

## **ANALISIS EFEKTIVITAS METODE ECONOMIC ORDER QUANTITY DALAM PENGENDALIAN PERSEDIAAN KOMPONEN MESIN UNIT EXCAVATOR**

**Sechar Nurul Fadillah<sup>1</sup>, Surojo<sup>1</sup>✉**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉surojo@ugm.ac.id

Received 13 March 2024, Revised 1 June 2024, Accepted 10 June 2024

### **ABSTRAK**

Pengelolaan persediaan menjadi aspek krusial dalam operasional perusahaan, terutama dalam konteks layanan *service* unit alat berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dalam pengendalian persediaan *sparepart service* unit excavator XCMG XE490DK. Dengan fokus pada implementasi EOQ pada beberapa sampel *sparepart*, seperti *Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CL-4*, *Oil Filter LF9080*, *Fuel Filter/Water Separator FS19763*, dan *Fuel Filter FS1000*, penelitian ini menemukan hasil yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode EOQ mampu menentukan jumlah pemesanan yang optimal, frekuensi pemesanan optimal, persediaan pengaman (*safety stock*) optimal, dan titik pemesanan kembali (*reorder point*) optimal untuk setiap sampel *sparepart*. Lebih penting lagi, metode EOQ terbukti secara signifikan lebih menguntungkan, dengan kemampuannya menghemat biaya persediaan hingga 92,10%. Temuan ini memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi operasional dan profitabilitas Perusahaan. Implementasi dari penelitian ini menyoroti pentingnya penerapan metode EOQ dalam pengelolaan persediaan *sparepart*, khususnya pada unit excavator XCMG XE490DK. Studi ini memberikan dasar yang kuat untuk merekomendasikan metode EOQ sebagai pendekatan yang efektif dalam mengoptimalkan pengendalian persediaan dan penghematan biaya yang substansial.

*Kata Kunci:* *Economic Order Quantity*, *Sparepart*, *excavator*, *XCMG*, *persediaan*

### **1 PENDAHULUAN**

Sebagian besar perusahaan menerapkan metode pengelolaan suku cadang internal tanpa mencari alternatif yang mungkin lebih menguntungkan, dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti biaya pembelian, biaya penyimpanan, dan faktor-faktor lainnya. Salah satu metode yang kritis dalam manajemen persediaan *sparepart* adalah EOQ. EOQ menjadi penting karena membantu perusahaan menentukan jumlah pemesanan optimal yang mengoptimalkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan, sehingga mencapai efisiensi dalam pengelolaan persediaan [1].

*Economic Order Quantity* (EOQ) adalah suatu metode dalam manajemen persediaan yang dirancang untuk menentukan jumlah optimal barang yang harus dipesan agar dapat meminimalkan total biaya persediaan. Metode ini mempertimbangkan biaya pemesanan (ordering cost) dan biaya penyimpanan (holding cost) untuk mencapai keseimbangan yang optimal dalam pengelolaan persediaan. Jumlah pesanan optimal yang dihitung dengan menggunakan metode EOQ menciptakan keseimbangan antara biaya pemesanan yang meningkat dengan peningkatan frekuensi pemesanan dan biaya penyimpanan yang meningkat seiring dengan peningkatan jumlah persediaan. Tujuan utama dari EOQ adalah untuk mengoptimalkan total biaya persediaan dan memastikan ketersediaan barang yang cukup untuk menjaga kelancaran operasional [1-3].

Artikel ini berfokus pada studi kasus yang berkaitan dengan pengelolaan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) pada *sparepart service* unit excavator XCMG XE490DK yang digunakan oleh PT Multi Usaha Tambang. Unit excavator XCMG XE490DK merupakan populasi terbesar dari seluruh unit excavator yang dimiliki oleh PT Multi Usaha Tambang, populasinya mencapai hingga 36% dari ketersediaan unit excavator lainnya. Untuk menjamin keandalan dan ketersediaan alat berat, manajemen perawatan yang efektif menjadi krusial. Dengan penerapan manajemen perawatan yang optimal, perusahaan dapat mencegah kerusakan yang tak terduga, memperpanjang masa pakai alat berat, dan meningkatkan produktivitas operasional. Salah satu aspek kunci dalam manajemen perawatan adalah penggantian *sparepart* sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Dalam beberapa kategori *sparepart*, *sparepart service* memerlukan penggantian yang cepat guna menjaga kinerja dan keandalan unit, sehingga operasional perusahaan dapat terus berjalan dengan lancar. Namun, dalam mengelola persediaan *sparepart*, perusahaan sering menghadapi berbagai masalah dan kendala yang dapat mempengaruhi kinerja dan profitabilitas mereka. Salah satu permasalahan utama adalah kesalahan dalam menentukan jumlah persediaan, yang dapat menghambat profitabilitas perusahaan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menginvestigasi pengendalian sparepart menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Temuan penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode EOQ dapat menoptimalkan kuantitas pembelian dengan total biaya pengeluaran yang lebih efisien dibandingkan dengan metode pengendalian lainnya [4]. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh [5] yang mengeksplorasi pengendalian persediaan suku cadang menggunakan metode EOQ. Penelitian tersebut menyatakan bahwa penerapan metode EOQ dapat menghasilkan pengehematan biaya persediaan sebesar 25% dalam satu tahun. Oleh karena itu, peneliti menganjurkan untuk menerapkan metode EOQ dalam manajemen persediaan suku cadang untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya persediaan. Dari rangkuman beberapa penelitian terdahulu yang mencakup pengendalian persediaan menggunakan metode EOQ, dapat disimpulkan bahwa metode ini memberikan manfaat signifikan dalam pengelolaan persediaan, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi biaya operasional perusahaan.

## 2 METODOLOGI

Objek penelitian dalam proyek ini mencakup data pemesanan komponen (work order) dari periode April 2022 – Maret 2023 di PT Multi Usaha Tambang. Analisis data dilakukan dengan menghimpun informasi dari empat sampel data sparepart service yaitu, oil engine, oil filter, fuel filter, dan fuel filter/water separator pada unit excavator XCMG XE490DK. Data tersebut kemudian diolah dan dibandingkan. Proses analisis menggunakan metode perbandingan antara metode *Economic Order Quantity* dengan metode perusahaan.

Penggunaan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) telah menjadi pendekatan yang umum digunakan dalam mengelola persediaan di berbagai sektor industry. EOQ membantu perusahaan menentukan jumlah optimal pemesanan yang dapat meminimalkan total biaya persediaan, termasuk biaya pemesanan yang dapat meminimalkan total biaya persediaan, termasuk biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Penerapan metode EOQ membawa manfaat signifikan dalam pengendalian persediaan, memungkinkan Perusahaan untuk mengoptimalkan Tingkat persediaan, mengurangi biaya penyimpanan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Studi empiris tentang penerapan metode EOQ dalam berbagai konteks industry telah banyak ditemukan dalam literatur akademis [6-7].

### 2.1 Economic Order Quantity

*Economic Order Quantity* (EOQ) digunakan untuk menghitung jumlah pemesanan optimal yang harus dilakukan dalam rangka meminimalkan biaya total persediaan. Rumus EOQ didasarkan pada beberapa asumsi, antara lain permintaan yang konstan dan teratur, biaya penyimpanan yang konstan, serta biaya pemesanan yang tetap.

Rumus EOQ secara umum dinyatakan sebagai berikut:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1)$$

Dalam perhitungan EOQ, faktor-faktor tersebut saling berinteraksi. Tingkat permintaan tahunan (D) memberikan gambaran tentang seberapa sering pesanan perlu dilakukan, sedangkan biaya pemesanan (S) dan biaya penyimpanan (H) mempengaruhi besar kecilnya EOQ. Tujuan utama dari menggunakan rumus EOQ adalah untuk mencapai keseimbangan antara biaya penyimpanan dan biaya pemesanan.

Rumus EOQ adalah salah satu model yang paling umum digunakan dalam manajemen persediaan [8]. Model ini membantu perusahaan dalam mengoptimalkan pengelolaan persediaan dengan meminimalkan biaya total yang terkait dengan persediaan. Dengan menggunakan rumus EOQ, perusahaan dapat menghitung jumlah pesanan yang optimal, interval waktu antara pesanan, serta meminimalkan biaya penyimpanan dan biaya pemesanan [8].

### 2.2 Frekuensi pemesanan optimal

Frekuensi pemesanan optimal merujuk pada jumlah kali perusahaan melakukan pemesanan dalam setiap periode (tahun) dengan membagi kuantitas permintaan per periode dengan kuantitas pemesanan optimal per periode.

$$f = \frac{D}{EOQ} \quad (2)$$

### 2.3 Lead Time

*Lead time* adalah periode waktu yang diperlukan dari saat pemesanan dilakukan hingga barang diterima atau tersedia untuk digunakan. *Lead time* terdiri dari dua komponen utama *lead time pengiriman* (*delivery lead time*) and *lead time pemesanan* (*ordering lead time*). Dalam penelitian [9], diidentifikasi salah satu faktor kunci dalam manajemen persediaan.

### 2.4 Persediaan pengaman (*Safety stock*)

*Safety Stock*, juga dikenal sebagai persediaan pengaman, adalah persediaan tambahan yang diperintahkan oleh perusahaan sebagai langkah pencegahan untuk mengatasi ketidakpastian dalam permintaan pelanggan atau keterlambatan dalam pengiriman persediaan. Penelitian [10] mengeksplorasi peranan *safety stock* dalam manajemen persediaan dan menyoroti pentingnya perencanaan yang akurat dalam menentukan *safety stock* yang optimal.

Ada beberapa faktor yang menjadi alasan penting untuk melakukan safety stock dalam manajemen persediaan:

1. Ketidakpastian permintaan pelanggan. Permintaan pelanggan cenderung berfluktuasi dan sulit diprediksi dengan akurasi mutlak.
2. Faktor ketidakpastian dalam *Lead time*. Ketidakpastian dalam *lead time* dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti keterlambatan pengiriman dari pemasok, masalah logistik, atau gangguan produksi.
3. Faktor risiko pasokan. Risiko pasokan dapat terjadi akibat gangguan dalam rantai pasok, seperti bencana alam, pemogokan, atau kelangkaan bahan baku.

4. Faktor persaingan di pasar. Dalam persaingan bisnis yang ketat, kecepatan dalam memenuhi permintaan pelanggan menjadi kunci keberhasilan.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, perusahaan dapat menentukan tingkat *safety stock* yang tepat untuk menjaga kelancaran operasional dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Rumus yang umum digunakan untuk menghitung *safety stock* adalah:

$$SS = Z\sigma\sqrt{LT} \quad (3)$$

$Z$  adalah angka *z-score* yang terkait dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan. *Z-score* mengacu pada jumlah standar deviasi yang sesuai dengan tingkat kepercayaan tertentu. Misalnya, untuk tingkat kepercayaan 95%, nilai  $Z$  akan menjadi sekitar 1,96.

Penelitian yang dilakukan [11] membahas penggunaan rumus *safety stock* dalam EOQ untuk mengoptimalkan tingkat persediaan dan meningkatkan efisiensi rantai pasok. Studi ini mengungkapkan bahwa rumus *safety stock* dapat membantu perusahaan menghindari kekurangan stok yang merugikan, mengurangi resiko biaya kehilangan penjualan, dan meningkatkan pelayanan pelanggan. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya peramalan yang akurat dan data yang baik dalam menghitung *safety stock* yang optimal.

## 2.5 Titik pemesanan Kembali (*Reorder point*)

*Reorder point* (titik pemesanan ulang) adalah salah satu konsep penting dalam manajemen persediaan yang berkaitan dengan pengaturan waktu pemesanan ulang. *Reorder point* mengacu pada jumlah persediaan yang harus dicapai sebelum melakukan pemesanan ulang agar mencegah kekurangan persediaan. Konsep ini memperhitungkan tingkat permintaan, waktu pemesanan, dan *lead time* (waktu pemesanan hingga pengiriman) untuk menentukan kapan perlu dilakukan pemesanan ulang.

*Reorder point* didasarkan pada dua faktor utama, yaitu tingkat permintaan, *lead time* dan *safety stock*. Tingkat permintaan mengacu pada jumlah produk yang diperlukan oleh pelanggan selama periode tertentu, sementara *lead time* mengacu pada waktu yang dibutuhkan mulai dari pemesanan hingga barang diterima.

Perhitungan *reorder point* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sederhana, yaitu :

$$ROP = (d \times LT) + SS \quad (4)$$

Rumus ini membantu perusahaan menentukan kapan harus melakukan pemesanan ulang untuk menjaga persediaan tetap cukup sebelum mencapai titik kehabisan persediaan.

Pada dasarnya, *reorder point* berfungsi sebagai peringatan bahwa persediaan saat ini telah mencapai titik dimana harus dilakukan pemesanan ulang. Dengan menentukan *reorder point* yang tepat, perusahaan dapat menghindari kekurangan persediaan yang dapat menyebabkan penundaan pengiriman, kehilangan pelanggan, atau bahkan kerugian finansial.

Penelitian yang dilakukan oleh [12] membahas pengoptimalan *reorder point* dalam manajemen persediaan dengan mempertimbangkan variasi permintaan dan *lead time* yang tidak pasti. Studi ini menekankan pentingnya mengatur *reorder point* dengan bijaksana untuk menghindari kekurangan persediaan dan meminimalkan biaya persediaan. Hasil penelitian ini memberikan wawasan yang berguna dalam mengoptimalkan pengaturan *reorder point* dalam manajemen persediaan.

Dalam rangka mencapai efisiensi dan menghindari kekurangan persediaan, perusahaan perlu memahami dan menerapkan konsep *reorder point* dalam manajemen persediaan, perusahaan perlu memahami dan menerapkan konsep *reorder point* dalam manajemen persediaan. Dengan memperhitungkan tingkat permintaan dan *lead time* yang akurat, serta menerapkan perhitungan *reorder point* yang tepat, perusahaan dapat mengoptimalkan persediaan dan menjaga kelancaran operasional.

*Total Cost (TC)* memiliki pengaruh terhadap kuantitas barang ( $Q$ ). ketika kuantitas ( $Q$ ) meningkat, biaya penyimpanan juga akan meningkat karena jumlah barang lebih banyak memerlukan ruang penyimpanan yang lebih besar. Namun, sebaliknya, biaya pemesanan akan berkurang karena kuantitas yang lebih besar digudang mengurangi jumlah pemesanan yang perlu dilakukan. Dengan demikian, terdapat keterkaitan dan hubungan berbanding terbalik antara biaya penyimpanan dan biaya pemesanan. Pada grafik, titik potong antara kurva biaya penyimpanan dan biaya pemesanan akan menciptakan titik keseimbangan. Pada titik keseimbangan ini, *Total Cost (TC)* mencapai nilai minimum, yang menunjukkan jumlah total biaya optimal yang harus dikeluarkan Perusahaan.

## 2.6 Biaya total (*Total cost*)

*Total Cost (TC)* dianalisis sebagai perhitungan jumlah optimal barang yang dibeli. Analisis tersebut mencakup jumlah biaya pemesanan (holding cost) ditambah biaya penyimpanan selama periode tertentu.

Berikut adalah rumus *Total Cost (TC)*:

$$TC = \frac{Q}{2} H + \frac{D}{Q} S \quad (5)$$

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data untuk penelitian ini dikumpulkan dari data *work order* unit Excavator XCMG XE490DK dari periode April 2022 – Maret 2023 di PT Multi Usaha Tambang.

### 3.1 Sampel 1 (Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4)

- Harga Sparepart  
Harga untuk sparepart Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4 pada tahun 2022-2023 adalah sebesar Rp. 30.783 per liter .
- Penggunaan Sparepart pertahun

**Tabel 1.** Rekapitulasi sparepart Engine Oil Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4 pada April 2022 s/d Maret 2023 PT Multi Usaha Tambang

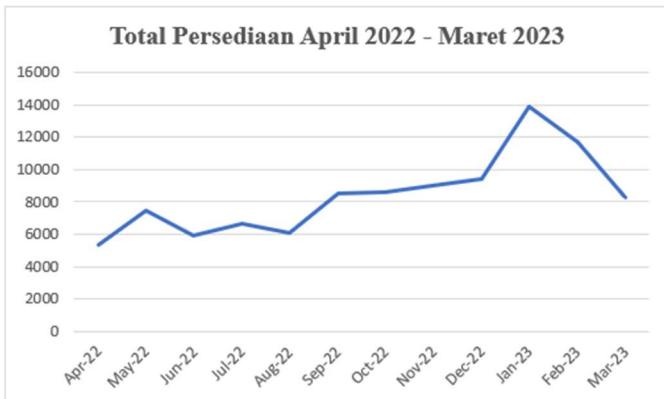
DATA REKAPITULASI SPAREPART						
Bulan	Persediaan Awal	Pemesanan	Total Persediaan Awal	Penggunaan	Persediaan Akhir	Persediaan Rata-Rata
Apr-22	1822	3536	5358	418	4940	5149
May-22	4940	2496	7436	2965	4471	5933,5
Jun-22	4471	1456	5927	3420	2507	4217
Jul-22	2507	4160	6667	2644	4023	5345
Aug-22	4023	2080	6103	1735	4368	5235,5
Sep-22	4368	4160	8528	3073	5455	6991,5
Oct-22	5455	3120	8575	2693	5882	7228,5
Nov-22	5882	3120	9002	3777	5225	7113,5
Dec-22	5225	4160	9385	2690	6695	8040
Jan-23	8040	5824	13864	2147	11717	12790,5
Feb-23	11717	0	11717	3403	8314	10015,5
Mar-23	8314	0	8314	2670	5644	6979
<b>Total</b>	<b>66764</b>	<b>34112</b>	<b>100876</b>	<b>31635</b>	<b>69241</b>	<b>85058,5</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>5563,67</b>	<b>2842,67</b>	<b>8406,33</b>	<b>2636,25</b>	<b>5770,08</b>	<b>7088,21</b>

c. *Lead Time*

Berdasarkan keterangan yang diperoleh dalam penelitian ini, diketahui bahwa waktu rata-rata bagi sparepart Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4 untuk siap digunakan oleh Perusahaan adalah 3 hari.

d. Biaya Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.



**Gambar 1** Grafik laju persediaan sistem manajerial perusahaan per bulan

1. Biaya Pemesanan

Pada pemesanan *sparepart Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4* sejumlah Rp. 875.058.

2. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan *sparepart Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4* sebesar Rp.7.388

3. Sistem Manajerial Sparepart dengan Metode Perusahaan

Biaya persediaan adalah seluruh biaya atau total cost yang dikeluarkan untuk melakukan persediaan suatu barang di Gudang yang terdiri atas biaya pemesanan dan penyimpanan. Berikut total perhitungan total cost yang dikeluarkan Perusahaan:

a. Biaya Pemesanan per Tahun

$$\sum S = f \times S$$

$$\sum S = 25 \times \text{Rp.}875.058$$

$$\sum S = \text{Rp.}21.876.452$$

b. Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \text{Persediaan Rata-rata} \times H$$

$$\sum H = 7088 \times \text{Rp.}7.388$$

$$\sum H = \text{Rp.}52.365.577$$

c. Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}21.876.452 + \text{Rp.}52.365.577$$

$$TC = \text{Rp.}74.242.029$$

4. Sistem Manajerial Sparepart berbasis Metode EOQ

a. Kuantitas Pemesanan Optimal

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 875.058 \times 31635}{7388}}$$

$$EOQ = 2738$$

b. Frekuensi Pemesanan Optimal

$$f = \frac{D}{EOQ}$$

$$f = \frac{31635}{2738}$$

$$f = 12$$

c. Persediaan Pengaman (*safety stock*)

Diketahui nilai service dari PT Multi Usaha Tambang adalah senilai 80%. Dalam menghitung *service factor* dari Perusahaan dapat menggunakan Tabel Z distribusi normal, dengan nilai yang diperoleh  $S=2$ .

5. Reorder Point

$$ROP = (d \times LT) + SS$$

$$ROP = (31635/337 \times 3) + 2 = 283,62$$

$$ROP = 283$$

6. Total Cost

$$\sum S = \text{Rp.}10.112.265$$

Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \frac{Q}{2} \times H$$

$$\sum H = \text{Rp.}10.112.265$$

Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}10.112.265 + \text{Rp.}10.112.265$$

$$TC = \text{Rp.}20.224.531$$

7. Analisis Perbandingan Sistem Managerial

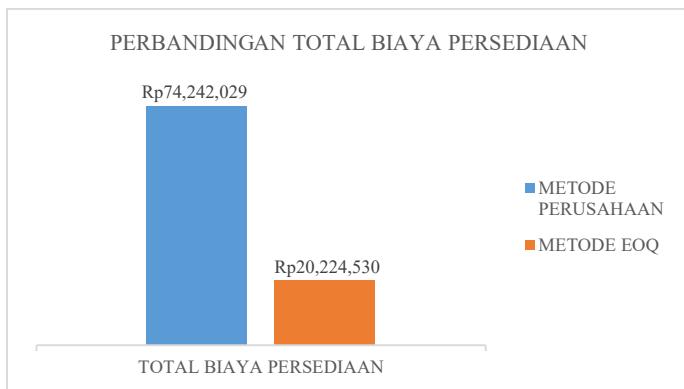
**Tabel 2.** Perbandingan biaya persediaan antar metode manajerial persediaan

DESKRIPSI	METODE PERUSAHAAN	METODE EOQ	PENGHEMATAN
BIAYA PEMESANAN/PERIODE	Rp 21.876.452	Rp 10.112.265	Rp 11.764.187
BIAYA PENYIMPANAN/PERIODE	Rp 52.365.577	Rp 10.112.265	Rp 42.253.312
TOTAL BIAYA PERSEDIAAN/PERIODE	Rp 74.242.029	Rp 20.224.530	Rp 54.017.499

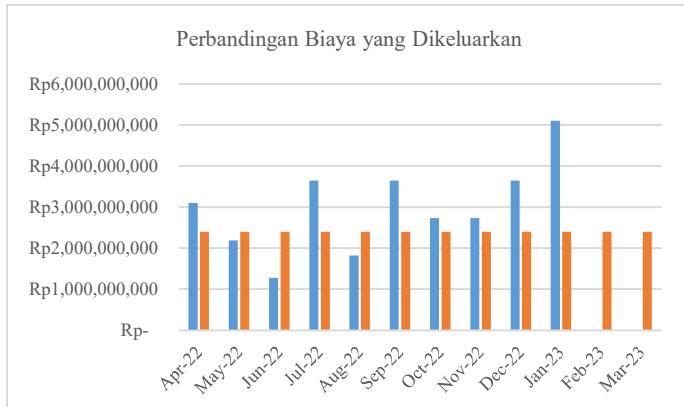
Dalam perbandingan biaya antara kedua sistem manajemen, diketahui bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih rendah dibandingkan dengan

metode yang diterapkan oleh Perusahaan. Dapat dilihat bahwa metode EOQ dapat menghemat biaya pemesanan hingga Rp.11.764.187 dan biaya penyimpanan hingga Rp.42.253.312.

Selain itu, pada Gambar 3, yang menggambarkan perbandingan biaya pembelian per bulan, terlihat bahwa sistem manajemen dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih stabil dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh perusahaan. Hal ini tentu membantu Perusahaan untuk menjaga pengeluaran biaya tetap stabil setiap periode.



**Gambar 2** Grafik perbandingan Total Cost



**Gambar 3** Grafik perbandingan biaya yang dikeluarkan per bulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan sistem manajemen sparepart antara metode yang telah diterapkan oleh perusahaan dan metode *Economic Order Quantity* untuk sparepart Engine Oil Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4 pada April 2022 s/d Maret 2023, PT Multi Usaha Tambang dapat menghemat biaya persediaan dengan menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) sebagai sistem manajemen persediaan sparepart.

### 3.2 Sampel 2 (Oil Filter LF9080)

#### a. Harga Sparepart

Harga untuk sparepart Oil Filter LF9080 pada tahun 2022-2023 adalah sebesar Rp. 475.000 per unit.

#### b. Penggunaan Sparepart pertahun

#### c. Lead Time

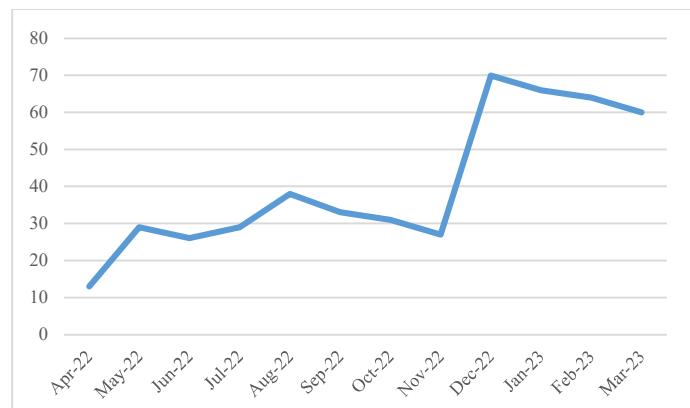
Berdasarkan keterangan yang diperoleh dalam penelitian ini, diketahui bahwa waktu rata-rata bagi sparepart Oil Filter LF9080 untuk siap digunakan oleh perusahaan adalah 9 hari.

#### d. Biaya Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Oil Filter LF9080 pada April 2022 s/d Maret 2023 PT Multi Usaha Tambang

DATA REKAPITULASI SPAREPART						
Bulan	Persediaan Awal	Pemesanan	Total Persediaan Awal	Penggunaan	Persediaan Akhir	Persediaan Rata-Rata
Apr-22	13	0	13	0	13	13
May-22	13	16	29	3	26	27,5
Jun-22	26	0	26	7	19	22,5
Jul-22	19	10	29	6	23	26
Aug-22	23	15	38	5	33	35,5
Sep-22	33	0	33	2	31	32
Oct-22	31	0	31	4	27	29
Nov-22	27	0	27	7	20	23,5
Dec-22	20	50	70	4	66	68
Jan-23	66	0	66	2	64	65
Feb-23	64	0	64	4	60	62
Mar-23	60	0	60	5	55	57,5
<b>Total</b>	<b>395</b>	<b>91</b>	<b>486</b>	<b>49</b>	<b>437</b>	<b>461,5</b>
Rata-rata	32,92	7,58	40,5	4,08	36,42	38,46



**Gambar 4.** Grafik laju persediaan sistem manajerial perusahaan per bulan

#### 1. Biaya Pemesanan

Pada pemesanan sparepart Oil Filter LF9080 di PT Multi Usaha Tambang, biaya yang ditetapkan sejumlah Rp.36.021.

#### 2. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan sparepart Oil Filter LF9080 yang disepakati PT Multi Usaha Tambang sebesar 2% dari harga sparepart tersebut. Maka:

$$H = \text{Harga sparepart} \times 2\% \times 12$$

$$H = Rp.475.000 \times 2\% \times 12$$

$$H = Rp.114.000$$

Berdasarkan perhitungan diatas, biaya penyimpanan sparepart Oil Filter LF9080 di PT Multi Usaha Tambang sebesar Rp.114.000.

3. Sistem Manajerial Sparepart dengan Metode Perusahaan

Biaya persediaan adalah seluruh biaya atau total cost yang dikeluarkan untuk melakukan persediaan suatu barang di Gudang yang terdiri atas biaya pemesanan dan penyimpanan. Berikut total perhitungan total cost yang dikeluarkan Perusahaan:

a. Biaya Pemesanan per Tahun

$$\begin{aligned}\sum S &= f \times S \\ \sum S &= 4 \times Rp.36.021 = \\ \sum S &= Rp.144.083\end{aligned}$$

b. Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\begin{aligned}\sum H &= \text{Persediaan Rata-rata} \times H \\ \sum H &= 38 \times Rp.114.000 \\ \sum H &= Rp.4.332.000\end{aligned}$$

c. Total Biaya Persediaan per Tahun

$$\begin{aligned}TC &= \sum S + \sum H \\ TC &= Rp.144.083 + Rp.4.332.000 \\ TC &= Rp.4.476.083\end{aligned}$$

4. Sistem Manajerial Sparepart berbasis Metode EOQ

a. Kuantitas Pemesanan Optimal

$$\begin{aligned}EOQ &= \sqrt{\frac{2D}{H}} \\ EOQ &= \sqrt{\frac{2 \times Rp.36.021 \times 49}{Rp.114.000}} \\ EOQ &= 6\end{aligned}$$

b. Frekuensi Pemesanan Optimal

$$\begin{aligned}f &= \frac{D}{EOQ} \\ f &= \frac{49}{6} \\ f &= 9\end{aligned}$$

c. Persediaan Pengaman (*safety stock*)

Diketahui nilai service dari PT Multi Usaha Tambang adalah senilai 80%. Dalam menghitung service factor dari Perusahaan dapat menggunakan Tabel Z distribusi normal, SS = 3.

5. Reorder Point

$$\begin{aligned}ROP &= (d \times LT) + SS \\ ROP &= (49/337 \times 3) + 3 = 3,44 \\ ROP &= 4\end{aligned}$$

6. Total Cost

Biaya Pemesanan per Tahun

$$\begin{aligned}\sum S &= f \times S \\ \sum S &= 9 \times Rp.36.021 \\ \sum S &= Rp.317.185\end{aligned}$$

Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\begin{aligned}\sum H &= \frac{Q}{2} \times H \\ \sum H &= \frac{6}{2} \times p.114.00 \\ \sum H &= Rp.317.185\end{aligned}$$

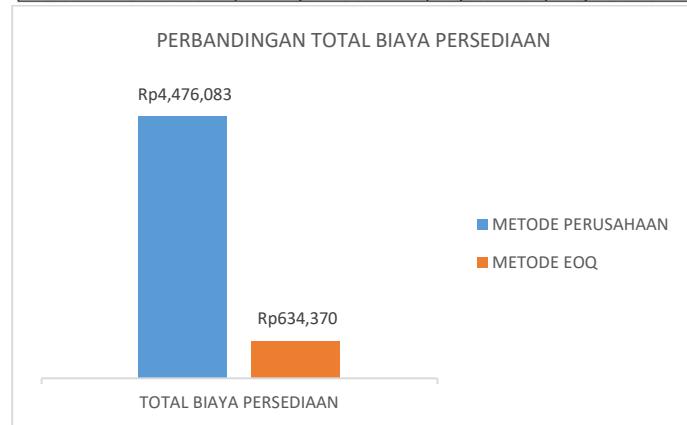
Total Biaya Persediaan per Tahun

$$\begin{aligned}TC &= \sum S + \sum H \\ TC &= Rp.317.815 + Rp.317.815 \\ TC &= Rp.634.370\end{aligned}$$

7. Analisis Perbandingan Sistem Managerial

**Tabel 4.** Perbandingan biaya persediaan antar metode manajerial persediaan

DESKRIPSI	METODE PERUSAHAAN	METODE EOQ	PENGHEMATAN
BIAYA PEMESANAN/PERIODE	Rp. 144.083	Rp. 317.185	- Rp. 173.101
BIAYA PENYIMPANAN/PERIODE	Rp. 4.332.000	Rp. 317.185	Rp. 4.014.815
TOTAL BIAYA PERSEDIAAN/PERIODE	Rp. 4.476.083	Rp. 634.370	Rp. 3.841.714



**Gambar 5.** Grafik perbandingan Total Cost



**Gambar 6** Grafik perbandingan biaya yang dikeluarkan per bulan

Dalam perbandingan biaya antara kedua sistem manajemen, diketahui bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih rendah dibandingkan dengan metode yang diterapkan oleh Perusahaan. Dapat dilihat bahwa metode EOQ dapat menghemat biaya hingga Rp.3.841.714.

Selain itu, pada Gambar 7, yang menggambarkan perbandingan biaya pembelian per bulan, terlihat bahwa sistem manajemen dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih stabil dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh perusahaan. Hal ini tentu membantu Perusahaan untuk menjaga pengeluaran biaya tetap stabil setiap periode.

Berdasarkan hasil analisis perbandingan sistem manajemen sparepart antara metode yang telah diterapkan oleh perusahaan dan metode *Economic Order Quantity* untuk sparepart Oil Filter LF9080 pada April 2022 s/d Maret 2023, PT Multi Usaha Tambang dapat menghemat biaya persediaan dengan menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) sebagai sistem manajemen persediaan sparepart.

menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) sebagai sistem manajemen persediaan sparepart.

### 3.3 Sampel 3 (Fuel Filter/Water Separator FS19763)

#### a. Harga Sparepart

Harga untuk sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 pada tahun 2022-2023 adalah sebesar Rp. 250.000 per unit.

#### b. Penggunaan Sparepart pertahun

**Tabel 5.** Rekapitulasi sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 pada April 2022 s/d Maret 2023 PT Multi Usaha Tambang

DATA REKAPITULASI SPAREPART						
Bulan	Persediaan Awal	Pemesanan	Total Persediaan Awal	Penggunaan	Persediaan Akhir	Persediaan Rata-Rata
Apr-22	8	0	8	0	8	8
May-22	5	41	46	19	27	36,5
Jun-22	27	30	57	33	24	40,5
Jul-22	24	20	44	29	15	29,5
Aug-22	15	80	95	45	50	72,5
Sep-22	50	0	50	29	21	35,5
Oct-22	21	100	121	38	83	102
Nov-22	83	0	83	29	54	68,5
Dec-22	54	100	154	23	131	142,5
Jan-23	131	0	131	11	120	125,5
Feb-23	120	0	120	16	104	112
Mar-23	104	40	144	17	127	135,5
<b>Total</b>	<b>642</b>	<b>411</b>	<b>1053</b>	<b>289</b>	<b>764</b>	<b>908,5</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>53,5</b>	<b>34,25</b>	<b>87,75</b>	<b>24,08</b>	<b>63,25</b>	<b>75,71</b>



**Gambar 7.** Grafik laju persediaan sistem manajerial perusahaan per bulan

#### c. Lead Time

Berdasarkan keterangan yang diperoleh dalam penelitian ini, diketahui bahwa waktu rata-rata bagi sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 untuk siap digunakan oleh Perusahaan adalah 9 hari.

#### d. Biaya Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.

#### 1. Biaya Pemesanan

Pada pemesanan sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 di PT Multi Usaha Tambang, biaya yang ditetapkan sejumlah Rp.85.625.

#### 2. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 yang disepakati PT Multi Usaha Tambang sebesar 2% dari harga sparepart tersebut. Maka:

$$H = \text{Harga sparepart} \times 2\% \times 12$$

$$H = \text{Rp.}250.000 \times 2\% \times 12$$

$$H = \text{Rp.}60.000$$

Berdasarkan perhitungan diatas, biaya penyimpanan sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 di PT Multi Usaha Tambang sebesar Rp.60.000

#### 3. Sistem Manajerial Sparepart dengan Metode Perusahaan

Biaya persediaan adalah seluruh biaya atau total cost yang dikeluarkan untuk melakukan persediaan suatu barang di Gudang yang terdiri atas biaya pemesanan dan penyimpanan. Berikut total perhitungan total cost yang dikeluarkan Perusahaan:

Biaya Pemesanan per Tahun

$$\sum S = f \times S$$

$$\sum S = 9 \times \text{Rp.}85.625$$

$$\sum S = \text{Rp.}770.625$$

Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \text{Persediaan Rata-rata} \times H$$

$$\sum H = 75 \times \text{Rp.}60.000$$

$$\sum H = \text{Rp.}4.500.000$$

Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}770.625 + \text{Rp.}4.500.000$$

$$TC = \text{Rp.}5.270.625$$

#### 4. Sistem Manajerial Sparepart berbasis Metode EOQ

#### 5. Kuantitas Pemesanan Optimal

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp.}85.625 \times 289}{\text{Rp.}60.000}}$$

$$EOQ = 29$$

#### 6. Frekuensi Pemesanan Optimal

$$f = \frac{D}{EOQ}$$

$$f = \frac{289}{29}$$

$$f = 10$$

#### 7. Persediaan Pengaman (Safety Stock)

Diketahui nilai service dari PT Multi Usaha Tambang adalah senilai 80%. Dalam menghitung service factor dari Perusahaan dapat menggunakan Tabel Z distribusi normal,  $SS = 3$ .

#### 8. Reorder Point

$$ROP = (d \times LT) + SS$$

$$ROP = (289/337 \times 9) + 3 = 5,57$$

$$ROP = 5$$

#### 9. Total Cost

Biaya Pemesanan per Tahun

$$\sum S = f \times S$$

$$\sum S = 10 \times \text{Rp.}85.625$$

$$\sum S = \text{Rp.}856.250$$

Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \frac{Q}{2} \times H$$

$$\sum H = \frac{29}{2} \times \text{Rp.}60.000$$

$$\sum H = \text{Rp.}870.000$$

Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}856.250 + \text{Rp.}870.000$$

$$TC = \text{Rp.}1.726.250$$

## 10. Analisis Perbandingan Sistem Managerial

**Tabel 6.** Perbandingan biaya persediaan antar metode manajerial persediaan

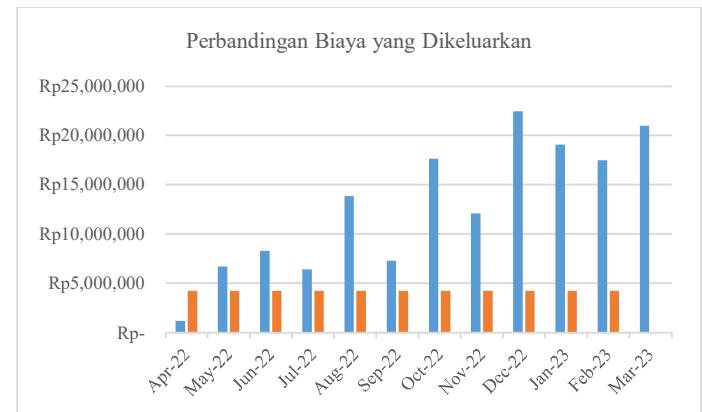
DESKRIPSI	METODE PERUSAHAAN	METODE EOQ	PENGHEMATAN
BIAYA PEMESANAN/PERIODE	Rp. 770.625	Rp. 856.250	- Rp. 85.625
BIAYA PENYIMPANAN/PERIODE	Rp. 4.500.000	Rp. 870.000	Rp. 3.630.000
TOTAL BIAYA PERSEDIAAN/PERIODE	Rp. 5.270.625	Rp. 1.726.250	Rp. 3.544.375



**Gambar 8** Grafik perbandingan Total Cost

Dalam perbandingan biaya antara kedua sistem manajemen, diketahui bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih rendah dibandingkan dengan metode yang diterapkan oleh Perusahaan. Dapat dilihat bahwa metode EOQ dapat menghemat biaya hingga Rp.3.544.375.

Selain itu, pada Gambar 9, yang menggambarkan perbandingan biaya pembelian per bulan, terlihat bahwa sistem manajemen dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih stabil dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh perusahaan. Hal ini tentu membantu Perusahaan untuk menjaga pengeluaran biaya tetap stabil setiap periode.



**Gambar 9** Grafik perbandingan biaya yang dikeluarkan per bulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan sistem manajemen sparepart antara metode yang telah diterapkan oleh perusahaan dan metode *Economic Order Quantity* untuk sparepart Fuel Filter/Water Separator FS19763 pada April 2022 s/d Maret 2023, PT Multi Usaha Tambang dapat menghemat biaya persediaan dengan menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) sebagai sistem manajemen persediaan sparepart.

### 3.4 Sampel 4 (Fuel Filter FS1000)

- Harga Sparepart  
Harga untuk sparepart Fuel Filter FS1000 pada tahun 2022-2023 adalah sebesar Rp. 220.000 per unit.
- Penggunaan Sparepart pertahun

**Tabel 7.** Rekapitulasi sparepart Fuel Filter FS1000 pada April 2022 s/d Maret 2023 PT Multi Usaha Tambang

Bulan	DATA REKAPITULASI SPAREPART					
	Persediaan Awal	Pemesanan	Total Persediaan Awal	Penggunaan	Persediaan Akhir	Persediaan Rata-Rata
Apr-22	7	0	7	0	7	7
May-22	7	15	22	2	20	21
Jun-22	20	0	20	11	9	14,5
Jul-22	9	0	9	9	0	4,5
Aug-22	0	15	15	2	13	14
Sep-22	13	50	63	4	59	61
Oct-22	59	0	59	9	50	54,5
Nov-22	50	0	50	18	32	41
Dec-22	32	0	32	10	22	27
Jan-23	22	0	22	4	18	20
Feb-23	18	0	18	12	6	12
Mar-23	6	80	86	63	23	54,5
<b>Total</b>	<b>243</b>	<b>160</b>	<b>403</b>	<b>144</b>	<b>259</b>	<b>331</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>20,25</b>	<b>13,33</b>	<b>33,58</b>	<b>12</b>	<b>21,58</b>	<b>27,58</b>

#### c. Lead Time

Berdasarkan keterangan yang diperoleh dalam penelitian ini, diketahui bahwa waktu rata-rata bagi sparepart Fuel Filter FS1000 untuk siap digunakan oleh Perusahaan adalah 9 hari.

#### d. Biaya Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.



**Gambar 10.** Grafik laju persediaan sistem manajerial perusahaan per bulan

1. Biaya Pemesanan

Pada pemesanan sparepart Fuel Filter FS1000 di PT Multi Usaha Tambang, biaya yang ditetapkan sejumlah Rp.29.333.

2. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan sparepart Fuel Filter FS1000 yang disepakati PT Multi Usaha Tambang sebesar 2% dari harga sparepart tersebut. Maka:

$$H = \text{Harga sparepart} \times 2\% \times 12$$

$$H = \text{Rp.}220.000 \times 2\% \times 12$$

$$H = \text{Rp.}52.800$$

Berdasarkan perhitungan diatas, biaya penyimpanan sparepart Fuel Filter FS1000 di PT Multi Usaha Tambang sebesar Rp.52.800.

e. Sistem Manajerial Sparepart dengan Metode Perusahaan

Biaya persediaan adalah seluruh biaya atau total cost yang dikeluarkan untuk melakukan persediaan suatu barang di Gudang yang terdiri atas biaya pemesanan dan penyimpanan. Berikut total perhitungan total cost yang dikeluarkan Perusahaan:

3. Biaya Pemesanan per Tahun

$$\sum S = f \times S$$

$$\sum S = 9 \times \text{Rp.}29.333$$

$$\sum S = \text{Rp.}263.997$$

4. Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \text{Persediaan Rata-rata} \times H$$

$$\sum H = 27 \times \text{Rp.}52.800$$

$$\sum H = \text{Rp.}1.425.600$$

5. Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}263.997 + \text{Rp.}1.425.600$$

$$TC = \text{Rp.}1.689.597$$

f. Sistem Manajerial Sparepart berbasis Metode EOQ

6. Kuantitas Pemesanan Optimal

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp.}29.333 \times 144}{\text{Rp.}52.800}}$$

$$EOQ = 13$$

7. Frekuensi Pemesanan Optimal

$$f = \frac{D}{EOQ}$$

$$f = \frac{144}{13}$$

$$f = 12$$

8. Persediaan Pengaman (*safety stock*)

Diketahui nilai service dari PT Multi Usaha Tambang adalah senilai 80%. Dalam menghitung service factor dari Perusahaan dapat menggunakan Tabel Z distribusi normal,  $SS = 3$ .

9. Reorder Point

$$ROP = (d \times LT) + SS$$

$$ROP = (144/337 \times 3) + 2 = 4,28$$

$$ROP = 4$$

10. Total Cost

Biaya Pemesanan per Tahun

$$\sum S = f \times S$$

$$\sum S = 12 \times \text{Rp.}29.333$$

$$\sum S = \text{Rp.}351.996$$

Biaya Penyimpanan per Tahun

$$\sum H = \frac{Q}{2} \times H$$

$$\sum H = \frac{13}{2} \times \text{Rp.}52.800$$

$$\sum H = \text{Rp.}343.200$$

Total Biaya Persediaan per Tahun

$$TC = \sum S + \sum H$$

$$TC = \text{Rp.}351.996 + \text{Rp.}343.200$$

$$TC = \text{Rp.}695.196$$

g. Analisis Perbandingan Sistem Managerial

**Tabel 8.** Perbandingan biaya persediaan antar metode manajerial persediaan

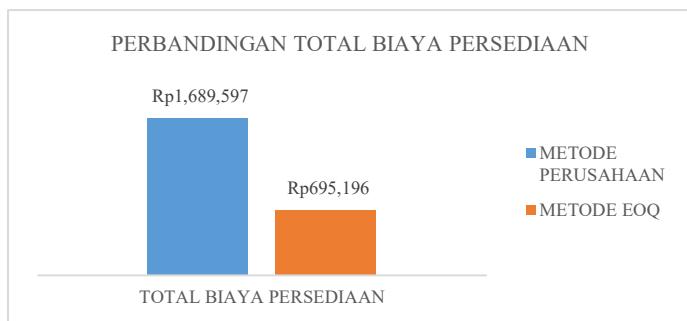
DESKRIPSI	METODE PERUSAHAAN	METODE EOQ	PENGHEMATAN
BIAYA PEMESANAN/PERIODE	Rp. 263.997	Rp. 351.996	- Rp. 87.999
BIAYA PENYIMPANAN/PERIODE	Rp. 1.425.600	Rp. 343.200	Rp. 1.082.400
TOTAL BIAYA PERSEDIAAN/PERIODE	Rp. 1.689.597	Rp. 695.196	Rp. 994.401

Dalam perbandingan biaya antara kedua sistem manajemen, diketahui bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih rendah dibandingkan dengan metode yang diterapkan oleh Perusahaan. Dapat dilihat bahwa metode EOQ dapat menghemat biaya hingga Rp994.401.

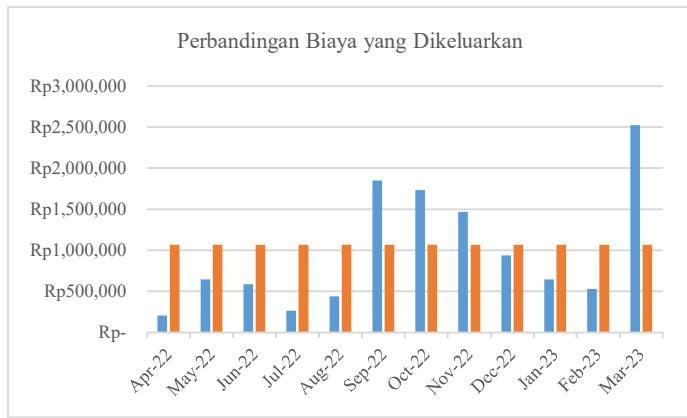
Selain itu, pada Gambar 12, yang menggambarkan perbandingan biaya pembelian per bulan, terlihat bahwa sistem manajemen dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih stabil dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh perusahaan. Hal ini tentu membantu Perusahaan untuk menjaga pengeluaran biaya tetap stabil setiap periode.

Berdasarkan hasil analisis perbandingan sistem manajemen sparepart antara metode yang telah diterapkan oleh perusahaan dan metode *Economic Order Quantity* untuk sparepart Fuel Filter/Water Separator FS1000 pada April 2022 s/d Maret 2023, PT Multi Usaha Tambang dapat menghemat biaya persediaan dengan menerapkan

metode *Economic Order Quantity* (EOQ) sebagai sistem manajemen persediaan sparepart.



**Gambar 11.** Grafik perbandingan Total Cost



**Gambar 12.** Grafik perbandingan biaya yang dikeluarkan per bulan

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh penulis mengenai penelitian Analisis Efektivitas Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dalam Pengendalian Persediaan Sparepart Service Unit Excavator XCMG XE490DK di PT Multi Usaha Tambang dengan menggunakan 4 sampel sparepart, yaitu Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4, Oil Filter LF9080, Fuel Filter/Water Separator FS19763, Fuel Filter FS1000, dapat diambil beberapa kesimpulan. PT Multi Usaha Tambang dapat menghitung:

1. PT Multi Usaha Tambang mampu menentukan jumlah pemesanan yang optimal dengan menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ), dengan jumlah optimal pemesanan untuk:
  - a. Oil Engine Gulf Super Duty Vle 15W-40 CI-4 sejumlah 2738 Liter
  - b. Oil Filter LF9080 sejumlah 6 pcs
  - c. Fuel Filter/Water Separator FS19763 sejumlah 29 pcs
  - d. Fuel Filter FS1000 sejumlah 13 pcs
2. dengan penerapan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) terbukti lebih rendah dibandingkan dengan metode yang sebelumnya digunakan oleh perusahaan. Hal ini dapat menghasilkan penghematan biaya dan peningkatan laba bagi perusahaan.

3. Berdasarkan analisis perbandingan antara sistem manajerial sparepart yang ada diperusahaan dan sistem manajerial sparepart berbasis metode *Economic Order Quantity* (EOQ), dapat disimpulkan bahwa sistem manajerial sparepart berbasis metode *Economic Order Quantity* (EOQ) lebih optimal dan efisien untuk diterapkan sebagai sistem manajerial persediaan sparepart di PT Multi Usaha Tambang.

#### REFERENSI

- [1] F.W. Harris, "How Many Parts to Make at Once," *Factory, The Magazine of Management*, vol. 10, no. 2, pp. 135-136, 1913.
- [2] E.W. Taft, "An Extension of the Harris-Kennedy Formula," *Factory, Magazine of Management*, vol. 16, no. 3, pp. 243-247, 1918.
- [3] T.M. Whitin, "The EOQ Hypothesis and Its Applicability to the Small Manufacturer," *Management Science*, vol. 3, no. 3, pp. 283-289, 1957.
- [4] A. Handayani, Prasetyo, A., & Suharto, B, "Pengendalian Persediaan pada PT XYZ dengan Metode Economic Order Quantity," *Jurnal Manajemen Bisnis*, 6(2), pp. 101-1109, 2018.
- [5] R. Mustafa, Rahman, F., & Wibowo, A, "Analisis Pengendalian Persediaan Suku Cadang di PT ABC dengan Metode Economic Order Quantity," *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 15(1), pp. 47-54, 2017.
- [6] E.A. Silver, D. F. Pyke, & R. Peterson, "Inventory Management and Production Planning and Scheduling." John Wiley & Sons, 1998.
- [7] S. Nahmias, *Production and Operations Analysis*. McGraw-Hill Education, 2015.
- [8] W.J. Stevenson, *Operations Management* (13<sup>th</sup> ed.). McGraw-Hill Education, 2018.
- [9] D. Li, Wang, X., & Wang, L, "Lead time and inventory decisions under demand uncertainty: The value of quick response," *International Journal of Mathematics, Engineering and Management Sciences*, 1(3), pp. 154-165.
- [10] O. Khan, Khalid, S., Kiani, M. I. A., & Iqbal, j, "Optimal determination of safety stock using Eoq model with probabilistic price discount," *International Journal of Mathematics, Engineering and Management Sciences*, 1(3), pp. 154-165, 2016.
- [11] V. R. Sreedharan & Mani, V, "Analysis of Economic Order Quantity and Safety Stock Management: A Study in a Retail Store," *International Journal of Supply Chain Management*, 7(1), pp. 220-229, 2018.
- [12] S. Babu & Rangaiah, G.P, "Optimal reorder point for inventory models with fuzzy lead time demand using a novel meta-heuristic," *Engineering Optimization*, 49(7), pp. 1172-1191, 2017.