

# Pengendalian Persediaan Kemasan Botol Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik

Amanda Eka Putri<sup>1\*</sup>, Aisyah Larasati<sup>2</sup>, dan Vertic Eridani Budi Darmawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang,

Jl. Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

Email: amanda.eka.1905166@students.um.ac.id<sup>1</sup>, aisyah.larasati.ft@um.ac.id<sup>2</sup>, vertic.eridani.ft@um.ac.id<sup>3</sup>

## Abstrak

Pengendalian persediaan material pada Perumda Tirta Kanjuruhan mengalami *over stock* pada kemasan botol 600 ml yang diketahui dari adanya stok akhir tahun yang belum digunakan dalam jumlah yang banyak pada tahun 2020—2022. Hal ini menunjukkan perlunya pengendalian persediaan material yang sesuai untuk kemasan botol 600 ml. Tujuan penelitian ini adalah meramalkan jumlah permintaan produk AMDK dan *lead time* pemesanan material untuk periode selanjutnya, menentukan jumlah optimum pemesanan material, serta mengetahui perbandingan total biaya persediaan antara kondisi saat ini dan usulan penelitian. Penelitian ini menggunakan metode Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik. Simulasi Monte Carlo digunakan untuk memprediksi jumlah permintaan produk AMDK dan *lead time* pemesanan material untuk periode selanjutnya. Sedangkan EOQ Probabilistik dilakukan untuk menentukan kuantitas pesanan optimum setiap kali pemesanan. Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi dan wawancara pada Unit AMDK dan Keuangan. Sedangkan data sekunder didapatkan dari data dan laporan perusahaan, studi pustaka, serta sumber referensi lainnya. Data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain data historis permintaan produk AMDK dan *lead time* pemesanan material bulan Januari—Desember 2022 serta data biaya persediaan material. Hasil penelitian menunjukkan metode usulan lebih optimal daripada kondisi saat ini yang diketahui dari nilai total biaya persediaan yang lebih minimum.

**Kata kunci:** EOQ Probabilistik, pengendalian persediaan, Simulasi Monte Carlo

## Abstract

The inventory control of material at Perumda Tirta Kanjuruhan experienced overstock in the packaging of 600 ml bottles, as evidenced by the year-end stock in large quantities remaining unused from 2020 to 2022. This indicates the need for appropriate material inventory control for the 600 ml bottle packaging. The objective of this research is to forecast the demand for Bottled Drinking Water (AMDK) products and the lead time for material ordering for the next period, determine the optimum quantity for material orders, and assess the total inventory costs between the current condition and the proposed research. This study utilizes the Monte Carlo Simulation method and Probabilistic Economic Order Quantity (EOQ). Monte Carlo Simulation is employed to predict the demand for AMDK products and lead time for material ordering in the upcoming period. Meanwhile, Probabilistic EOQ is conducted to determine the optimal order quantity for each order. Primary data collection is carried out through observations and interviews in the AMDK and Finance units. Secondary data is obtained from company data and reports, literature reviews, as well as other reference sources. The required data for this research includes historical data on the demand for AMDK products and lead time for material ordering from January to December 2022, as well as data on material inventory costs. The research results indicate that the proposed method is more optimal than the current condition, as evidenced by the lower total inventory cost.

**Keywords:** inventory control, Monte Carlo Simulation, Probabilistic EOQ

## 1. Pendahuluan

Pengendalian persediaan merupakan suatu aspek yang sangat penting untuk dilakukan oleh suatu perusahaan. Pengendalian persediaan material dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jumlah persediaan optimal untuk menghindari terjadinya pemborosan biaya persediaan (Rahmatulloh & Arifin, 2022). Pengendalian

persediaan material mencakup penentuan waktu dan jumlah pemesanan yang paling optimal untuk mencapai biaya yang minimum. Beberapa biaya yang dikeluarkan dalam proses pengendalian persediaan material meliputi biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kehabisan persediaan (Timothy & Sumarauw, 2020). Beberapa metode yang dapat digunakan dalam proses

---

<sup>1\*</sup> Penulis korespondensi

pengendalian persediaan yaitu metode Simulasi Monte Carlo dan *Economic Order Quantity* (EOQ). Dalam penelitian Naim & Donoriyanto (2020), Simulasi Monte Carlo digunakan untuk meramalkan jumlah permintaan obat untuk satu periode kedepan. Sedangkan EOQ digunakan untuk menentukan jumlah pesanan yang paling optimal untuk setiap kali pemesanan. Pada penelitian Nirmal et al. (2022), Simulasi Monte Carlo digunakan untuk memprediksi *lead time* pemesanan material yang bersifat probabilistik untuk periode berikutnya. Sedangkan Situmorang & Purwaningsih (2021) dalam penelitiannya yang membahas tentang pengendalian persediaan, menggunakan metode EOQ Probabilistik untuk mendapatkan total biaya persediaan yang minimum.

Perumda Tirta Kanjuruhan Malang yang merupakan perusahaan penyedia air bersih di Kabupaten Malang memiliki salah satu unit usaha yang bergerak dalam penyediaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Terdapat beberapa jenis produk AMDK yang diproduksi, meliputi air minum kemasan galon 19 liter, botol ukuran 600 ml, botol ukuran 330 ml, dan cup ukuran 240 ml. Dalam proses produksi tersebut diperlukan bahan baku dan kemasan air minum. Bahan baku yang berupa air baku didapatkan langsung dari sumber air yang kemudian diproses oleh perusahaan melalui beberapa tahapan filtrasi hingga menjadi air siap minum. Sedangkan material kemasan tidak dapat diproduksi sendiri oleh perusahaan sehingga perlu melakukan pemesanan kepada *supplier*. Contohnya jika pada produk AMDK jenis botol, material kemasan tersebut meliputi botol, tutup botol, dan label botol.

Namun, dalam proses pengendalian persediaan material kemasan tersebut ditemui adanya *over stock* yang ditandai dengan adanya stok botol 600 ml yang masih tersisa dan belum digunakan pada akhir tahun 2020—2022, sehingga terjadi penumpukan material. Menurut Lati & Altavia (2022), jika penumpukan material ini terjadi terus menerus dapat menyebabkan kerugian karena perlunya pengeluaran biaya tambahan, seperti biaya penyimpanan, biaya pemeliharaan, dan biaya kerusakan material bila mengalami kerusakan. Oleh karena itu, pengendalian persediaan material yang sesuai sangat diperlukan terutama untuk botol 600 ml.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengendalian persediaan ini adalah metode Simulasi Monte Carlo yang dikombinasikan dengan EOQ Probabilistik. Simulasi Monte Carlo merupakan simulasi probabilistik yang menggunakan pembangkitan bilangan acak berulang dalam proses penentuan ketidakpastian jangka panjang berdasarkan data lampau (Larasati et al., 2021). Ketidakpastian yang dimaksud tersebut meliputi ketidakpastian jumlah permintaan produk AMDK dan *lead time* pemesanan material pada masa yang akan datang (Naim & Donoriyanto, 2020). Sedangkan *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui jumlah unit pesanan

(Q) yang optimum untuk setiap kali melakukan pemesanan. Pada dasarnya penentuan jumlah unit pesanan optimum pada model probabilistik berbeda dengan model deterministik. Pada model probabilistik, terdapat parameter-parameter saat *lead time* yang menyebabkan penentuan Q optimal harus dilakukan secara bertahap (Situmorang & Purwaningsih, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah permintaan produk AMDK botol 600 ml dan *lead time* pemesanan botol 600 ml pada periode selanjutnya, menentukan jumlah optimum pemesanan botol 600 ml, serta mengetahui perbandingan total biaya persediaan antara kondisi saat ini dan usulan penelitian untuk botol 600 ml. Beberapa asumsi yang digunakan yaitu data biaya yang digunakan merupakan data perencanaan atau proyeksi keuangan pada tahun 2022, tidak terdapat perubahan biaya persediaan material untuk periode yang akan datang, dan tidak terdapat diskon kuantitas material.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan objek penelitian Perumda Tirta Kanjuruhan Malang, yaitu perusahaan penyedia kebutuhan air bersih yang juga memproduksi produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di wilayah Kabupaten Malang. Tahapan penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah, menentukan tujuan penelitian, dan melakukan studi literatur. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer yang didapatkan dari hasil analisis langsung berupa observasi dan wawancara pada Unit AMDK dan Keuangan, serta data sekunder yang didapatkan dari sumber-sumber lain, seperti data dan laporan perusahaan, studi pustaka, serta sumber referensi lain. Data-data tersebut meliputi data profil perusahaan, data historis permintaan produk AMDK bulan Januari—Desember 2022, data historis pemesanan material beserta waktu tunggu (*lead time*) pada bulan Januari—Desember 2022, serta data biaya persediaan yang meliputi biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kehabisan persediaan.

Tahapan selanjutnya yaitu menentukan pola permintaan produk AMDK dan *lead time* pemesanan material untuk mengetahui apakah parameter-parameter tersebut bersifat probabilistik atau deterministik. Tahapan dilanjutkan dengan melakukan peramalan menggunakan Simulasi Monte Carlo. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam Simulasi Monte Carlo yaitu sebagai berikut: (Prawita et al., 2020)

1. Menghitung distribusi probabilitas bagi variabel-variabel penting.
2. Menghitung distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel.
3. Membuat interval angka acak berdasarkan distribusi probabilitas dan distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel.

4. Membangkitkan bilangan acak dengan menggunakan fungsi RAND() pada Microsoft Excel sebanyak replikasi yang diperlukan.
5. Menganalisis hasil yang didapatkan yaitu dengan melihat pada data historis untuk mendapatkan hasil simulasi.
6. Menghitung tingkat akurasi untuk menentukan hasil yang paling akurat dari 12 replikasi Simulasi Monte Carlo dengan menggunakan persamaan (1) (Ihksan & Yunus, 2021).

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\text{Data Terkecil}}{\text{Data Terbesar}} \times 100 \quad (1)$$

Setelah mendapatkan hasil simulasi, maka perlu dilakukan validasi untuk memastikan apakah model simulasi sudah merepresentasikan sistem nyata atau tidak. Validasi hasil Simulasi Monte Carlo dapat dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan, yaitu dengan membandingkan hasil simulasi dengan data historis perusahaan. Hipotesis yang digunakan ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3) (Permana & Purwaningsih, 2022).

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (2)$$

$$H_1 = \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (3)$$

Di mana,

$H_0$ : tidak terdapat perbedaan signifikan rata-rata permintaan produk AMDK atau *lead time* pemesanan material antara data aktual perusahaan dengan hasil simulasi.

$H_1$ : terdapat perbedaan signifikan rata-rata permintaan produk AMDK atau *lead time* pemesanan material antara data aktual perusahaan dengan hasil simulasi.

Dengan interpretasi yaitu apabila:

$t_{hit} > t_{tab}$  maka  $H_0$  ditolak

$t_{hit} < t_{tab}$  maka  $H_0$  diterima

Sedangkan langkah-langkah dalam perhitungan EOQ Probabilistik yaitu sebagai berikut: (Situmorang & Purwaningsih, 2021)

1. Menentukan nilai Q sementara dengan mengasumsikan tidak adanya kehabisan persediaan dengan menggunakan persamaan (4).

$$q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (4)$$

Di mana,

q = jumlah optimum unit per pemesanan tanpa kehabisan persediaan (unit/pemesanan)

D = permintaan tahunan untuk barang persediaan (unit/tahun)

S = biaya pemesanan untuk setiap kali melakukan pemesanan (Rp/pemesanan)

H = biaya penyimpanan per unit per tahun (Rp/unit/tahun)

2. Menentukan nilai Peluang Kehabisan Persediaan atau P(KP) dengan menggunakan persamaan (5).

$$P(KP) = \frac{H \times q}{D \times BKP} \quad (5)$$

Di mana,

P(KP) = peluang kehabisan persediaan

H = biaya penyimpanan per unit per tahun (Rp/unit/tahun)

q = jumlah optimum unit per pemesanan tanpa kehabisan persediaan (unit/pemesanan)

D = permintaan tahunan untuk barang persediaan (unit/tahun)

BKP = biaya kehabisan persediaan (Rp/unit)

3. Setelah didapatkan nilai Peluang Kehabisan Persediaan, maka dapat ditentukan nilai Peluang Tidak Kehabisan Persediaan yaitu dengan menggunakan perhitungan  $1 - P(KP)$ . Yang mana hasil tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai *Service Level* (Z) berdasarkan Tabel Distribusi Normal.

4. Menghitung nilai *Safety Stock* (SS) yaitu dengan menggunakan persamaan (6).

$$SS = Z \times EDL \quad (6)$$

Di mana,

SS = *safety stock* (unit)

Z = *service level*, dihitung dari nilai peluang tidak kehabisan persediaan pada Tabel Z Distribusi Normal

EDL = *expected demand* selama *lead time* (unit)

EDL = *expected demand* per hari (unit)  $\times$  *expected lead time* (hari)

5. Menentukan nilai *Reorder Point* (ROP) dengan menggunakan persamaan (7).

$$ROP = EDL + SS \quad (7)$$

Di mana,

ROP = *reorder point* (unit)

EDL = *expected demand* selama *lead time* (unit)

EDL = *expected demand* per hari (unit)  $\times$  *expected lead time* (hari)

SS = *safety stock* (unit)

6. Menghitung nilai Q (EOQ Probabilistik) yaitu dengan menggunakan persamaan (8).

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2D(S + BKP \times P(KP))}{H}\right)} \quad (8)$$

Di mana,

Q = EOQ Probabilistik (unit/pemesanan)

D = permintaan tahunan untuk barang persediaan (unit/tahun)

S = biaya pemesanan setiap kali melakukan pemesanan (Rp/pemesanan)

BKP = biaya kehabisan persediaan (Rp/unit)

P(KP) = peluang kehabisan persediaan

H = biaya penyimpanan per unit per tahun (Rp/unit/tahun)

Setelah didapatkan hasil perhitungan EOQ Probabilistik, selanjutnya dilakukan perhitungan *Total*

*Inventory Cost* (TIC) jika menggunakan usulan penelitian, yaitu dengan menggunakan persamaan (9) yang kemudian dapat dijabarkan menjadi persamaan (10) (Timothy & Sumarauw, 2020).

TIC = total biaya pemesanan + total biaya penyimpanan + total biaya kehabisan persediaan (9)

$$TIC = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\left(\frac{Q}{2} \times H\right) + H(ROP - EDL)\right) + \left(\frac{D}{Q} \times BKP(P(KP))\right) \quad (10)$$

Di mana,

Total *Inventory Cost* (TIC) = total biaya persediaan (Rp/tahun)

D = permintaan tahunan untuk barang persediaan (unit/tahun)

Q = jumlah optimum unit per pemesanan (unit/pemesanan)

S = biaya pemesanan untuk setiap kali melakukan pemesanan (Rp/pemesanan)

H = biaya penyimpanan per unit per tahun (Rp/unit/tahun)

ROP = *reorder point* (unit)

EDL = *expected demand* selama *lead time* (unit)

BKP = biaya kehabisan persediaan (Rp/unit)

P(KP) = peluang kehabisan persediaan

Perhitungan *Total Inventory Cost* juga perlu dilakukan pada metode pengendalian persediaan pada kondisi saat ini atau menggunakan kebijakan perusahaan. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (11) yang dapat dijabarkan menjadi persamaan (12) dan (13) (Situmorang & Purwaningsih, 2021).

TIC = total biaya pemesanan + total biaya penyimpanan + total biaya kehabisan persediaan (11)

TIC = (frekuensi pemesanan × biaya pemesanan) + (banyaknya material yang disimpan × biaya penyimpanan) + (banyak material yang habis × biaya kehabisan persediaan) (12)

$$TIC = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{Q}{2} \times H\right) + (n(KP) \times BKP) \quad (13)$$

Dengan,

TIC = total biaya persediaan (Rp/tahun)

$\frac{D}{Q}$  = frekuensi pemesanan material

$\frac{Q}{2}$  = persediaan rata-rata yang disimpan (unit/tahun)

D = permintaan tahunan untuk barang persediaan (unit/tahun)

Q = rata-rata unit pemesanan optimum (unit/pemesanan)

S = biaya pemesanan untuk setiap kali melakukan pemesanan (Rp/pemesanan)

H = biaya penyimpanan per unit per tahun (Rp/unit/tahun)

n(KP) = jumlah material yang mengalami kehabisan (unit/tahun)

BKP = biaya kehabisan persediaan (Rp/unit)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data historis permintaan produk AMDK botol 600 ml bulan Januari—Desember 2022, data historis *lead time* pemesanan material botol 600 ml bulan Januari—Desember 2022, serta data biaya persediaan untuk botol 600 ml yang secara berurutan dipaparkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

**Tabel 1.** Data Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml Tahun 2020—2022

Bulan	Jumlah Permintaan (Pcs)		
	2020	2021	2022
Januari	20.832	6.096	29.064
Februari	23.640	16.416	21.000
Maret	30.720	2.664	13.800
April	17.112	7.968	8.328
Mei	3.504	9.216	8.808
Juni	17.472	19.176	20.136
Juli	33.384	12.288	23.088
Agustus	31.224	39.024	14.832
September	30.504	15.504	6.624
Oktober	6.480	27.696	17.616
November	7.656	22.008	5.544
Desember	10.392	19.920	23.232
<b>Jumlah</b>	<b>232.920</b>	<b>197.976</b>	<b>192.072</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>19.410</b>	<b>16.498</b>	<b>16.006</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>10.679,01</b>	<b>10.118,15</b>	<b>7.579,6</b>

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 1 menunjukkan data permintaan produk AMDK Botol 600 ml tahun 2020—2022. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui terjadi penurunan permintaan pada setiap tahunnya, dengan jumlah permintaan tertinggi terjadi pada tahun 2020. Adapun data *lead time* pemesanan botol 600 ml tahun 2021—2022 dipaparkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml Tahun 2021—2022

Pemesanan Ke-	<i>Lead Time</i> (Hari)	
	2021	2022
1	6	11
2	22	4
3	26	-
4	1	-
5	31	-
6	7	-
7	11	-
<b>Jumlah</b>	<b>104</b>	<b>15</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>14,86</b>	<b>7,5</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>11,42</b>	<b>4,95</b>

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 2 menunjukkan data *lead time* pemesanan botol 600 ml tahun 2021—2022. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa setiap pemesanan memiliki *lead time* yang berbeda-beda. Adapun data biaya persediaan botol 600 ml ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4 yang terbagi menjadi biaya persediaan dengan kuantitas pemesanan  $\geq 60.000$  Pcs dan  $\leq 60.000$  Pcs.

**Tabel 3.** Data Biaya Persediaan Botol 600 ml dengan Kuantitas Pemesanan  $\geq 60.000$  Pcs

Jenis Biaya	Total
Biaya Pemesanan	Rp 40.000,00
Biaya Penyimpanan	Rp 1.313,00
Biaya Kehabisan Persediaan	Rp 301,00

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 3 merupakan data biaya yang digunakan untuk persediaan material botol 600 ml dengan kuantitas pemesanan  $\geq 60.000$  Pcs dalam satu kali pemesanan. Pada pemesanan dengan kuantitas ini tidak terdapat tambahan biaya angkut karena pengiriman material dilakukan langsung oleh *supplier*. Adapun data biaya persediaan untuk kuantitas pemesanan  $\leq 60.000$  Pcs dipaparkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Biaya Persediaan Botol 600 ml dengan Kuantitas Pemesanan  $\leq 60.000$  Pcs

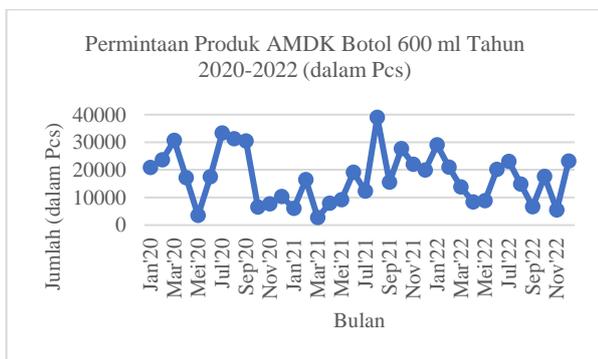
Jenis Biaya	Total
Biaya Pemesanan	Rp 1.290.000,00
Biaya Penyimpanan	Rp 1.313,00
Biaya Kehabisan Persediaan	Rp 301,00

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 4 menunjukkan data biaya persediaan untuk botol 600 ml dengan kuantitas pemesanan  $\leq 60.000$  Pcs dalam satu kali pemesanan. Pada kuantitas pemesanan tersebut diperlukan tambahan biaya angkut karena tidak memenuhi syarat minimum pengiriman oleh *supplier* yaitu sebesar 60.000 Pcs material botol.

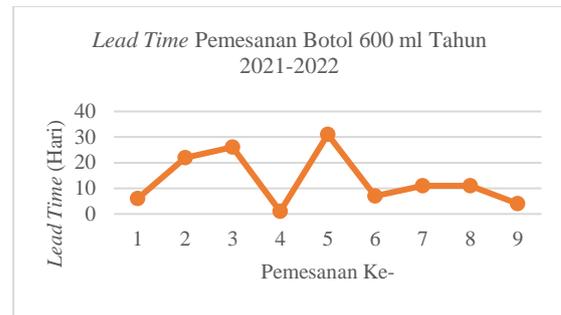
### 3.2. Menentukan Pola Permintaan Produk AMDK dan Lead Time Pemesanan Material

Penentuan pola permintaan produk AMDK Botol 600 ml dapat diidentifikasi berdasarkan Gambar 1 yang memuat grafik data permintaan produk AMDK Botol 600 ml pada tahun 2020—2022.

**Gambar 1.** Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml Tahun 2020—2022

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa pola permintaan produk AMDK Botol 600 ml pada tahun 2020—2022 bersifat probabilistik atau acak yang ditunjukkan dengan adanya ketidakpastian permintaan dari konsumen. Sedangkan penentuan pola *lead time*

pemesanan material botol 600 ml dapat diidentifikasi pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Lead Time Pemesanan Botol 600 ml Tahun 2021—2022

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa pola *lead time* pemesanan botol 600 ml pada tahun 2021—2022 bersifat probabilistik atau acak yang ditunjukkan dengan adanya ketidakpastian *lead time* pemesanan material. Maka dari itu, untuk metode-metode yang akan digunakan selanjutnya dapat menggunakan metode yang sesuai dengan pola permintaan produk AMDK dan pola *lead time* pemesanan material yang bersifat probabilistik, seperti Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik (Agada & Ogwuche, 2019).

### 3.3. Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Simulasi Monte Carlo permintaan produk AMDK Botol 600 ml dilakukan untuk meramalkan permintaan produk AMDK Botol 600 ml pada periode selanjutnya yaitu bulan Januari—Desember 2023. Data historis yang digunakan yaitu data permintaan produk AMDK Botol 600 ml pada bulan Januari—Desember 2022 yang telah dipaparkan pada Tabel 1. Tahapan-tahapan Simulasi Monte Carlo permintaan produk AMDK Botol 600 ml yaitu sebagai berikut:

- Menyusun distribusi frekuensi dari permintaan produk AMDK botol 600 ml yang ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Distribusi Frekuensi Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Jumlah Permintaan (Pcs)	Frekuensi	Prob.	Prob. Kumulatif	Interval Angka Acak
5.544	1	0,083	0,083	0—0,083
6.624	1	0,083	0,167	0,084—0,167
8.328	1	0,083	0,250	0,168—0,250
8.808	1	0,083	0,333	0,251—0,333
13.800	1	0,083	0,417	0,334—0,417
14.832	1	0,083	0,500	0,418—0,500
17.616	1	0,083	0,583	0,501—0,583
20.136	1	0,083	0,667	0,584—0,667
21.000	1	0,083	0,750	0,668—0,750
23.088	1	0,083	0,833	0,751—0,833
23.232	1	0,083	0,917	0,834—0,917
29.064	1	0,083	1,000	0,918—1
<b>Jumlah</b>	<b>12</b>	<b>1</b>		

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan nilai interval angka acak yang selanjutnya digunakan untuk menganalisis

b. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 12 kali replikasi dengan menggunakan fungsi RAND() pada Microsoft Excel yang ditunjukkan pada Tabel 6.

hasil dari pembangkitan bilangan acak untuk Simulasi Monte Carlo permintaan produk AMDK Botol 600 ml.

**Tabel 6.** Pembangkitan Bilangan Acak Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Bulan	Replikasi Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Januari	0,813	0,069	0,746	0,849	0,369	0,407	0,238	0,333	0,879	0,241	0,758	0,854
Februari	0,872	0,865	0,323	0,599	0,318	0,218	0,360	0,273	0,993	0,481	0,714	0,447
Maret	0,056	0,714	0,470	0,728	0,708	0,227	0,362	0,472	0,837	0,322	0,343	0,553
April	0,190	0,147	0,818	0,813	0,753	0,149	0,287	0,714	0,489	0,964	0,698	0,392
Mei	0,336	0,956	0,240	0,729	0,856	0,467	0,236	0,121	0,196	0,226	0,471	0,882
Juni	0,627	0,271	0,927	0,037	0,184	0,911	0,314	0,963	0,478	0,683	0,671	0,505
Juli	0,932	0,116	0,638	0,809	0,883	0,804	0,760	0,110	0,423	0,686	0,920	0,379
Agustus	0,389	0,067	0,361	0,482	0,067	0,226	0,022	0,437	0,279	0,540	0,242	0,236
September	0,166	0,223	0,081	0,111	0,066	0,246	0,946	0,802	0,629	0,852	0,433	0,210
Oktober	0,895	0,305	0,169	0,347	0,244	0,963	0,833	0,240	0,925	0,700	0,252	0,618
November	0,498	0,246	0,786	0,484	0,707	0,373	0,977	0,685	0,966	0,667	0,442	0,219
Desember	0,437	0,148	0,118	0,695	0,532	0,873	0,877	0,792	0,496	0,734	0,845	0,906

Tabel 6 menunjukkan hasil pembangkitan bilangan acak sebanyak 12 replikasi atau 12 kali pembangkitan bilangan acak untuk setiap bulannya seperti simulasi yang telah dijalankan pada penelitian Jufriyanto (2020).

c. Menganalisis hasil Simulasi Monte Carlo yang didapatkan yaitu dengan melihat pada data historis permintaan produk AMDK Botol 600 ml Bulan Januari—Desember 2022. Hasil Simulasi Monte Carlo tersebut dipaparkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Bulan	Replikasi Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Januari	23088	5544	21000	23232	13800	13800	8328	13800	23232	8328	23088	23232
Februari	23232	23232	8808	20136	8808	8328	13800	8808	29064	14832	21000	14832
Maret	5544	21000	14832	21000	21000	8328	13800	14832	23232	8808	13800	17616
April	8328	6624	23088	23088	23088	6624	8808	21000	14832	29064	21000	13800
Mei	13800	29064	8328	21000	23232	14832	8328	6624	8328	8328	14832	23232
Juni	20136	8808	29064	5544	8328	23232	8808	29064	14832	21000	21000	17616
Juli	29064	6624	20136	23088	23232	23088	23088	6624	14832	21000	29064	13800
Agustus	13800	5544	13800	14832	5544	8328	5544	14832	8808	17616	8328	8328
September	6624	8328	5544	6624	5544	8328	29064	23088	20136	23232	14832	8328
Oktober	23232	8808	8328	13800	8328	29064	23232	8328	29064	21000	8808	20136
November	14832	8328	23088	14832	21000	13800	29064	21000	29064	21000	14832	8328
Desember	14832	6624	6624	21000	17616	23232	23232	23088	14832	21000	23232	23232
<b>Jumlah</b>	<b>196512</b>	<b>138528</b>	<b>182640</b>	<b>208176</b>	<b>179520</b>	<b>180984</b>	<b>195096</b>	<b>191088</b>	<b>230256</b>	<b>215208</b>	<b>213816</b>	<b>192480</b>

Tabel 7 menunjukkan hasil Simulasi Monte Carlo dari 12 replikasi yang selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat akurasi dari masing-masing replikasinya untuk menentukan hasil yang paling optimal.

7	195.096	98,45%
8	191.088	99,49%
9	230.256	83,42%
10	215.208	89,25%
11	213.816	89,83%
12	192.480	99,79%

d. Menghitung tingkat akurasi dari 12 replikasi dengan menggunakan rumus pada persamaan (1). Hasil perhitungan tingkat akurasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Tingkat Akurasi Hasil Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Replikasi Ke-	Hasil Simulasi (Pcs)	Kondisi Saat Ini (Pcs)	Tingkat Akurasi
1	196.512	192.072	97,74%
2	138.528		72,12%
3	182.640		95,09%
4	208.176		92,26%
5	179.520		93,46%
6	180.984		94,23%

Tabel 8 menunjukkan adanya perbedaan tingkat akurasi pada setiap replikasi yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena bilangan acak yang dibangkitkan pada setiap replikasinya memiliki nilai yang berbeda-beda, sehingga bilangan acak menjadi kriteria yang penting dalam penentuan hasil simulasi (Munandar & Masrizal, 2019). Prasetyo & Tabares (2021) menjelaskan berdasarkan penelitiannya tentang Simulasi Monte Carlo, keakuratan hasil simulasi juga dipengaruhi oleh waktu siklus yang digunakan. Di mana keakuratan pada siklus harian dinilai lebih tinggi daripada menggunakan siklus bulanan. Sehingga semakin banyak jumlah

pembangkitan acak, maka hasil yang didapatkan akan lebih representatif pada sistem nyata. Sedangkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ihksan & Yunus (2021), nilai akurasi yang tinggi menunjukkan bahwa hasil tersebut merupakan hasil yang optimal.

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui hasil Simulasi Monte Carlo yang paling akurat yaitu pada replikasi ke-12, dengan tingkat akurasi yaitu sebesar 99,79%. Hasil Simulasi Monte Carlo pada replikasi ke-12 tersebut disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Perbandingan Hasil Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml dengan Data Historis Tahun 2022

Bulan	Hasil Simulasi Monte Carlo (Pcs)	Tahun 2022 (Pcs)
Januari	23.232	29.064
Februari	14.832	21.000
Maret	17.616	13.800
April	13.800	8.328
Mei	23.232	8.808
Juni	17.616	20.136
Juli	13.800	23.088
Agustus	8.328	14.832
September	8.328	6.624
Oktober	20.136	17.616
November	8.328	5.544
Desember	23.232	23.232
<b>Jumlah</b>	<b>192.480</b>	<b>192.072</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>16.040</b>	<b>16.006</b>

Tabel 9 menunjukkan hasil Simulasi Monte Carlo permintaan produk AMDK botol 600 ml untuk 12 bulan kedepan dengan jumlah permintaan yaitu sebanyak 192.480 Pcs. Jika dibandingkan dengan jumlah permintaan pada tahun 2022 yang berjumlah 192.072 Pcs, maka dapat diketahui hasil tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk mengetahui validitas dari hasil Simulasi Monte Carlo tersebut maka perlu dilakukan validasi dengan menggunakan uji-t berpasangan.

### 3.4. Validasi Hasil Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

Validasi hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan antara data historis dan data hasil simulasi dengan bantuan Software Microsoft Excel. Hasil dari perhitungan uji-t berpasangan dipaparkan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Uji-t Berpasangan Antara Data Historis dan Hasil Simulasi Monte Carlo Permintaan Produk AMDK Botol 600 ml

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Jumlah Permintaan (Pcs)	Hasil Simulasi (Pcs)
Mean	16006	16040
Variance	57450288	33348968,73
Observations	12	12
Pearson Correlation	0,542355554	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-0,01789468	
P(T<=t) one-tail	0,493021664	
t Critical one-tail	1,795884819	
P(T<=t) two-tail	0,986043329	
t Critical two-tail	2,20098516	

Hasil uji-t berpasangan pada Tabel 10 menunjukkan nilai t hitung yaitu -0,01789468 dan nilai t tabel yaitu 2,20098516. Maka nilai t hitung < t tabel dan memenuhi hipotesis  $H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0$ . Interpretasi yang dapat diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata permintaan produk AMDK botol 600 ml antara data aktual perusahaan dengan hasil simulasi. Sehingga hasil simulasi dinyatakan valid dan dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya.

### 3.5. Simulasi Monte Carlo Lead Time Pemesanan Botol 600 ml

Simulasi Monte Carlo untuk memprediksi *lead time* pemesanan botol 600 ml periode Januari—Desember 2023 dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Menghitung distribusi probabilitas, distribusi probabilitas kumulatif, dan interval angka acak dari *lead time* pemesanan botol 600 ml yang ditunjukkan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Distribusi Frekuensi Lead Time Pemesanan Botol 600 ml

Lead Time (Hari)	Frekuensi	Prob.	Prob. Kumulatif	Interval Angka Acak
4	1	0,5	0,5	0,0—0,50
11	1	0,5	1	0,51—1
<b>Jumlah</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		

Berdasarkan Tabel 11 didapatkan interval angka acak *lead time* pemesanan botol 600 ml yang selanjutnya digunakan untuk menentukan interval hasil Simulasi Monte Carlo.

- Membangkitkan bilangan acak sebanyak 12 kali replikasi dengan menggunakan Microsoft Excel yang ditunjukkan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Pembangkitan Bilangan Acak Simulasi Monte Carlo Lead Time Pemesanan Botol 600 ml

Pemesanan Ke-	Replikasi Ke-											
Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,00	0,22	0,45	0,24	0,01	0,63	0,73	0,42	0,32	0,31	0,32	0,40
2	0,34	0,02	0,71	0,56	0,99	0,91	0,36	0,96	0,09	0,16	0,46	0,92

Tabel 12 menunjukkan hasil pembangkitan bilangan acak yang selanjutnya dianalisis sebagai hasil Simulasi Monte Carlo *lead time* pemesanan botol 600 ml.

- c. Menganalisis hasil Simulasi Monte Carlo yang didapatkan yaitu dengan melihat pada data historis

**Tabel 13.** Hasil Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml

Pemesanan Ke-	Replikasi Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4	4	4	4	4	11	11	4	4	4	4	4
2	4	4	11	11	11	11	4	11	4	4	4	11
<b>Jumlah</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>15</b>

Tabel 13 menunjukkan hasil Simulasi Monte Carlo *lead time* pemesanan botol 600 ml dari 12 replikasi yang selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat akurasi untuk memperoleh hasil yang paling optimal.

- d. Menentukan hasil simulasi yang paling akurat dengan melakukan perhitungan tingkat akurasi untuk masing-masing replikasi dengan menggunakan rumus pada persamaan (1). Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Tingkat Akurasi Hasil Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml

Replikasi Ke-	Hasil Simulasi (Hari)	Kondisi Saat Ini (Hari)	Tingkat Akurasi
1	8		53%
2	8		53%
3	15		100%
4	15		100%
5	15		100%
6	22		68%
7	15	15	100%
8	15		100%
9	8		53%
10	8		53%
11	8		53%
12	15		100%

Berdasarkan Tabel 14 dapat diketahui replikasi ke-3,4,5,7,8, dan 12 memiliki tingkat akurasi yang sama, yaitu sebesar 100%. Maka dari itu, dipilih salah satu replikasi sebagai hasil simulasi yang paling akurat, yaitu replikasi ketiga. Hasil Simulasi Monte Carlo replikasi ketiga tersebut dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 15.** Perbandingan Hasil Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml dengan Data Historis Tahun 2022

Pemesanan Ke-	Hasil Simulasi Monte Carlo (Hari)	Tahun 2022 (Hari)
1	4	11
2	11	4
<b>Rata-rata</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>

Tabel 15 menunjukkan hasil Simulasi Monte Carlo *lead time* pemesanan botol 600 ml untuk periode 1 tahun kedepan yaitu selama 4 dan 11 hari.

*lead time* pemesanan botol 600 ml Bulan Januari—Desember 2022. Hasil Simulasi Monte Carlo tersebut disajikan pada Tabel 13.

### 3.6. Validasi Hasil Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml

Validasi hasil Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan antara data historis dan data hasil simulasi. Hasil dari perhitungan uji-t berpasangan disajikan pada Tabel 16.

**Tabel 16.** Hasil Uji-t Berpasangan Antara Data Historis dan Hasil Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Botol 600 ml

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Lead Time (Hari)</i>	<i>Hasil Simulasi (Hari)</i>
Mean	7,5	7,5
Variance	24,5	24,5
Observations	2	2
Pearson Correlation	-1	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1	
t Stat	0	
P(T<=t) one-tail	0,5	
t Critical one-tail	6,313751515	
P(T<=t) two-tail	1	
t Critical two-tail	12,70620474	

Tabel 16 yang memuat hasil uji-t berpasangan menunjukkan nilai t hitung yaitu 0 dan nilai t tabel yaitu 12,70620474. Maka nilai t hitung < t tabel dan memenuhi hipotesis  $H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0$ . Sehingga hasil simulasi dapat dinyatakan valid karena tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata *lead time* pemesanan botol 600 ml antara data aktual perusahaan dengan hasil simulasi. Hasil tersebut selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam perhitungan EOQ Probabilistik.

### 3.7. Perhitungan EOQ Probabilistik

Setelah didapatkan hasil peramalan dengan menggunakan Simulasi Monte Carlo, selanjutnya berdasarkan hasil peramalan tersebut dilakukan perhitungan EOQ Probabilistik untuk mendapatkan kuantitas pemesanan optimal. Biaya persediaan yang digunakan adalah biaya persediaan pada Tabel 4, yaitu pemesanan dengan kuantitas  $\leq 60.000$  Pcs. Perhitungan EOQ Probabilistik dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah perhitungan yang telah dijelaskan pada subbab 2. Hasil dari perhitungan EOQ Probabilistik dirangkum pada Tabel 17.

**Tabel 17.** Hasil Perhitungan EOQ Probabilistik

Material	D	S	H	q	BKP	P(KP)	1-P(KP)	Z	EDL	SS	ROP	Q
Botol 600 ml	192.480	1.290.000	1.313	19.448	301	0,4407	0,5593	0,1492	4.936	737	5.673	19.449

Berdasarkan Tabel 17, diketahui nilai EOQ Probabilistik atau Q yaitu sebesar 19.449 Pcs. Oleh karena itu ketika melakukan pemesanan material, jumlah yang harus dipesan oleh perusahaan yaitu sebanyak 19.449 Pcs. Dalam perhitungan EOQ Probabilistik juga sudah mencakup perhitungan mengenai *service level*, *safety stock* dan *reorder point*. Yang mana menurut Eviondra & Vanany (2021), *service level* memiliki keterkaitan erat dengan nilai *safety stock*, *reorder point*, dan *total inventory cost*. Tinggi rendahnya nilai *service level* dipengaruhi oleh peluang kehabisan persediaan (P(KP)) atau yang lebih dikenal dengan *probability of stockout*. Yang mana semakin tinggi peluang kehabisan persediaan maka semakin rendah nilai *service level* yang dicapai, dan sebaliknya.

Oleh karena itu, untuk meminimalisir jumlah *stockout*, maka perusahaan harus memiliki nilai *service level* yang tinggi. Namun, kondisi ini menyebabkan tingginya nilai *safety stock* dan *reorder point*, yang mana dapat mengakibatkan tingginya pula total biaya persediaan yang harus dikeluarkan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya *trade off* antara *service level* dan total biaya persediaan (TIC). Maka dari itu, perusahaan perlu menggunakan parameter persediaan yang tepat untuk memastikan bahwa pengendalian persediaan yang dilakukan dapat mencapai kinerja yang baik ditinjau dari pencapaian *service level* yang memenuhi target dan total biaya persediaan yang optimal.

Penggunaan metode *Economic Order Quantity* Probabilistik selain mempertimbangkan kuantitas dan biaya, sebaiknya juga mempertimbangkan faktor-faktor lainnya, seperti kemampuan *supplier* dalam memenuhi kebutuhan material dan juga kapasitas gudang perusahaan (Efendi et al., 2019). Dari segi *supplier* tidak terdapat kendala dalam menyediakan kebutuhan material, dalam artian material selalu tersedia kapanpun dilakukan pemesanan. Hanya saja, terdapat antrian pemesanan dari perusahaan perusahaan lain yang mengakibatkan adanya ketidakpastian *lead time* atau waktu tunggu dalam pemesanan. Adapun gudang material yang dimiliki oleh Perumda Tirta Kanjuruhan Malang memiliki kapasitas maksimum yang cukup besar yaitu sekitar 240.000 Pcs untuk material botol dan 480.000 Pcs untuk material *cup*. Maka dapat disimpulkan perusahaan tidak akan mengalami permasalahan dalam penyimpanan material jika menerapkan metode EOQ Probabilistik.

### 3.8. Perbandingan Total Biaya Persediaan Antara Kondisi Saat Ini dan Usulan Penelitian

Perbandingan total biaya persediaan antara kondisi saat ini dan usulan penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari usulan penelitian. Selain itu juga untuk mengetahui metode apa yang lebih efektif yaitu dengan total biaya persediaan yang lebih minimum (Herlambang & Ayu, 2021). Total biaya persediaan pada kondisi saat ini diartikan sebagai perhitungan total biaya persediaan pada *demand* hasil peramalan menggunakan pengelolaan persediaan sesuai dengan kebijakan perusahaan. Diketahui Perumda Tirta Kanjuruhan Malang melakukan pemesanan botol 600 ml sebanyak 2 kali dalam setahun dan kebijakan perusahaan yang menggunakan model perhitungan deterministik tidak memperhitungkan adanya kehabisan persediaan, atau dianggap tidak terjadi kehabisan persediaan. Sehingga nilai  $n(KP)$  adalah nol.

Perhitungan total biaya persediaan pada kondisi saat ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (13) dan data biaya persediaan pada Tabel 3, karena kuantitas pemesanan  $\geq 60.000$  Pcs dalam satu kali pemesanan. Sedangkan total biaya persediaan usulan penelitian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dan data biaya persediaan pada Tabel 4 karena kuantitas pemesanan  $\leq 60.000$  Pcs dalam satu kali pemesanan. Perbandingan biaya persediaan antara kondisi saat ini dan usulan penelitian ditunjukkan pada Tabel 18.

**Tabel 18.** Perbandingan Biaya Persediaan Botol 600 ml

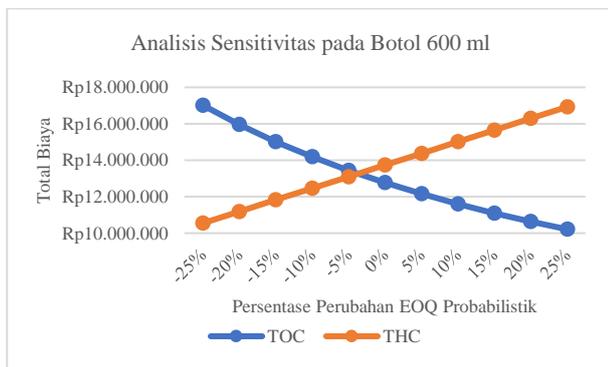
	Kondisi Saat Ini	Usulan Penelitian
Total Biaya Pemesanan	Rp 80.000,00	Rp 12.766.682,00
Total Biaya Penyimpanan	Rp 63.181.560,00	Rp 13.735.950,00
Total Biaya Kehabisan Persediaan	0	Rp 1.313,00
<i>Total Inventory Cost</i>	Rp 63.261.560,00	Rp 26.503.945,00
Penghematan		Rp 36,757.615,00
Persentase Penghematan		58,1%

Perbandingan biaya persediaan pada Tabel 18 menunjukkan adanya penghematan yang cukup signifikan antara kondisi saat ini dan usulan penelitian. Dengan menggunakan metode usulan penelitian, total biaya pemesanan memiliki nilai yang lebih tinggi sekitar 160 kali lipat jika dibandingkan dengan metode perusahaan karena frekuensi pemesanan yang lebih banyak. Namun, pada total biaya penyimpanan didapatkan nilai yang lebih rendah sekitar 5 kali lipat jika dibandingkan dengan metode perusahaan, karena material yang disimpan sesuai dengan keperluan permintaannya, sehingga tidak terjadi penumpukan material yang disimpan. Metode usulan penelitian juga

memperhatikan adanya peluang kehabisan persediaan sehingga dapat meminimumkan biaya persediaan dengan total penghematan sebesar 58,1% dari total biaya persediaan saat ini.

### 3.9. Analisis Sensitivitas EOQ Probabilistik Terhadap Total Biaya Pemesanan dan Penyimpanan

Berdasarkan pemaparan mengenai adanya *trade off* antara total biaya pemesanan (*total ordering cost*) dan total biaya penyimpanan (*total holding cost*) pada sub-subbab 3.10, maka perlu dilakukan analisis sensitivitas EOQ Probabilistik terhadap biaya-biaya tersebut. Hasil analisis sensitivitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Analisis Sensitivitas EOQ Probabilistik Terhadap Total Biaya Pemesanan dan Penyimpanan

Gambar 3 menunjukkan adanya perubahan nilai total biaya pemesanan dan total biaya penyimpanan ketika nilai EOQ Probabilistik ditambah atau dikurangi hingga 25% dari nilai awal, sementara nilai parameter lain tetap. Garis berwarna biru menggambarkan perubahan nilai total biaya pemesanan (*total ordering cost*), sedangkan garis berwarna oranye menggambarkan perubahan nilai total biaya penyimpanan (*total holding cost*).

Hasil analisis sensitivitas ini menunjukkan hasil yaitu jika diberikan perubahan penurunan EOQ Probabilistik sebesar 5%, maka total biaya pemesanan akan meningkat sebesar 5—6%. Namun total biaya pemesanan akan mengalami penurunan sebesar 4—5% jika diberikan perubahan peningkatan EOQ Probabilistik sebesar 5%. Sedangkan pada total biaya penyimpanan jika diberikan perubahan penurunan EOQ Probabilistik sebesar 5%, akan terjadi penurunan pula pada total biaya penyimpanan yaitu sebesar 5—6%. Demikian pula jika diberikan perubahan kenaikan EOQ Probabilistik sebesar 5%, maka total biaya penyimpanan juga akan mengalami kenaikan sebesar 4—5%. Perubahan tersebut terus bergerak secara konstan hingga mencapai interval perubahan EOQ Probabilistik sebesar 25%.

Hal ini selaras dengan pernyataan Ningsih & Bz (2021) yaitu biaya pemesanan berbanding lurus dengan frekuensi pemesanan dan berbanding terbalik dengan kuantitas barang yang dipesan. Yang berarti jika pemesanan dilakukan dengan kuantitas pesanan yang

rendah dan dengan frekuensi yang tinggi, maka biaya pemesanan akan tinggi, sedangkan biaya penyimpanan akan rendah. Ini disebabkan karena pemesanan dengan kuantitas material yang sedikit akan membuat persediaan yang disimpan di gudang menjadi sedikit, sehingga biaya penyimpanan cenderung lebih rendah. Oleh karena itu, diperlukan metode pengendalian persediaan yang sesuai untuk mendapatkan kuantitas pemesanan material yang optimal, sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan.

### 3.10. Usulan Perbaikan Pengendalian Persediaan Botol 600 ml

Berdasarkan pembahasan perbandingan total biaya persediaan pada sub-subbab 3.8, diketahui nilai total biaya persediaan pada metode usulan penelitian memiliki nilai yang lebih minimum jika dibandingkan dengan kondisi pada saat ini. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Timothy & Sumarauw (2020) menunjukkan bahwa metode dengan biaya paling minimum merupakan metode yang terbaik dalam pengendalian persediaan. Oleh karena itu, penggunaan metode gabungan antara Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik ini dipilih menjadi rekomendasi terbaik sebagai metode pengendalian persediaan material untuk Perumda Tirta Kanjuruhan Malang.

Penelitian menggunakan Simulasi Monte Carlo juga dilakukan oleh Syata et al. (2022) untuk mermalkan permintaan tanaman hias secara harian di salah satu usaha tanaman hias rumahan selama 100 hari kedepan. Hasil penelitian menggunakan metode EOQ yang dilakukan oleh Purwandini et al. (2019) menunjukkan penghematan biaya yang cukup signifikan karena turut memperhatikan adanya *reorder point* (ROP), sehingga didapatkan jumlah frekuensi pemesanan yang optimal.

Usulan perbaikan persediaan material hasil analisis menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik ditunjukkan pada Tabel 19.

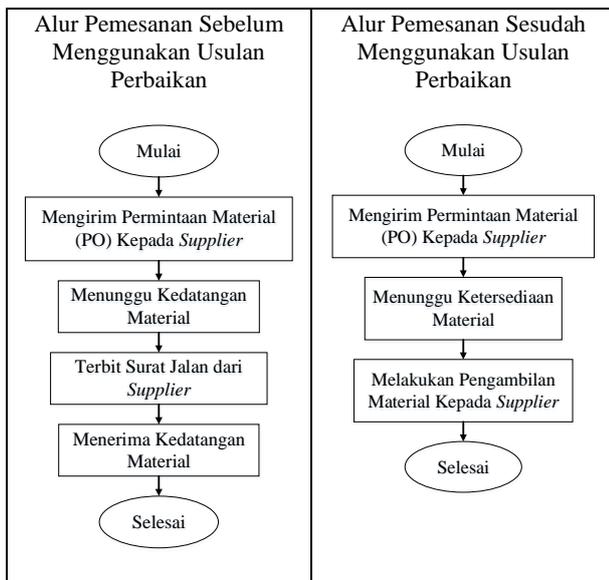
**Tabel 19.** Usulan Perbaikan Persediaan Material

Uraian	Total
Permintaan Produk AMDK Selama 1 Tahun	192.480 Pcs
Kuantitas Pemesanan Material	19.449 Pcs
Frekuensi Pemesanan Material	10 kali
<i>Safety Stock</i>	737 Pcs
<i>Reorder Point</i>	5.673 Pcs
<i>Total Inventory Cost</i>	Rp 26.503.945,00

Tabel 19 menunjukkan permintaan produk AMDK untuk 1 tahun kedepan diprediksikan berjumlah 192.480 Pcs. Lamanya *expected lead time* setiap kali pemesanan yaitu selama 8 hari. Pemesanan tersebut dilakukan setiap kali persediaan tersisa 5.673 Pcs dengan jumlah material yang dipesan sebanyak 19.449 Pcs setiap kali pemesanan. Sehingga didapatkan frekuensi pemesanan dalam 1 tahun yaitu sebanyak 10 kali pemesanan. Dalam kebijakan pengendalian persediaan ini sudah mencakup persediaan pengaman sebanyak 737 Pcs botol 600 ml.

Dengan menggunakan kebijakan ini total biaya persediaan yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu satu tahun yaitu sebesar Rp 26.503.945,00.

Berdasarkan usulan perbaikan yang menggunakan kuantitas pemesanan optimum kurang dari 60.000 Pcs ini, maka terdapat perubahan proses bisnis pada alur pemesanan material. Proses bisnis yang berubah tersebut dapat dilihat perbandingannya pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Perbandingan Alur Pemesanan Material Sebelum dan Sesudah Menggunakan Usulan Perbaikan

Gambar 4 menunjukkan perbandingan alur pemesanan material pada saat sebelum dan sesudah menggunakan metode usulan perbaikan. Gambar pada sebelah kiri menunjukkan alur pemesanan material sebelum menggunakan usulan perbaikan yaitu ketika pemesanan dilakukan dengan kuantitas yang memenuhi syarat minimum pengiriman oleh *supplier* sebesar 60.000 Pcs. Pemesanan material diawali dengan perusahaan mengirimkan surat permintaan material atau yang biasa disebut dengan *Purchase Order* (PO). Selanjutnya yaitu menunggu kedatangan material saat material masih disiapkan oleh *supplier*. Jika material sudah tersedia, maka *supplier* akan mengirimkan surat jalan dan pengiriman material dilakukan oleh *supplier*, sehingga perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya untuk pengiriman material.

Gambar sebelah kanan menjelaskan mengenai alur pemesanan material setelah menggunakan usulan perbaikan. Alur tersebut berbeda dengan alur pemesanan saat ini karena jika menggunakan usulan perbaikan, maka pemesanan dilakukan dengan kuantitas yang kurang dari syarat minimum pengiriman oleh *supplier*. Perbedaan alur pemesanan tersebut terdapat pada proses pengiriman material yang semula *supplier* mengirimkan material yang dipesan bersamaan dengan surat jalan, menjadi perusahaan yang harus melakukan pengambilan material sendiri ketika material telah disiapkan oleh *supplier*.

Oleh karena itu, perusahaan perlu mengeluarkan tambahan biaya pemesanan berupa biaya angkut. Meskipun harus mengeluarkan total biaya pemesanan yang cukup besar, tetapi usulan perbaikan ini lebih efektif karena dapat mengoptimalkan jumlah material yang disimpan di gudang, sehingga total biaya penyimpanan lebih minimum.

#### 4. Kesimpulan

Hasil Simulasi Monte Carlo untuk jumlah permintaan produk AMDK Botol 600 ml untuk periode selanjutnya yaitu sebanyak 192.480 Pcs. Hasil Simulasi Monte Carlo untuk *lead time* pemesanan botol 600 ml pada periode selanjutnya adalah selama 4 hari dan 11 hari. Nilai *expected lead time* setiap pemesanan yang didapatkan yaitu 8 hari. Hasil perhitungan jumlah optimum pemesanan menggunakan metode EOQ Probabilistik untuk botol 600 ml adalah 19.449 Pcs/pemesanan. Nilai *Safety Stock* (SS) yang didapatkan yaitu sebanyak 737 Pcs dengan *Reorder Point* (ROP) sebanyak 5.673 Pcs. Hasil perbandingan total biaya persediaan menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode usulan penelitian didapatkan nilai total biaya persediaan yang lebih minimum yaitu dengan penghematan sebesar Rp 36,757.615,00 atau sekitar 58,1% dari total biaya persediaan saat ini.

Pada penelitian ini periode data yang diolah pada Simulasi Monte Carlo adalah data selama 1 tahun operasional, bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat menambah banyaknya periode data yang akan diolah pada Simulasi Monte Carlo, sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih akurat dan representatif.

#### Daftar Pustaka

- Agada, P. O., & Ogwuche, E. H. (2019). A Probabilistic Economic Order Quantity (EOQ) Model For Inventory Management of Drugs and Hospital Consumables. *FUW Trends in Science & Technology Journal*, 2(2), 737–742.
- Efendi, J., Hidayat, K., & Faridz, R. (2019). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kerupuk Mentah Potato dan Kentang Keriting Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 18(2), 125–134. <https://doi.org/10.20961/performa.18.2.35418>
- Eviondra, A., & Vanany, I. (2021). Analisa Persediaan Spare Parts Berdasarkan Klasifikasi ABC-FSN dan Realibility Centered Spares pada Industri Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2).
- Herlambang, & Ayu, N. S. (2021). Assessing the Cost Efficiency of Raw Materials Inventory Using the Economic Order Quantity Method. *Priviet Social Sciences Journal*, 1(2), 13–19.
- Ihksan, M., & Yunus, Y. (2021). Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Tingkat Pendapatan Penjualan Kuliner. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3(1), 8–11. <https://doi.org/10.37034/inf.v3i1.63>
- Jufriyanto, M. (2020). Peramalan Permintaan Keripik

- Singkong dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 6(2), 107–113.
- Larasati, A., Muid, A., & Eridani, V. (2021). *Simulasi industri* (1st ed.). Baskara Media.
- Lati, G. M., & Altavia, N. N. (2022). Pengendalian Biaya Persediaan Metoclopramide Hcl di PT ZZZ Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ). *Jurnal Logistik Bisnis*, 12(02), 94–102.
- Munandar, M. H., & Masrizal. (2019). Simulasi Penjualan Arang Batok Kelapa dengan Menggunakan Metode Monte Carlo pada CV. Banjar Berniaga. *Jurnal Ilmiah Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Labuhanbatu*, 7(2), 100–105.
- Naim, M. A., & Donoriyanto, D. S. (2020). Pengendalian Persediaan Obat di Apotek XYZ Dengan Menggunakan Simulasi Monte. *Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 01(02), 1–11.
- Ningsih, M. B., & Bz, F. S. (2021). Analisis Economic Order Quantity Terhadap Prediksi Persediaan (Studi Empiris pada UMKM Manufaktur di Kota Banda Aceh). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Akuntansi (JIMEKA)*, 6(1), 10–19.
- Nirmal, A., Ahmad, & Kristina, J. (2022). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Cabai Bubuk untuk Mengeliminasi Stockout dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 1(3), 329–339.
- Permana, I. P. Y. S., & Purwaningsih, E. (2022). Penerapan Simulasi Virtual Pembelajaran Fisika Terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Materi Suhu dan Kalor di Masa Pandemi Covid-19. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 10(1), 17–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v10i1.4292>
- Prasetyo, Y. T., & Tabares, B. (2021). A Simulation-based Method for Predicting the Time-varying Passenger Demand at Metro Rail Transit Line 3 Using Monte Carlo Simulation. *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), December 2020*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IEEM45057.2020.9309969>
- Prawita, R., Sumijan, S., & Nurcahyo, G. W. (2020). Simulasi Metode Monte Carlo dalam Menjaga Persediaan Alat Tulis Kantor (Studi Kasus di IAIN Batusangkar). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3, 72–77. <https://doi.org/10.37034/infeb.v3i2.69>
- Purwandini, H. Y., Soegiarto, E., & Maulana, M. (2019). Analisis Pengendalian Manajemen Atas Persediaan Bahan Kimia dengan Metode EOQ (Economic Order Quantity) dan ROP (Reorder Point) di PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda. *Ekonomia*, 8(2), 276–290.
- Rahmatulloh, N., & Arifin, J. (2022). Analisis Penerapan Metode Klasifikasi ABC dan EOQ pada Persediaan Bahan Baku di UKM Semprong Amoundy. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 21(2), 179–189. <https://doi.org/doi.org/10.20961/performa.21.2.58>
- 126
- Situmorang, L. A., & Purwaningsih, R. (2021). Model Inventory Economic Order Quantity (Eoq) Probabilistik Dalam Pengendalian Persediaan Material Pada PT Pabrik Es Siantar. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 2579–6429.
- Syata, I., Nurman, T. A., & Adnan, A. N. B. (2022). Simulasi Monte Carlo dalam Meramalkan Pola Permintaan Tanaman Hias Melalui Usaha Rumahan di Tengah Pandemi Covid 19. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 10(2), 79–84.
- Timothy, T., & Sumarauw, J. (2020). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kemasan Plastik pada PT Asegar Murni Jaya Desa Tumulung Kab. Minahasa Utara. *Jurnal EMBA*, 8(1), 2180–2188.