tingkat inflasi) = 0,08

C_h (biaya simpan) = \$ 0,750

C_s (biaya set-up) = \$ 250

a = 0,25

b = 3,50

θ = 0,002

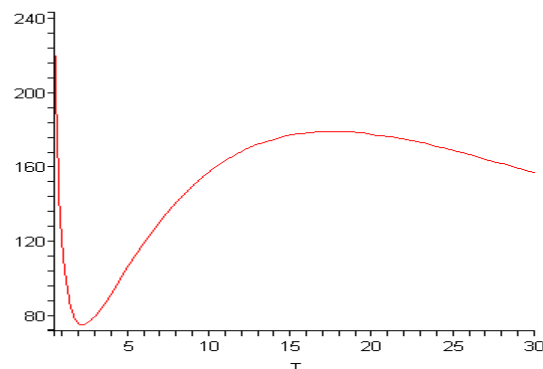
μ = 2

$R = r - i = 0,12$

Langkah untuk memperoleh Q(t) dan T :

1) Substitusikan semua parameter diatas ke dalam persamaan (3.18), diperoleh :

$$MTAP = \frac{5624,4 - 5480,67e^{-0,12T} - 724,56e^{-0,12T}T - 7,03e^{-0,12T}T^2}{T} \quad (3.21)$$



Gambar 2. Kurva MTAP terhadap Waktu

- 2) Tentukan nilai T^* yang memenuhi $\frac{dMTAP}{dT} = 0$, diperoleh $T^*=18$. Jadi persediaan akan habis saat hari ke-18 sehingga perusahaan melakukan pemesanan setiap 18 hari.
- 3) Cek apakah T^* yang diperoleh adalah nilai T yang paling optimal melalui turunan kedua fungsi MTAP sehingga memenuhi $\frac{d^2MTAP}{dT^2} < 0$. Dengan mensubstitusikan T^* ke persamaan (3.20) diperoleh $\frac{d^2MTAP}{dT^2} = -0,51 < 0$.
- 4) Tentukan Q optimal (Q^*) dengan mensubstitusikan T^* ke persamaan (3.12), diperoleh $Q^*=5.789$ unit, artinya setiap kali perusahaan melakukan pemesanan, jumlah barang yang dipesan sebanyak 5.789 unit agar dapat memenuhi permintaan pasar selama satu periode. Total keuntungan (MTAP) yang diperoleh satu periode sebesar \$ 179,23.

Tabel 1. Pengaruh Peningkatan Perbandingan Harga Jual dan Harga Beli terhadap Solusi Optimal

$\frac{P_i}{K}$	$\theta = 0,002$		
	Q^* (unit)	MTAP (\$)	T^* (hari)
1,2	7816	117,93	23
1,3	5793	177,63	18
1,4	4130	249,75	13
1,5	542	91,85	-2
2	744	422,78	-3

Tabel (1) adalah tabel untuk beberapa perhitungan sebagai pertimbangan dalam mengelola persediaan, ditinjau dari perbandingan harga jual terhadap harga beli barang yang mempengaruhi jumlah persediaan optimal (Q^*), total keuntungan (MTAP), dan waktu pemesanan optimal (T^*) untuk laju kerusakan konstan sebesar 0,002.

Tabel 2. Persentase Perubahan Parameter θ dan μ

Parameter (% perubahan)	T^* (%)	MTAP (%)	Q^* (%)
-------------------------	-----------	----------	-----------

+ 50 %	θ	- 2,44	- 1,67	+ 1,03
+ 25 %		- 2,5	- 0,84	+ 0,52
- 25 %		- 2,61	+ 1,12	- 0,52
- 50 %		- 2,64	+ 2,06	- 1,02
+ 50 %	μ	+ 6,27	- 13,96	+ 9,15
+ 25 %		+ 1,94	- 7,26	+ 4,68
- 25 %		- 7,28	+ 8,38	- 4,92
- 50 %		- 11,12	+ 17,3	- 10,12

Tabel (2) menunjukkan persentase peningkatan dan penurunan waktu pemesanan optimal (T^*), total keuntungan (MTAP), dan persediaan optimal (Q^*) akibat perubahan laju kerusakan barang dan perubahan panjang periode untuk laju permintaan konstan.

Dari hasil perhitungan yang ada pada kedua tabel di atas dapat disimpulkan : (i). Semakin besar perbandingan harga jual barang terhadap harga beli barang maka waktu pemesanan (T^*) dan persediaan optimal (Q^*) semakin kecil sedangkan keuntungan (MTAP) semakin besar. Hal ini hanya berlaku jika perbandingan harga jual dan harga beli lebih kecil dari 1,5. Untuk perbandingan harga jual dan harga beli yang lebih besar dari 1,5, nilai T optimal negatif sehingga bukan merupakan solusi optimal yang diinginkan., (ii). Laju kerusakan barang (θ) yang semakin besar menyebabkan waktu pemesanan (T^*) dan persediaan optimal (Q^*) semakin besar sedangkan keuntungan (MTAP) semakin kecil., (iii). Jika panjang periode untuk laju permintaan yang konstan (μ) semakin panjang maka waktu pemesanan (T^*) dan persediaan optimal (Q^*) semakin besar sedangkan keuntungan (MTAP) semakin kecil.

Model EOQ Distribusi Weibull

Untuk Barang Berdeteriorasi dengan **Laju Distribusi Weibull dimana** Model yang akan dibahas tersebut merupakan model yang membahas adanya pengaruh kerusakan barang yang dalam hal ini laju kerusakan barangnya mengikuti distribusi Weibull. Laju kerusakan barang yang mempengaruhi model persediaan tersebut adalah :

$$Z(t) = \alpha \beta t^{\beta-1} \quad (3.22)$$

sama halnya seperti pada persamaan (2.22) yang selanjutnya disebut dengan distribusi Weibull.

Tingkat Persediaan adalah sisa dari jumlah barang yang laku terjual setiap waktu. Tingkat persediaan untuk model yang akan dibahas tersebut ada dua kondisi karena dipengaruhi adanya laju permintaan yang berubah dari satu periode ke periode berikutnya seperti yang terlihat pada gambar 3.1. Tingkat persediaan dari waktu ke waktu akan berkurang karena dipengaruhi laju permintaan dan adanya kerusakan barang dan memenuhi persamaan diferensial berikut :

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -Z(t)Q(t) - D(t) \text{ dimana } 0 \leq t \leq T$$

dengan $Q(0) = Q_0$ dan $Q(T) = 0$.

Persamaan diatas dapat ditulis menjadi :

$$\frac{dQ(t)}{dt} + Z(t) Q(t) = -D(t) \quad (3.23)$$

Tingkat persediaan barang untuk periode $(0, \mu)$ dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \alpha\beta t^{\beta-1}Q(t) = -D_0, \quad 0 \leq t \leq \mu \quad (3.24)$$

dengan $Q(0) = Q_0$.

Persamaan tersebut diperoleh dengan mensubstitusikan distribusi Weibull pada persamaan (3.22) ke persamaan (3.23) sedangkan tingkat persediaan barang untuk periode (μ, T) dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \alpha\beta t^{\beta-1}Q(t) = -D_0 - b(t - \mu), \quad \mu \leq t \leq T \quad (3.25)$$

dengan $Q(T) = 0$.

Cara memperoleh persamaan tersebut sama dengan cara memperoleh persamaan (3.24) sebelumnya, hanya berbeda dalam tingkat permintaan. Tingkat persediaan barang saat t dapat diperoleh dengan mencari solusi persamaan (3.24) untuk periode $(0, \mu)$ dan persamaan (3.25) untuk periode (μ, T) . Langkah yang digunakan sama seperti langkah yang digunakan dalam mencari solusi untuk model yang dibahas pada bab 2 sebelumnya, yaitu menggunakan faktor integrasi. Faktor integrasi yang digunakan adalah :

$$e^{\int_0^u \alpha\beta s^{\beta-1} ds} = e^{\alpha s^{\beta} \Big|_0^u} = e^{\alpha u^{\beta}} \quad (3.26)$$

Solusi persamaan (3.24) adalah :

$$Q(t) = e^{-\alpha t^{\beta}} \left(Q_0 - D_0 \int_0^t e^{\alpha u^{\beta}} du \right) \quad (3.27)$$

Persamaan berikut merupakan tingkat persediaan saat t pada periode $(0, \mu)$ sedangkan tingkat persediaan untuk periode selanjutnya, yaitu periode (μ, T) dinyatakan sebagai berikut :

$$Q(t) = \left(Q_0 - D_0 \int_0^t e^{\alpha u^{\beta}} du - b \int_0^t (u - \mu) e^{\alpha u^{\beta}} du \right) e^{-\alpha t^{\beta}} \quad (3.28)$$

Persediaan awal periode yang paling optimal diperoleh dengan mensubstitusikan kondisi batas $Q(T) = 0$ ke dalam persamaan (3.28) sehingga :

$$Q_0 = D_0 \int_0^T e^{\alpha t^{\beta}} dt + b \int_{\mu}^T (t - \mu) e^{\alpha t^{\beta}} dt \quad (3.29)$$

Nilai integral $e^{\alpha t^{\beta}}$ sulit untuk dicari solusi eksaknya sehingga digunakan pendekatan deret Taylor seperti pada model persediaan dengan permintaan konstan dan laju kerusakan barang mengikuti distribusi Weibull. Berikut deret Taylor untuk fungsi $e^{\alpha t^{\beta}}$:

$$e^{\alpha t^\beta} = 1 + \alpha t^\beta + \frac{(\alpha t)^{2\beta}}{2!} + \dots + \frac{(\alpha t)^{n\beta}}{n!} + \dots$$

Dengan mengganti nilai integral $e^{\alpha t^\beta}$ untuk semua persamaan dengan pendekatan deret Taylor 2 suku pertama, diperoleh :

$$\begin{aligned} - Q(t) &= e^{-\alpha t^\beta} \left(Q_0 - D_0 \left(t + \frac{\alpha t^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) \right), \text{ untuk } 0 \leq t \leq \mu \\ - Q(t) &= \left(Q_0 - D_0 \left(t + \frac{\alpha t^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) - b(1 + \alpha t^\beta) \left(\frac{1}{2} t^2 - \mu t \right) \right) e^{-\alpha t^\beta}, \text{ untuk } \mu \leq t \leq T \\ - Q_0 &= D_0 \left(T + \frac{\alpha T^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) + b(1 + \alpha T^\beta) \left(\frac{1}{2} (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \end{aligned}$$

Formulasi Biaya Total (TC)

Biaya Total untuk model persediaan tersebut sama dengan biaya total yang pada model persediaan dengan permintaan yang bergantung terhadap waktu dan laju kerusakan yang mengikuti distribusi konstan. Biaya totalnya diasumsikan terdiri dari tiga komponen biaya yaitu biaya simpan, biaya pembelian, dan biaya *set-up*. Uraian-uraian biaya sama dengan uraian biaya yang dibahas pada model sebelumnya, hanya berbeda pada jumlah persediaan di awal periode. Biaya total (TC) untuk satu periode dinyatakan sebagai berikut :

$$TC = \frac{1}{T} \left[\left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{\alpha T^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) + b(1 + \alpha T^\beta) \left(\frac{1}{2} (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right) + C_s \right] \quad (3.30)$$

Total Rata-Rata Keuntungan dan Pengaruh Nilai Uang berdasarkan Total nilai jual barang untuk model tersebut. Total rata-rata keuntungan (TAP) yang diperoleh perusahaan adalah selisih nilai jual dengan biaya persediaan sehingga dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} TAP(T) &= \frac{1}{T} (sav(T) - TC) \\ &= \frac{1}{T} \left[D_0 \int_0^\mu P_i dt + \int_\mu^T \{D_0 + b(t - \mu)\} \{P_i + a(t - \mu)\} dt \right. \\ &\quad - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{\alpha T^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) + b(1 + \alpha T^\beta) \left(\frac{1}{2} (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right) \\ &\quad \left. - C_s \right] \quad (3.31) \end{aligned}$$

Nilai uang memberi pengaruh yang sama seperti pada model yang dibahas sebelumnya sehingga total rata-rata keuntungan dapat ditulis :

$$MTAP(T) = \frac{1}{T} \left[D_0 \int_0^\mu P_i e^{(-Rt)} dt + \int_\mu^T \{D_0 + b(t - \mu)\} \{P_i + a(t - \mu)\} e^{(-Rt)} dt \right. \\ \left. - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D_0 \left(T + \frac{\alpha T^{(\beta+1)}}{\beta+1} \right) \int_0^T e^{(-Rt)} dt + b \int_\mu^T e^{(-Rt)} dt (1 + \alpha T^\beta) \right. \right. \\ \left. \left. \left(\frac{1}{2} (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right) \right) - C_s \int_0^T e^{(-Rt)} dt \right] \quad (3.32)$$

dengan $R = r - i$.

Optimasi yang dilakukan sama seperti dengan model-model sebelumnya. Nilai T yang optimal adalah waktu di mana akan diperoleh keuntungan paling maksimal yang memenuhi $\frac{dMTAP}{dT} = 0$ dan $\frac{d^2MTAP}{dT^2} < 0$.

Turunan pertama untuk fungsi $MTAP(T)$:

$$\frac{dMTAP}{dT} = -\frac{MTAP}{T} + e^{-RT} TAP - \frac{1}{TR} \left((-1 + e^{-RT}) (baT^2 + (a(D - b\mu) + b(P_i - a\mu))T \right. \\ \left. + (D - b\mu)(P_i - a\mu) - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \left(D \left(1 + \frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1} \right) \right. \right. \\ \left. \left. + b(1 + \alpha T^\beta)(T - \mu) \right) \right) \quad (3.34)$$

Untuk mengecek apakah T optimal yang diperoleh dapat memaksimumkan total keuntungan maka digunakan turunan kedua. Jika turunan keduanya negatif maka grafik fungsi $MTAP$ pada persamaan (2.17) cekung ke bawah sehingga akan menghasilkan satu nilai maksimum, yaitu T optimal (T^*). Banyaknya persediaan optimal diperoleh dengan mensubstitusikan nilai T optimal (T^*) yang diperoleh menggunakan metode Newton-Raphson pada software Maple 9.5 ke persamaan (3.29). Banyaknya persediaan optimal tersebut merupakan banyaknya persediaan yang dapat memenuhi permintaan selama satu periode. Turunan kedua untuk fungsi $MTAP(T)$:

$$\frac{d^2MTAP}{dT^2} = -\frac{2dMTAP}{T} - Re^{-RT} TAP + \frac{1}{T} \left(2e^{-RT} (baT^2 + (a(D - b\mu) \right. \\ \left. + b(P_i - a\mu)) + (D - b\mu)(P_i - a\mu) - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \right. \\ \left(D \left(1 + \frac{\alpha T^{\beta+1}}{\beta+1} \right) + \frac{baT^\beta \left(\frac{1}{2} (T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right)}{T} \right. \\ \left. \left. + b(1 + \alpha T^\beta)(T - \mu) \right) \right) - \frac{1}{TR} \left((-1 + e^{-RT}) \right. \\ \left(2baT + a(D - b\mu) + b(P_i - a\mu) - \left(\frac{1}{2} C_h + K \right) \right)$$

$$\begin{aligned}
& \left(D \left(\frac{\alpha T^\beta (\beta + 1)}{T} - \frac{\alpha T^\beta}{T} \right) + \frac{baT^\beta \beta^2 \left(\frac{1}{2}(T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right)}{T^2} \right. \\
& - \frac{baT^\beta \beta \left(\frac{1}{2}(T^2 - \mu^2) - \mu(T - \mu) \right)}{T^2} + \frac{2baT^\beta \beta (T - \mu)}{T} \\
& \left. + b(1 + \alpha T^\beta) \right) \Bigg) \quad (3.35)
\end{aligned}$$

Contoh Numerik pada Parameter yang digunakan sama dengan parameter pada contoh numerik model sebelumnya, hanya ada penambahan parameter yaitu α dan β karena laju kerusakannya mengikuti distribusi Weibull.

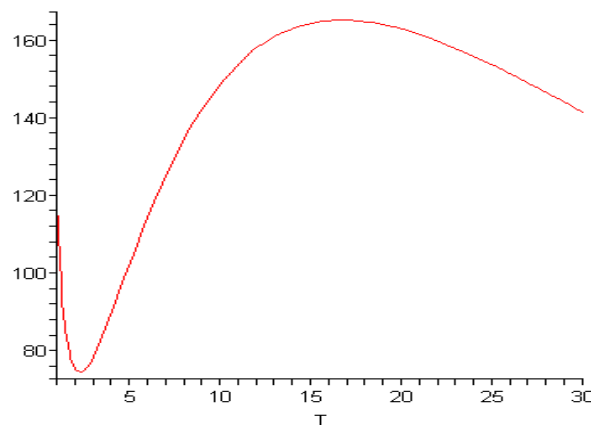
$$\alpha = 0,002$$

$$\beta = 1,5$$

Dengan melakukan langkah-langkah penyelesaian yang sama dengan contoh numerik pada model sebelumnya, diperoleh : (i). Waktu pemesanan optimal (T^*) yang memenuhi $\frac{dMTAP}{dT} = 0$ adalah setiap 17 hari, nilai T^* tersebut merupakan satu-satunya nilai T yang

membuat total keuntungan maksimal karena $\frac{d^2MTAP}{dT^2} = -0,6 < 0$.

(ii). Persediaan awal optimal (Q^*) sebanyak 5.696 unit sehingga perusahaan harus memesan barang sebanyak 5.696 unit untuk setiap periode., (iii). Keuntungan (MTAP) untuk satu periode sebesar \$ 165,34.



Gambar 3. Kurva MTAP terhadap Waktu

Tabel 3. Perubahan Q^* , MTAP, dan T^* dengan laju kerusakan 0.002

$\frac{P_i}{K}$	$\alpha = 0,002$		
	Q^* (unit)	MTAP (\$)	T^* (hari)
1,2	8096	99,05	22
1,3	5614	160,61	17
1,4	3763	236,32	12
1,5	6132000	16	469
2	1160000	52	272

Tabel 4. Persentase Perubahan Q^* , MTAP, dan T^*

Parameter (% perubahan)	T^* (%)	MTAP (%)	Q^* (%)
+ 50 %	- 4,47	- 6,06	- 0,75
+ 25 %	- 3,06	- 2,92	- 0,28
- 25 %	- 0,47	+ 3,34	+ 0,12
- 50 %	+ 0,73	+ 6,52	+ 0,08
+ 50 %	+ 7,94	- 15,43	+ 10,7
+ 25 %	+ 3,17	- 7,87	+ 5,42
- 25 %	- 6,88	+ 9,09	- 5,62
- 50 %	- 12,35	+ 19,39	- 11,46

Dari hasil perhitungan yang ada pada kedua tabel di atas dapat disimpulkan:

(i). Semakin besar perbandingan harga jual barang terhadap harga beli barang maka waktu pemesanan (T^*) dan persediaan optimal (Q^*) semakin kecil sedangkan keuntungan (MTAP) semakin besar. Hal ini hanya berlaku jika perbandingan harga jual dan harga beli lebih kecil dari 1,4. Jika perbandingan harga jual dan harga beli lebih besar dari 1,4 maka nilai T optimal besar sekali sedangkan keuntungan yang diperoleh sangat kecil.,

(ii). Laju kerusakan barang (α) yang semakin besar menyebabkan waktu pemesanan (T^*), keuntungan (MTAP), dan persediaan optimal (Q^*) semakin kecil dan sebaliknya.

(iii). Jika panjang periode untuk laju permintaan yang konstan semakin besar maka waktu pemesanan (T^*) dan persediaan optimal (Q^*) semakin besar sedangkan keuntungan (MTAP) semakin kecil.

Analisis Model

Berdasarkan hasil perhitungan untuk model persediaan dengan laju permintaan tidak konstan, dapat disimpulkan : (i). Model dengan laju kerusakan konstan lebih baik digunakan jika harga jual dan harga beli memiliki perbandingan yang besar karena variabel keputusan untuk mengelola persediaan masih dapat diperoleh., (ii). Model dengan laju kerusakan Weibull lebih baik digunakan jika laju kerusakan barang sangat kecil., (iii). Model dengan laju kerusakan Weibull baik digunakan jika panjang periode untuk laju permintaan konstan sangat pendek.

Pada prinsipnya persediaan mempermudah atau memperlancar operasi perusahaan pabrik yang harus dilakukan secara berurutan untuk memproduksi barang serta selanjutnya menaympaikannya kepada para langganan atau konsumen. Persediaan mendukung produk-produk yang dihasilkan pada tempat-tempat yang jauh dari berlangganan atau sumber bahan mentah, dengan adanya persediaan, produksi tidak perlu dilakukan khusus untuk konsumen atau sebaliknya tidak perlu konsumsi didesak agar sesuai dengan kepentingan produksi.

KESIMPULAN

Masalah umum dalam model inventori bersumber dari kejadian yang dihadapi setiap saat dalam bidang usaha, baik dibidang dagang maupun industri. Kejadian-kejadian tersebut dapat terjadi pada persediaan barang yang terlalu banyak atau mungkin persediaan barang terlalu sedikit untuk memenuhi permintaan konsumen di masa mendatang. Jika barang terlalu banyak dalam persediaan, maka perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan seperti biaya pergudangan, jika barang sedikit maka menimbulkan kekurangan persediaan barang yang akhirnya akan merugikan perusahaan sendiri.

Inventory berkaitan dengan penyimpanan persediaan barang yang cukup sehingga memastikan lancarnya sistem produksi atau kegiatan bisnis. Inventory meliputi bahan mentah atau bahan baku, bahan pembantu dalam proses work in place, suku cadang dan barang jadi (finished good). Manajemen inventory menentukan jumlah persediaan yang optimal dengan meminimumkan total biaya. Biaya total dalam persediaan meliputi biaya pemesanan, biaya penyimpanan dan jumlah persediaan pertahun. Alasan perlunya manajemen persediaan yaitu agar perusahaan dapat memenuhi pesanan pelanggan dalam waktu relatif singkat. Inventory dilakukan untuk menekan harga pokok perunit barang

Berdasarkan pembahasan waktu pemesanan optimal (T^*) sangat sensitif karena pengaruh perubahan parameter laju kerusakan barang. Persediaan optimal (Q^*) dipengaruhi laju permintaan dan laju kerusakan barang, Untuk kedua jenis permintaan, baik konstan maupun bergantung terhadap waktu, model dengan laju kerusakan Weibull lebih baik digunakan jika persentase barang yang rusak kecil karena menghasilkan keuntungan besar, dimana perubahan nilai uang lebih besar di model dengan laju permintaan konstan

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, S., & Chumaida, Z. V. (2023). Pertanggungjawaban Hukum terhadap Kerusakan Barang dalam Proses Pengangkutan yang di Beli melalui Tiktok Shop. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(2). <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i2.1643>
- Castellano, D., & Glock, C. H. (2024). Economic production quantity for a decaying item with stochastic demand and positive lead time. *International Journal of Production Economics*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109094>
- Fitriyani, S., & Anwar, S. (2022). Pengaruh Herding, Experience Regret Dan Religiosity Terhadap Keputusan Investasi Saham Syariah Pada Investor Muslim Millennial Dengan Financial Literacy Sebagai Variabel Moderasi. *Jurnal Ekonomi Syariah Teori Dan Terapan*, 9(1). <https://doi.org/10.20473/vol9iss20221pp68-77>
- Kalalo, F. P., & Wahongan, A. S. (2021). Pertanggungjawaban Pelaku Usaha Terhadap Konsumen Yang Dirugikan Atas Kerusakan Barang Ditinjau Dari Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 Tentang Perlindungan Konsumen. *Lex Privatum*, IX(4).
- Kusuma Ningrat, N., & Gunawan, S. (2023). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Untuk Meningkatkan Efisiensi Biaya Persediaan Dengan Menggunakan Metode Eoq (Economic Order Quantity) Di Umkm Kerupuk Nusa Sari Kecamatan Cimaragas Kabupaten Ciamis. *Jurnal Industrial Galuh*, 5(1). <https://doi.org/10.25157/jig.v5i1.3058>

- Lahu, E. P., Enggar, O. :, Lahu, P., & Sumarauw, J. S. B. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Guna Meminimalkan Biaya Persediaan Pada Dunkin Donuts Manado. *Analisis Pengendalian... 4175 Jurnal EMBA*, 5(3).
- Nainggolan, R. (2019). MODEL MANAJEMEN RANTAI PASOKAN PADA START UP BUSINESS. *Jurnal Muara Ilmu Ekonomi Dan Bisnis*, 2(2). <https://doi.org/10.24912/jmieb.v2i2.1052>
- Nobil, E., Cárdenas-Barrón, L. E., Loera-Hernández, I. de J., Smith, N. R., Treviño-Garza, G., Céspedes-Mota, A., & Nobil, A. H. (2023). Sustainability Economic Production Quantity with Warm-Up Function for a Defective Production System. *Sustainability (Switzerland)* , 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021397>
- Oktavia, C. W., & Natalia, C. (2021). Analisis Pengaruh Pendekatan Economic Order Quantity Terhadap Penghematan Biaya Persediaan. *Jurnal PASTI*, 15(1). <https://doi.org/10.22441/pasti.2021.v15i1.010>
- Putri, D. T., & Subhan, M. (2023). Model Matematika Produksi Persediaan Dengan Adanya Kerusakan Barang Dan Mempertimbangkan Pengurangan Harga Serta Penundaan Pembayaran. *Journal of Mathematics UNP*, 8(1). <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i1.13441>
- Safitri, V. A., Sari, L., & Gamayuni, R. R. (2019). Research and Development, Environmental Investments, to Eco-Efficiency, and Firm Value. *The Indonesian Journal of Accounting Research*, 22(03). <https://doi.org/10.33312/ijar.446>
- Sejati, N. P., Jauhari, W. A., & Rosyidi, C. N. (2016). Model Persediaan Pemasok-Pembeli Dengan Produk Cacat Dan Kecepatan Produksi Terkontrol. *Jurnal Teknik Industri*, 15(2). <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol15.no2.103-111>
- Somadi, S., Priambodo, B. S., & Okarini, P. R. (2020). Evaluasi Kerusakan Barang dalam Proses Pengiriman dengan Menggunakan Metode Seven Tools. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1). <https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2008>
- Sumahir, G. N., Wahyudi, H., & Nirmala, T. (2022). Pengaruh Investasi Research And Development (R&D), Karyawan Perusahaan E-Commerce, dan Volume Transaksi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia 2010q1 – 2020q4. *E-Journal Field of Economics, Business and Entrepreneurship*, 1(1). <https://doi.org/10.23960/efebe.v1i1.12>
- Walukow, M. (2020). Ganti Rugi Bagi Pelaku Usaha Atas Kerusakan Barang Yang Merugikan Konsumen Menurut Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 Tentang Perlindungan Konsumen. *Lex Privatum*, 8.



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)