
Academia Open



By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14254

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article.....	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14254

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14254

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Lagrange Multiplier for Particle Board Inventory Cost Optimization: Pengganda Lagrange untuk Optimalisasi Biaya Persediaan Papan Partikel

Mia Octaviana, 22032010127@student.upnjatim.ac.id (*)

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

Enny Aryanny, 22032010127@student.upnjatim.ac.id

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Raw material inventory control is essential in manufacturing because poor stock management can increase storage requirements, material deterioration, and operational costs. **Specific Background:** A knock-down furniture manufacturer experienced overcapacity in particle board storage, where accumulated remaining stock reached 3,494 sheets or 60 pallets, exceeding the available warehouse capacity of 48 pallets. **Knowledge Gap:** Previous inventory studies have commonly applied optimization methods to conventional stock systems, while limited work integrates Lagrange Multiplier optimization with Holt-Winters forecasting under warehouse capacity constraints for particle board materials. **Aims:** This study aimed to optimize particle board inventory control by minimizing total inventory cost while considering storage capacity limitations. **Results:** The company method required 133.21 m³ of storage space and generated total inventory cost of Rp 64,882,040. EOQ calculation produced infeasible space requirements because it did not simultaneously consider capacity constraints. The Lagrange Multiplier method reduced storage requirements to 128.59 m³ and lowered total inventory cost to Rp 61,349,841, producing savings of Rp 3,532,199 or 5.45%. Holt-Winters generated the lowest MAD values and was selected for demand forecasting, producing optimal order quantities of 425 sheets for 25 mm, 629 sheets for 15 mm, and 1,926 sheets for 12 mm particle board. **Novelty:** This study combines Holt-Winters forecasting and Lagrange Multiplier optimization for multi-item raw material control with limited warehouse capacity. **Implications:** The findings support more efficient purchasing decisions, improved warehouse utilization, and lower raw material inventory expenses.

Highlights:

- Required storage reached 128.59 m³ within the available limit.
- Total spending decreased by Rp 3,532,199 or 5.45%.
- Forecast-based orders were set at 425, 629, and 1,926 sheets.

Keywords: Inventory, Lagrange Multiplier, Manufacturing, Warehouse Capacity

Published date: 2026-06-08

Pendahuluan

Saat ini, salah satu kunci keberhasilan perusahaan manufaktur dalam menyelaraskan permintaan dan ketersediaan bahan baku adalah manajemen persediaan bahan baku yang optimal [1]. Persediaan merujuk pada keperluan akan berbagai barang, seperti bahan baku, barang dalam proses, serta barang siap jual, yang nantinya akan dikelola dan diolah oleh perusahaan sesuai dengan kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan produksi dengan baik pada kondisi pasar yang stabil maupun berfluktuasi [2]. Guna mengelola persediaan secara efektif, tujuannya adalah menjaga kelancaran proses produksi mulai dari bahan baku (*raw material*) hingga barang jadi [3]. Namun demikian, banyak perusahaan menghadapi dilema antara menjaga ketersediaan bahan baku untuk menjaga kelancaran produksi atau menghindari biaya penyimpanan yang terlalu tinggi akibat kelebihan stok [4]. Maka dari itu, pengelolaan persediaan yang efektif diperlukan agar perusahaan mampu memenuhi permintaan pasar secara tepat waktu tanpa menimbulkan pemborosan biaya.

PT XYZ merupakan perusahaan *furniture knock-down* di Mojokerto yang menghadapi permasalahan *over capacity* pada persediaan bahan baku utamanya yaitu *particle board*. Berdasarkan wawancara dengan pihak perusahaan, *particle board* yang sering digunakan dalam proses produksi terdiri atas tiga ukuran, yaitu 25 mm, 15 mm, dan 12 mm. Selama periode September 2024 hingga Februari 2026, total pembelian *particle board* lebih tinggi dibandingkan total penggunaannya sehingga menghasilkan akumulasi sisa persediaan sebesar 3.494 lembar atau setara dengan 60 palet. Jumlah tersebut melebihi kapasitas gudang yang hanya mampu menampung 48 palet, sehingga terjadi kelebihan sebanyak 12 palet. Kondisi ini mengakibatkan penurunan kualitas bahan baku akibat pertumbuhan jamur dan rayap, meningkatkan potensi kerugian finansial akibat inefisiensi operasional, serta mengganggu kelancaran produksi karena stok berlebih harus diletakkan di lantai produksi.

Akibat dari permasalahan yang teridentifikasi, sehingga diimplementasikan penelitian pendendalian persediaan bahan *particle board* menggunakan metode *Lagrange Multiplier*. Penerapan *Lagrange Multiplier* adalah pendekatan yang umum diterapkan untuk menetapkan nilai paling ideal dari variabel independen ketika terdapat kendala berupa persamaan yang harus dipenuhi dalam suatu model optimasi [5]. Melalui penerapan koefisien *Lagrange*, metode ini menghasilkan mekanisme umpan balik negatif ketika terjadi pelanggaran terhadap kendala kesetaraan, sehingga setiap ketidaksesuaian akan menimbulkan penalti biaya yang semakin besar. Dalam proses optimasi, penalti tersebut berperan sebagai substitusi terhadap kendala ketidaksetaraan yang tidak dapat disederhanakan secara langsung [6]. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode *Lagrange Multiplier* efektif dalam mengoptimalkan pengendalian persediaan pada perusahaan yang menghadapi ketertatasan kapasitas gudang. Penelitian di PT XYZ pada produk berbahan PVC mencatat penghematan biaya sebesar 6,4% dan kebutuhan ruang yang tetap sesuai kapasitas [7]. Penelitian di PT PAL Indonesia juga menunjukkan hasil optimal, dengan kebutuhan ruang 507 m² yang tidak melampaui kapasitas serta penurunan biaya persediaan yang signifikan [8]. Hasil serupa muncul pada penelitian pengendalian bahan baku kayu di PT XYZ, dimana metode ini mampu menyesuaikan kebutuhan ruang hingga sesuai kapasitas gudang serta menekan penghematan biaya sebesar 14,48% [9]. Secara keseluruhan, penelitian tersebut membuktikan bahwa metode *Lagrange Multiplier* relevan untuk diterapkan pada sistem persediaan yang mencakup banyak jenis item dengan keterbatasan kapasitas penyimpanan, karena mampu menyeimbangkan kebutuhan produksi dengan batasan ruang yang tersedia [10].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang terbatas pada sistem persediaan konvensional, penelitian ini mengintegrasikan metode *Lagrange Multiplier* dengan pendekatan *forecasting Holt-Winters* dalam konteks *Make to Stock* yang memiliki aliran material kompleks. Dalam konteks manajemen operasi, peramalan bertujuan untuk menghasilkan estimasi yang akurat dengan meminimalkan kesalahan, yang umumnya diukur dengan memanfaatkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) serta *Mean Square Error* (MSE) [11]. Keterbatasan penelitian sebelumnya, mengindikasikan pentingnya pengembangan penelitian serta mengintegrasikan metode peramalan yang lebih responsif terhadap dinamika permintaan. Menyusul tantangan operasional PT XYZ dan celah pada studi terdahulu, penelitian ini mengkaji pengelolaan persediaan *particle board* guna menghasilkan rekomendasi yang berdampak positif pada kinerja perusahaan ke depan.

Metode

Penelitian ini menggunakan model penelitian kuantitatif yang berlangsung di PT XYZ Mojokerto, mulai bulan Januari 2026 sampai data lengkap untuk analisis terkumpul. Hasil observasi yang diperoleh nantinya akan dikaji ulang dengan literatur yang sesuai dengan permasalahan yang ada pada perusahaan tersebut.

Data dikumpulkan melalui beberapa instrumen penelitian, termasuk wawancara terstruktur dengan karyawan gudang dan bagian PPIC untuk memperoleh informasi mengenai prosedur pengadaan, praktik penyimpanan, serta kebijakan persediaan. Di samping itu, pengamatan langsung ke zona gudang dilaksanakan untuk memeriksa keadaan penyimpanan yang sebenarnya, alur material, serta pemanfaatan ruang. Dokumentasi perusahaan digunakan untuk memperoleh data historis operasional, sementara studi literatur dilakukan untuk memperkuat landasan teoritis terkait pengendalian persediaan dan optimasi. Penelitian ini menggunakan data pengadaan bahan baku, harga masing-masing bahan baku, data persediaan awal dan akhir, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, kapasitas ruang penyimpanan, *safety stock*, data *lead time* kedatangan bahan baku, dan ukuran pemesanan.

Studi ini dimulai dengan tinjauan pustaka dan observasi lapangan untuk menggambarkan situasi aktual dan memperdalam pemahaman tentang isu-isu yang ada. Setelah menelaah permasalahan, pernyataan masalah dan tujuan penelitian dirumuskan. Langkah berikutnya melibatkan pengumpulan dan pengolahan data untuk menghitung akumulasi biaya persediaan menggunakan metode perusahaan sendiri dengan metode yang diusulkan. Hasilnya kemudian dibandingkan untuk menilai efektivitas metode usulan. Jika metode usulan menghasilkan biaya yang lebih rendah, penelitian dilanjutkan dengan analisis peramalan yang diawali dengan identifikasi pola data untuk menentukan apakah permintaan bersifat horizontal, tren, atau musiman. Berdasarkan pola tersebut, dilakukan peramalan dan pemilihan metode dengan tingkat kesalahan terkecil sebagai dasar estimasi permintaan. Selanjutnya, seluruh hasil dianalisis dalam pembahasan, kemudian dirumuskan kesimpulan dan saran penelitian.

Untuk mendukung proses analisis tersebut, hubungan antar variabel dalam pengendalian persediaan kemudian diformulasikan ke dalam model matematis. Model ini digunakan untuk menghitung total biaya persediaan serta menentukan jumlah pemesanan optimal. Persamaan perhitungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

Rumus *Economic Order Quantity* (EOQ) [12]:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (1)$$

Dimana:

- D = Jumlah unit yang dibutuhkan dalam satu periode (satu tahun)
- S = Biaya pemesanan setiap kali memesan
- H = Harga bahan baku

Rumus *Lagrange Multiplier* [13]:

$$Q_{Li}^* = \left(\frac{W}{E}\right) \times Q_i^* \quad (2)$$

Keterangan Rumus:

- Q_{Li}^* = Kuantitas produksi optimal dengan konstrain dalam unit
- W = Kapasitas gudang yang dimiliki perusahaan
- E = Total luas ruang penyimpanan
- Q_i^* = Jumlah produk optimal tanpa kendala

Rumus *Total Inventory Cost* [14]:

$$TIC = \sum_{i=1}^n \left(\frac{D}{Q}\right) S + \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q}{2}\right) H \quad (3)$$

Keterangan Rumus:

- TIC = Jumlah biaya persediaan
- D = Jumlah permintaan
- Q = Kuantitas pemesanan optimal
- S = Biaya pesan
- H = Biaya simpan

Hasil dan Pembahasan

A. Pengumpulan Data

Data dalam penelitian berasal dari arsip historis perusahaan. Setelah pengumpulan data selesai, tahap selanjutnya yaitu pengolahan data. Hasil pengumpulan data pembelian *particle board* disajikan dalam Tabel 1, harga setiap *particle board* dalam Tabel 2, data stok awal dan akhir pada Tabel 3, data biaya pemesanan dalam Tabel 4, data biaya penyimpanan dalam Tabel 5, data kapasitas penyimpanan pada Tabel 6, dan data ukuran pesanan pada Tabel 7.

Tabel 1. Data Pembelian Bahan Baku *Particle Board*

Pembelian Bahan Baku <i>Particle Board</i>				
No	Bulan	PB 25mm (lembar)	PB 15mm (lembar)	PB 12mm (lembar)
1	September 2024	108	180	2175
2	Oktober 2024	180	120	2250

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14254

Pembelian Bahan Baku <i>Particle Board</i>				
No	Bulan	PB 25mm (lembar)	PB 15mm (lembar)	PB 12mm (lembar)
3	November 2024	108	360	2175
4	Desember 2024	252	420	2625
5	Januari 2025	288	540	3150
6	Februari 2025	324	180	2250
7	Maret 2025	144	180	2100
8	April 2025	180	240	2250
9	Mei 2025	144	120	1875
10	Juni 2025	324	420	2625
11	Juli 2025	324	420	2625
12	Agustus 2025	144	180	2250
13	September 2025	180	120	2175
14	Oktober 2025	144	180	2100
15	November 2025	180	360	2025
16	Desember 2025	288	540	2850
17	Januari 2026	288	720	3375
18	Februari 2026	324	120	2175
Total		3.924	5.400	43.050

Pada Tabel 2 merupakan rincian data harga dari masing-masing ukuran *particle board* yaitu ukuran 25 mm, 15 mm, dan 12 mm.

Tabel 2. Data Harga Bahan Baku *Particle Board*

No	Ukuran <i>Particle Board</i>	Harga Beli per lembar
1	<i>Particle Board</i> 25 mm	Rp 211.400,-
2	<i>Particle Board</i> 15 mm	Rp 126.000,-
3	<i>Particle Board</i> 12 mm	Rp 97.500,-

Data persediaan awal dan akhir *particle board* untuk masing-masing ukuran disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Persediaan Awal dan Akhir Bahan Baku *Particle Board*

No	Ukuran <i>Particle Board</i>	Persediaan Awal (lembar)	Persediaan Akhir (lembar)
1	<i>Particle Board</i> 25 mm	110	827
2	<i>Particle Board</i> 15 mm	107	553
3	<i>Particle Board</i> 12 mm	1.024	2114
TOTAL		1.241	3.494

Adapun rincian lengkap biaya pemesanan disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Biaya Pemesanan

No	Jenis Biaya	Biaya Keseluruhan
1	Biaya Administrasi	Rp 25.000,-
2	Biaya Tenaga Kerja	Rp 850.000,-
Total Biaya Pesan		Rp 875.000,-

Adapun rincian lengkap biaya penyimpanan disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Data Biaya Penyimpanan

No	Jenis Biaya	Biaya Keseluruhan
1	Biaya Pajak	3%
2	Biaya Listrik	2%
3	Risiko Kerusakan	3%
4	Biaya Tenaga Kerja Gudang	5%
5	Biaya Penanganan Material	2%
Total Biaya Simpan		15%

PT XYZ memiliki gudang penyimpanan *particle board* berkapasitas 128,6 m³ yang mampu menampung 48 palet untuk menyimpan tiga jenis *particle board*, yaitu ukuran 25 mm, 15 mm, dan 12 mm. Media penanganan yang digunakan berupa kayu dengan dimensi serta kapasitas tertentu. Informasi mengenai spesifikasi media penanganan tersebut disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kapasitas Penyimpanan Gudang

No	Deskripsi	Media Penyimpanan Bahan Baku	Kapasitas Bahan Baku per Media Penanganan (Palet) (lembar)	Dimensi Penyimpanan Bahan Baku (Wi) (Panjang x Lebar x Tinggi) (m ³)
1	<i>Particle Board</i> 25 mm	Palet	36	2,44 x 1,22 x 0,9 = 2,68
2	<i>Particle Board</i> 15 mm	Palet	60	2,44 x 1,22 x 0,9 = 2,68
3	<i>Particle Board</i> 12 mm	Palet	75	2,44 x 1,22 x 0,9 = 2,68

Berikut disajikan data mengenai jumlah minimal pemesanan bahan baku *particle board* yang diterapkan oleh perusahaan.

Tabel 7. Data Ukuran Pemesanan

No	Bahan Baku	Ukuran Pemesanan (lembar)
1	<i>Particle Board</i> 25 mm	288
2	<i>Particle Board</i> 15 mm	540
3	<i>Particle Board</i> 12 mm	2.400

B. Pengolahan Data

1. Perhitungan Biaya Persediaan Metode Perusahaan

Dalam metode perusahaan, pengolahan data pengendalian persediaan melibatkan penghitungan akumulasi ruang persediaan terlebih dahulu, kemudian akumulasi biaya yang ditimbulkan.

$$\sum_{i=1}^n W_i \times Q_i \leq W$$

$$\left(2,68 \times \frac{288 \text{ lembar}}{36 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{540 \text{ lembar}}{60 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{2.400 \text{ lembar}}{75 \text{ lembar}}\right) \leq 128,59 \text{ m}^3$$

$$133,21 \text{ m}^3 \geq 128,59 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, kapasitas ruang penyimpanan metode perusahaan sebesar 133,21 m³ yang belum optimal sebab melampaui batas kapasitas ruang penyimpanan PT XYZ sebesar 128,59 m³.

Setelah menghitung total kapasitas penyimpanan menggunakan metode yang digunakan perusahaan, langkah berikutnya dihitung akumulasi biaya persediaan dengan metode yang digunakan perusahaan.

$$\begin{aligned}
 TCp &= \text{Biaya pesan} + \text{Biaya simpan} \\
 &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{D}{Q} \times \text{Biaya pesan} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q}{2} \times \text{Persentase biaya simpan} \times \text{Harga beli} \right) \\
 &= \left(\left(\frac{3.924}{288} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{288}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 211.400 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\left(\frac{5.400}{540} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{540}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 126.000 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\left(\frac{43.050}{2.400} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{2.400}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 97.500 \right) \right) \\
 &= \text{Rp } 64.882.040
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan akumulasi biaya persediaan menggunakan metode perusahaan di PT XZY sejumlah Rp 64.882.040,-.

2. Perhitungan Biaya Persediaan Menggunakan EOQ dan Lagrange Multiplier

Langkah awal dalam pengelolaan persediaan melalui penerapan *Lagrange Multiplier* yaitu melakukan hitungan kebutuhan tanpa adanya batasan melalui penerapan EOQ (Q^*). Untuk meminimalisir biaya persediaan, metode EOQ memiliki tujuan menentukan kuantitas pesanan ekonomis [15].

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{P \times I}}$$

Particle Board 25 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 3.924 \times 875.000}{15\% \times 211.400}} = 465,35 \approx 465 \text{ lembar}$$

Particle Board 15 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 5.400 \times 875.000}{15\% \times 126.000}} = 707,10 \approx 707 \text{ lembar}$$

Particle Board 12 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 43.050 \times 875.000}{15\% \times 97.500}} = 2.269,64 \approx 2.269 \text{ lembar}$$

Berdasarkan kapasitas ruang gudang serta hasil hitungan EOQ, estimasi kebutuhan akumulasi ruang pada gudang penyimpanan dapat disajikan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n W_i \times Q_i^* \leq W$$

$$\left(2,68 \times \frac{465 \text{ lembar}}{36 \text{ lembar}} \right) + \left(2,68 \times \frac{707 \text{ lembar}}{60 \text{ lembar}} \right) + \left(2,68 \times \frac{2.269 \text{ lembar}}{75 \text{ lembar}} \right) \leq 128,59 \text{ m}^3$$

$$147,25 \text{ m}^3 \geq 128,59 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan ruang penyimpanan dengan metode EOQ menunjukkan kebutuhan sebesar $147,25 \text{ m}^3$, yang melebihi kapasitas tersedia $128,59 \text{ m}^3$. Karena itu, diperlukan analisis lanjutan dengan metode *Lagrange Multiplier* guna mendapatkan penyelesaian yang memenuhi kendala kapasitas.

Setelah didapatkan akumulasi kapasitas gudang melalui penerapan EOQ, tahap berikutnya yaitu melakukan hitungan persediaan dengan mempertimbangkan kapasitas melalui penerapan *Lagrange Multiplier*. Dalam penelitian ini, nilai λ tidak dihitung secara eksplisit karena penyelesaiannya menggunakan penyesuaian EOQ tiap jenis *particle board* berdasarkan rasio antara kapasitas gudang aktual dan total kebutuhan ruang menurut EOQ. Penyesuaian tersebut menghasilkan efek yang setara dengan penerapan λ , yaitu memastikan jumlah pemesanan tetap sesuai dengan batas kapasitas gudang. Dengan demikian, meskipun λ tidak dihitung secara langsung, fungsi pembatasan kapasitas tetap tercapai melalui penyesuaian proporsional tersebut.

$$Q_{Li}^* = \left(\frac{W}{E} \right) \times Q_i^*$$

Particle Board 25 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{147,25} \times 465 = 406,07 \approx 406 \text{ lembar}$$

Particle Board 15 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{147,25} \times 707 = 617,40 \approx 617 \text{ lembar}$$

Particle Board 12 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{147,25} \times 2.269 = 1.981,46 \approx 1.981 \text{ lembar}$$

Berdasarkan kapasitas ruang gudang dan hasil analisis *Lagrange Multiplier*, estimasi kebutuhan akumulasi ruang penyimpanan dapat disajikan seperti berikut:

$$\sum_{i=1}^n W_i \times Q_{Li}^* \leq W$$

$$\left(2,68 \times \frac{406 \text{ lembar}}{36 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{617 \text{ lembar}}{60 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{1.981 \text{ lembar}}{75 \text{ lembar}}\right) \leq 128,59 \text{ m}^3$$

$$128,59 \text{ m}^3 \geq 128,59 \text{ m}^3$$

Perhitungan dengan *Lagrange Multiplier* menghasilkan akumulasi kebutuhan pada ruang penyimpanan gudang sebesar 128,59 m³, yang sesuai dengan kapasitas gudang PT XYZ. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pemesanan berada dalam kondisi optimal tanpa menimbulkan *overcapacity* pada penyimpanan *particle board*.

Setelah diperoleh nilai minimum kebutuhan ruang untuk ketiga ukuran *particle board* melalui penerapan *Lagrange Multiplier*, berikutnya yaitu melakukan hitungan akumulasi biaya persediaan melalui penerapan metode serupa.

$TC Q_{Li}^* = \text{Biaya pesan} + \text{Biaya simpan}$

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{D}{Q_{Li}^*} \times \text{Biaya pesan}\right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{Li}^*}{2} \times \text{Persentase biaya simpan} \times \text{Harga beli}\right) \\ &= \left(\left(\frac{3.924}{406} \times \text{Rp } 875.000\right) + \left(\frac{406}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 211.400\right)\right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{5.400}{617} \times \text{Rp } 875.000\right) + \left(\frac{617}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 126.000\right)\right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{43.050}{1.981} \times \text{Rp } 875.000\right) + \left(\frac{1.981}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 97.500\right)\right) \\ &= \text{Rp } 61.394.841 \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan akumulasi biaya persediaan dengan penerapan *Lagrange Multiplier* diperoleh akumulasi biaya persediaan yang minimum yaitu Rp 61.394.841,-.

3. Perbandingan Akumulasi Biaya Persediaan

Setelah menghitung menggunakan metode dari perusahaan juga *Lagrange Multiplier*, langkah berikutnya melakukan perbandingan akumulasi biaya persediaan dari masing-masing metode. Tabel 8 berikut menyajikan hasil perbandingan tersebut.

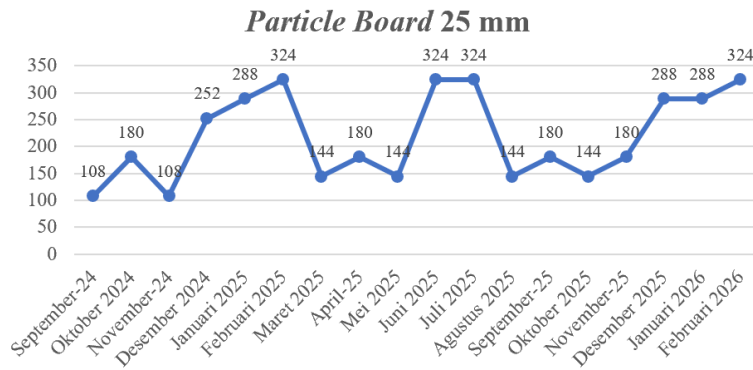
Tabel 8. Perbandingan Akumulasi Biaya Persediaan

Metode Perusahaan	Metode <i>Lagrange Multiplier</i>	Selisih Total Biaya Persediaan
Rp 64.882.040,-	Rp 61.349.841,-	Rp 3.532.199,-

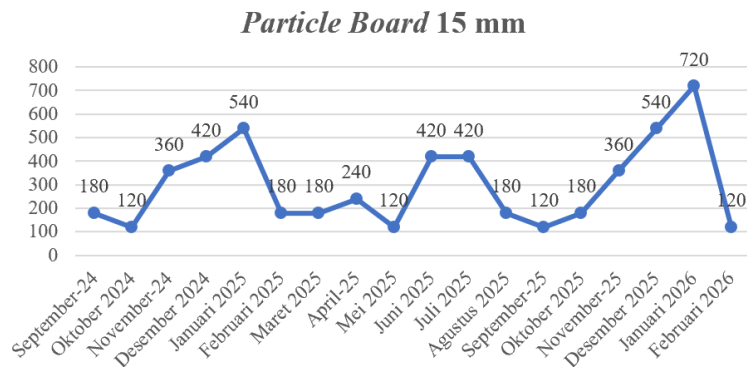
Sesuai dengan tabel di atas, total biaya persediaan dengan metode perusahaan mencapai Rp 64.882.040,-, sementara metode *Lagrange Multiplier* memberikan biaya Rp 61.349.841,-. Selisih sebesar Rp 3.532.199,- menunjukkan bahwa metode *Lagrange Multiplier* lebih efisien. Metode EOQ tetap relevan sebagai acuan, namun tidak mempertimbangkan keterbatasan kapasitas sehingga hasilnya berpotensi tidak *feasible*. Penghematan biaya yang diperoleh mencapai 5,45%, sehingga metode *Lagrange Multiplier* terbukti memberikan solusi optimal sekaligus memenuhi batas kapasitas penyimpanan. Hasil ini sejalan dengan penelitian [7], [8], dan [9], yang menyatakan bahwa metode *Lagrange Multiplier* efektif dalam mengoptimalkan ruang penyimpanan sekaligus meminimalkan biaya persediaan dengan mempertimbangkan batasan kapasitas gudang.

4. Peramalan dan Verifikasi Kontrol

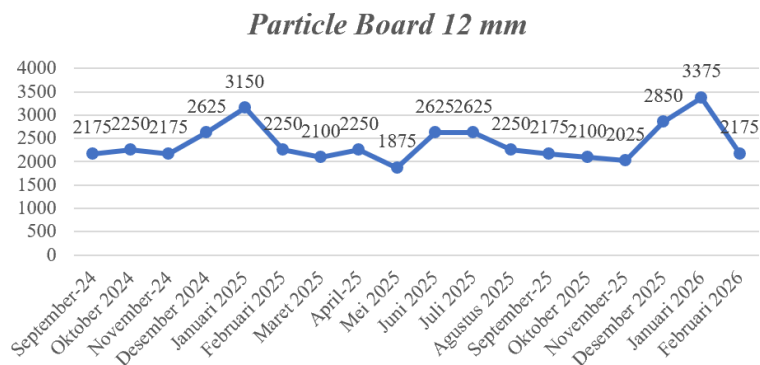
Langkah pertama pada perencanaan pengelolaan persediaan menggunakan *Lagrange Multiplier* yaitu melakukan peramalan kebutuhan pembelian *particle board*. Data historis pembelian dari September 2024 hingga Februari 2026 dianalisis untuk mengidentifikasi pola berdasarkan waktu. Plot data historis digunakan sebagai tahap awal untuk mengamati sekaligus mengevaluasi kecenderungan pergerakan data. Grafik tersebut ditampilkan dalam Gambar 1, Gambar 2, juga dalam Gambar 3.



Gambar 1. Plot Data Pembelian Particle Board 25 mm



Gambar 2. Plot Data Pembelian Particle Board 15 mm



Gambar 3. Plot Data Pembelian Particle Board 12 mm

Metode ramalan yang paling tepat untuk pola pembelian *particle board* musiman dari September 2024 hingga Februari 2026 meliputi *Single Exponential Smoothing*, lalu *Double Exponential Smoothing*, serta *Holt-Winters*. Hal ini terbukti setelah memetakan data historis terkait pembelian *particle board*.

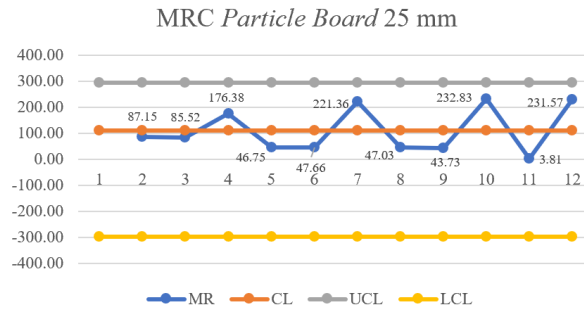
Pada penelitian yang dilakukan ini, indikator yang digunakan sebagai dasar perbandingan adalah nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD). Pemilihan MAD didasarkan pada pertimbangan bahwa MAD lebih stabil dan tidak terlalu sensitif terhadap nilai *outlier* dibandingkan MSE, sehingga mampu memberikan gambaran yang lebih konsisten terhadap rata-rata kesalahan antara hasil peramalan dan data aktual. Nilai MAD untuk masing-masing metode ditampilkan pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Perbandingan Nilai MAD Masing-Masing Metode Peramalan

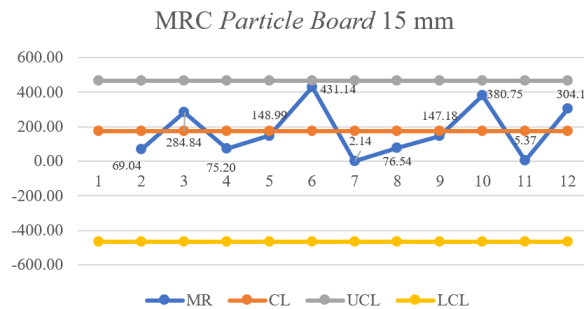
Jenis Board	Particle	Single Smoothing	Exponential	Double Smoothing	Exponential	Holt-Winters
25 mm		76,76		74,32		14,71
15 mm		165,9		182,4		20,97
12 mm		354		396		33,78

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel, metode *Holt-Winters* memiliki nilai MAD terendah untuk seluruh ukuran *particle board*. Dengan demikian, metode ini dipilih sebagai pendekatan peramalan yang paling akurat untuk periode Maret 2026 hingga Februari 2027.

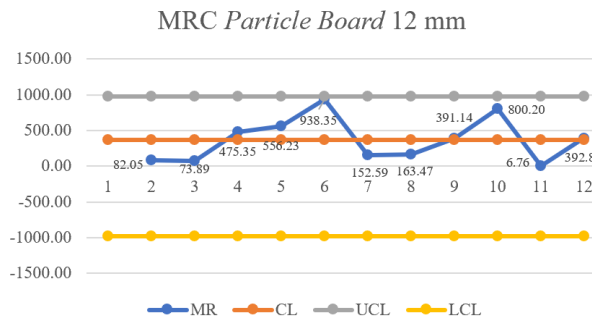
Selanjutnya, guna memastikan bahwa data permintaan berada dalam kondisi terkendali setelah penerapan metode peramalan maka diimplementasikan pengujian dengan *Moving Range Chart* (MRC). Hasil pengujian ini digunakan sebagai dasar verifikasi keandalan peramalan terhadap keseluruhan data pembelian bahan baku *particle board*. Verifikasi menggunakan MRC dapat dilihat pada Gambar 4 untuk *particle board* ukuran 25 mm, Gambar 5 untuk *particle board* ukuran 15 mm, dan Gambar 6 untuk *particle board* ukuran 12 mm.



Gambar 4. Moving Range Chart Particle Board 25 mm



Gambar 5. Moving Range Chart Particle Board 15 mm



Gambar 6. Moving Range Chart Particle Board 12 mm

Berdasarkan gambar grafik di atas, seluruh data pembelian *particle board* 25 mm, 15 mm, dan 12 mm berada dalam batas kontrol atas maupun bawah, sehingga tidak terindikasi adanya penyimpangan atau nilai di luar kontrol.

Hasil pengujian *Moving Range Chart* untuk setiap ukuran *particle board* telah diperoleh, tahap berikutnya adalah menetapkan nilai peramalan pembelian *particle board*. Tabel 10 memaparkan hasil penetapan tersebut.

Tabel 10. Peramalan Pembelian Particle Board Bulan Maret 2026 sampai dengan Februari 2027

Bahan Baku Particle Board				
No	Bulan	25 mm (lembar)	15 mm (lembar)	12 mm (lembar)
1	Maret 2026	129	210	2.245
2	April 2026	216	141	2.325
3	Mei 2026	131	426	2.251
4	Juni 2026	307	501	2.721
5	Juli 2026	354	650	3.271
6	Agustus 2026	401	219	2.341
7	September 2026	180	221	2.189
8	Oktober 2026	227	297	2.349
9	November 2026	183	150	2.275
10	Desember 2026	416	531	2.751
11	Januari 2027	420	536	2.757
12	Februari 2027	188	232	2.368
TOTAL		3.152	4.113	29.834

Berdasarkan Tabel hasil akumulasi peramalan pembelian *particle board* untuk periode Maret 2026 hingga Februari 2027 adalah sebanyak 3.152 lembar untuk ukuran 25 mm, 4.113 lembar untuk ukuran 15 mm, serta 29.834 lembar untuk ukuran 12 mm.

5. Pengelolaan Persediaan Menggunakan Penerapan Lagrange Multiplier Bulan Maret 2026 – Februari 2027

Setelah diperoleh hasil peramalan pembelian *particle board* untuk periode Maret 2026 hingga Februari 2027, tahap lanjutan melibatkan perhitungan pengelolaan persediaan dengan penerapan *Lagrange Multiplier*. Langkah pertama adalah melakukan perhitungan persediaan dengan tanpa kendala dengan penerapan EOQ (Q*). Perhitungan ini mengacu pada data ramalan pembelian, data terkait biaya persediaan, dan juga harga tiap *particle board*. Oleh sebab itu diperoleh ukuran serta kuantitas pemesanan yang ditentukan melalui persamaan berikut.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{P \times I}}$$

Particle Board 25 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 3.152 \times 875.000}{15\% \times 211.400}} = 417,07 \approx 417 \text{ lembar}$$

Particle Board 15 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 4.113 \times 875.000}{15\% \times 126.000}} = 617,12 \approx 617 \text{ lembar}$$

Particle Board 12 mm

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 29.834 \times 875.000}{15\% \times 97.500}} = 1.889,41 \approx 1.889 \text{ lembar}$$

Berdasarkan kapasitas penyimpanan gudang serta hasil dari analisis hitungan EOQ, estimasi kebutuhan akumulasi area penyimpanan dapat disajikan sebagaimana di bawah ini:

$$\sum_{i=1}^n W_i \times Q_i^* \leq W$$

$$\left(2,68 \times \frac{417 \text{ lembar}}{36 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{617 \text{ lembar}}{60 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{1.889 \text{ lembar}}{75 \text{ lembar}}\right) \leq 128,59 \text{ m}^3$$

$$126,09 \text{ m}^3 \leq 128,59 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan menunjukkan total kebutuhan ruang penyimpanan sebesar 126,09 m³, yang masih berada di bawah kapasitas gudang PT XYZ sebesar 128,59 m³. Namun, metode EOQ belum sepenuhnya optimal karena hanya mengatur ukuran pemesanan tiap item secara terpisah tanpa mempertimbangkan keterbatasan ruang secara simultan. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan menggunakan penerapan *Lagrange Multiplier* yang memasukkan daya muat gudang sebagai kendala, sehingga diperoleh kombinasi pemesanan yang lebih optimal baik dari aspek pemanfaatan ruang maupun efisiensi biaya persediaan.

Setelah dilakukan perhitungan akumulasi kapasitas gudang dengan penerapan *Economic Order Quantity* (EOQ), langkah berikutnya kemudian melakukan hitungan persediaan dengan mempertimbangkan kendala melalui penerapan *Lagrange Multiplier*.

$$Q_{Li}^* = \left(\frac{W}{E}\right) \times Q_i^*$$

Particle Board 25 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{126,09} \times 417 = 425 \text{ lembar}$$

Particle Board 15 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{126,09} \times 617 = 629 \text{ lembar}$$

Particle Board 12 mm

$$Q_{Li}^* = \frac{128,59}{126,09} \times 1.889 = 1.926 \text{ lembar}$$

Berdasarkan ukuran pemesanan yang telah didapatkan, selanjutnya ditentukan interval waktu pemesanan menggunakan persamaan berikut.

$$T = \left(\frac{Q}{D} \times \text{Hari Kerja}\right)$$

Particle Board 25 mm

$$T = \frac{425}{3.152} \times 256 = 34 \text{ hari}$$

Particle Board 15 mm

$$T = \frac{629}{4.113} \times 256 = 39 \text{ hari}$$

Particle Board 12 mm

$$T = \frac{1.926}{29.834} \times 256 = 17 \text{ hari}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan interval waktu tiap pemesanan yaitu, untuk *particle board* 25 mm selama 34 hari, *particle board* 15 mm selama 39 hari, dan *particle board* 12 mm selama 17 hari. Dengan QLi^* sebagai dasarnya, akumulasi kapasitas gudang persediaan yang diperbarui dapat dihitung berdasarkan hasil perhitungan stok menggunakan *Lagrange Multiplier* (QLi^*) serta data kapasitas gudang.

$$\sum_{i=1}^n W_i \times Q_{Li}^* \leq W$$

$$\left(2,68 \times \frac{425 \text{ lembar}}{36 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{629 \text{ lembar}}{60 \text{ lembar}}\right) + \left(2,68 \times \frac{1.926 \text{ lembar}}{75 \text{ lembar}}\right) \leq 128,59 \text{ m}^3$$

$$128,54 \text{ m}^3 \geq 128,59 \text{ m}^3$$

Perhitungan dengan *Lagrange Multiplier* menghasilkan akumulasi kebutuhan area penyimpanan seluas 128,54 m³, yang sesuai dengan kapasitas gudang PT XYZ. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pemesanan berada dalam kondisi optimal tanpa menimbulkan *overcapacity* pada penyimpanan *particle board*.

Setelah diperoleh nilai minimum kebutuhan ruang untuk ketiga ukuran *particle board* melalui penerapan *Lagrange Multiplier*, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan hitungan akumulasi biaya persediaan dengan metode serupa.

$$\begin{aligned} TC Q_{Li}^* &= \text{Biaya pesan} + \text{Biaya simpan} \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{D}{Q_{Li}} \times \text{Biaya pesan} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{Li}}{2} \times \text{Persentase biaya simpan} \times \text{Harga beli} \right) \\ &= \left(\left(\frac{3.152}{425} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{425}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 211.400 \right) \right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{4.113}{629} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{629}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 126.000 \right) \right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{29.834}{1.926} \times \text{Rp } 875.000 \right) + \left(\frac{1.926}{2} \times 15\% \times \text{Rp } 97.500 \right) \right) \\ &= \text{Rp } 52.531.160 \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan akumulasi biaya persediaan dengan penerapan *Lagrange Multiplier* diperoleh akumulasi biaya persediaan minimum yaitu Rp Rp 52.531.160,-.

Simpulan

Penelitian yang telah dilakukan mengungkapkan bahwasannya sistem pengendalian persediaan yang diterapkan perusahaan sebelumnya menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp 64.882.040,- dengan kebutuhan ruang penyimpanan yang melebihi kapasitas gudang, yaitu mencapai 60 palet dari kapasitas maksimum 48 palet. Melalui optimasi penerapan metode *Lagrange Multiplier*, dihasilkan akumulasi biaya persediaan sebesar Rp 61.349.841,- yang memberikan penghematan sebesar Rp 3.532.199,- atau 5,45% dibandingkan metode perusahaan, sekaligus memastikan kebutuhan ruang penyimpanan berada dalam batas kapasitas gudang sebesar 128,59 m³. Melalui metode peramalan yang terpilih yaitu *Holt-Winters*, diperoleh strategi ukuran pemesanan optimal untuk periode Maret 2026 hingga Februari 2027 untuk setiap jenis *particle board*, yaitu 425 lembar untuk ukuran 25 mm dengan frekuensi pemesanan setiap 34 hari, 629 lembar untuk ukuran 15 mm dengan frekuensi pemesanan setiap 39 hari, dan 1.926 lembar untuk ukuran 12 mm dengan frekuensi pemesanan setiap 17 hari. Temuan ini memberikan implikasi praktis berupa dasar pengambilan keputusan pemesanan yang lebih efisien, serta implikasi akademik bahwa pendekatan optimasi menggunakan *Lagrange Multiplier* relevan untuk kondisi kapasitas gudang terbatas. Dengan demikian, penerapan *Lagrange Multiplier* terbukti lebih tepat dalam pengelolaan persediaan *particle board* di PT XYZ karena mampu meminimalkan total biaya persediaan sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas gudang.

References

1. S. A. Pamungkas, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku pada PT Aneka Adhilogam Karya Menggunakan Metode Economic Order Quantity," *Jurnal Ilmiah Research and Development Student*, vol. 3, no. 1, pp. 171–178, 2025, doi: 10.59024/jis.v3i1.1073.
2. K. Trajanova and J. Dimitrova, "Methods and Policies for Inventory Management," *Journal of Economics*, vol. 8, pp. 29–44, 2023, doi: 10.46763/JOE2381029t.
3. Subekti and Y. Nursyanti, "Optimasi Persediaan dengan Pendekatan Deterministik Dinamis pada Industri Manufaktur," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 8–18, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i1.83.
4. U. Lorenza, R. A. Soedira, M. A. Ramadiani, and F. Z. Rizal, "Implementasi Metode Just In Time (JIT) dalam Pengelolaan Persediaan Bahan Baku pada Sweet Donuts di Kota Depok," *Sawala: Manajemen dan Bisnis*, vol. 2, no. 3, pp. 133–145, 2024, doi: 10.58812/smb.v2i03.408.
5. S. Krzyżaniak, "Optimisation of the Stock Structure of a Single Stock Item Taking into Account Stock Quantity Constraints," *LogForum*, vol. 18, no. 2, pp. 261–269, 2022, doi: 10.17270/J.LOG.2022.730.
6. Z. Rezaali, A. Ghodratnama, M. Amiri-Aref, R. Tavakkoli-Moghaddam, and N. Wassan, "Lagrangian Relaxation Method for Solving a New Time-Dependent Production–Distribution Planning Model," *Expert Systems with Applications*, vol. 255, Art. no. 124669, 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2024.124669.
7. M. R. Al Fitroni and F. Pulansari, "Analysis of PVC-Based Product Inventory Control with Economic Production Quantity and Lagrange Multiplier Methods at PT XYZ," *Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 5, no. 1, pp. 148–157, 2024, doi: 10.22441/ijiem.v5i1.22308.
8. Setiawan and D. Ernawati, "Penerapan Metode Lagrange Multiplier untuk Meminimalkan Biaya Persediaan Material Plat di PT PAL Indonesia (Persero)," *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, vol. 8, no. 3, pp. 793–804, 2023, doi: 10.28926/briliant.v8i3.1461.
9. S. T. Ivanda and E. Aryanny, "Control of Wood Raw Material Inventory with Lagrange Multiplier Method in PT XYZ," *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics*, vol. 9, no. 1, pp. 253–269, 2026, doi: 10.31538/ijse.v9i1.7050.
10. N. A. Isro'ah, D. Widyaningrum, and E. Ismiyah, "Penerapan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Model Lagrange Multiplier untuk Menentukan Persediaan Bahan Baku Songkok yang Optimal dengan Kendala Modal dan Kapasitas Gudang," *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 2, no. 3, pp. 392–401, 2022, doi: 10.30587/justicb.v2i3.3837.

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June

DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14254

11. R. Rahayu, "Penerapan Forecasting dalam Jumlah Kasus Penyakit Malaria Menggunakan Metode Exponential Smoothing," *Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 98–103, 2022, doi: 10.56854/jt.v1i2.79.
12. V. Galih, A. Kurniawan, and E. Furwanto, "Analisis Penerapan Metode EOQ pada Manajemen Persediaan Bahan Baku Pasir Besi di PT Semen Baturaja," *Ecotechnopreneur*, vol. 1, no. 4, pp. 324–342, 2022, doi: 10.62668/ecotechnopreneur.v1i04.468.
13. M. C. Wening, D. S. Donoriyanto, and N. Rahmawati, "Optimization of Furniture Raw Material Inventory Using the EOQ-Lagrange Multiplier Method," *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. 13, no. 2, pp. 2120–2133, 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i2.3909.
14. N. Fauziah and L. Simanulang, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Daging Iga dengan Metode Economic Order Quantity dan Total Inventory Cost pada Bata Café Cibojong Haur Hapit Bandung," *Cakrawala: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, vol. 2, no. 4, pp. 646–655, 2025, doi: 10.70451/cakrawala.v2i4.668.
15. V. N. Suryani, R. R. Daniati, N. Kustiningsih, S. Tinggi, I. Ekonomi, and M. Surabaya, "Pengaruh Pengendalian Persediaan terhadap Efisiensi Biaya Operasional," *Journal of Accounting and Financial Issue*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2022, doi: 10.24929/jafis.v3i1.2038.