

INTEGRASI MODEL INVENTORI EOQ DAN *TIME SERIES FORECASTING* UNTUK SISTEM INVENTORI OPTIMAL

INTEGRATION OF EOQ INVENTORY MODEL AND TIME SERIES FORECASTING FOR OPTIMAL INVENTORY SYSTEM

Rizka Britania¹⁾, Amir Tjolleng²⁾, Salma Ardiana Putri³⁾

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara

Corresponding Author: rizka.britania@binus.ac.id

ABSTRACT

This research aims to evaluate the existing inventory system and determine the optimal inventory system for the future at PT XYZ. The methods used are Economic Order Quantity (EOQ) integrated with time series forecasting. The selection of products studied is based on inbound and outbound volumes in the warehouse. The application of the EOQ method to the five study products resulted in an optimal order quantity for the existing conditions of 925 drums, 737 drums, 612 drums, 705 drums, and 729 drums for products A, B, C, D, and E. There is a potential saving in total inventory costs of 24% generated by the EOQ model compared to the current inventory system in the company. Historical demand data shows a seasonal stationary pattern. Forecast for the coming year was conducted and used in calculating the optimal order quantity for the coming year, which are 775 drums, 891 drums, 611 drums, and 728 drums for products A, B, C, and E. This research can enrich the literature related to EOQ and provide input for companies regarding the potential savings that can be made, and information on inventory system needs for the future.

Keywords: *EOQ Model; Forecast; Inventory*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem inventori eksisting dan menentukan sistem inventori optimal untuk masa mendatang pada PT XYZ. Metode yang digunakan adalah Economic Order Quantity (EOQ) yang diintegrasikan dengan time series forecasting. Pemilihan produk yang dikaji didasarkan pada volume inbound dan outbound di gudang. Penerapan metode EOQ pada lima produk kajian memberikan hasil kuantitas pemesanan optimal untuk kondisi eksisting sejumlah 925 drum, 737 drum, 612 drum, 705 drum, dan 729 drum untuk produk A, B, C, D, dan E. Terdapat potensi penghematan total ongkos inventori sebesar 24% yang dihasilkan model EOQ dibandingkan dengan sistem inventori yang saat ini berlangsung di perusahaan. Data historis demand menunjukkan adanya pola seasonal stationer. Forecast untuk satu tahun mendatang dilakukan dan digunakan dalam menghitung kuantitas order optimal untuk tahun mendatang, yaitu sebesar 775 drum, 891 drum, 611 drum, dan 728 drum untuk produk A, B, C, dan E. Penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait EOQ, dan memberikan masukan bagi perusahaan terkait potensi penghematan yang dapat dilakukan, dan informasi kebutuhan sistem inventori untuk masa mendatang.

Kata Kunci: *EOQ Model; Forecast; Inventory*

PENDAHULUAN

Inventori dapat diartikan sebagai stok yang disimpan untuk memenuhi *demand*.

Inventori dapat diterjemahkan sebagai sumber daya yang disimpan untuk memenuhi *demand* di masa kini dan mendatang (Render et al., 2018). Inventori

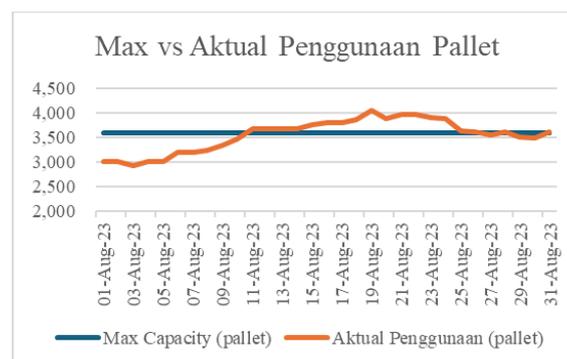
dapat didefinisikan sebagai komponen part, bahan baku, *work in process product*, dan produk akhir yang disimpan pada lokasi spesifik di rangkaian *supply chain* (Vrat, 2014)

Inventori merupakan salah satu aset penting yang dimiliki perusahaan yang merepresentasikan hampir setengah dari pengeluaran perusahaan, bahkan hampir setengah dari modal yang dimiliki perusahaan (Baraka & Yadavalli, 2022) Walaupun keberadaan inventori memerlukan biaya, namun inventori yang cukup tetap diperlukan untuk dapat memenuhi *customer service* yang berkualitas tinggi. Level inventori yang tepat dapat menjamin keseimbangan antara minimasi biaya dan service level yang diberikan kepada *customer* (Nemtajela & Mbohwa, 2017), sehingga *service level* dan biaya merupakan *trade off* yang harus dipertimbangkan dalam manajemen inventori. Penentuan level inventori yang optimal dapat dijawab melalui manajemen inventori.

Manajemen inventori dapat diartikan sebagai kegiatan mengatur, menjaga, menyimpan, dan mendistribusikan material yang tepat, pada kuantitas, waktu, dan tempat yang tepat (Khobragade et al., 2018). Manajemen inventori berkaitan dengan mempertahankan stok pada level tertentu pada biaya yang minimum, namun tetap meningkatkan kepuasan pelanggan (Hamisi, 2011; Nemtajela & Mbohwa, 2017; Sople, 2012). Penelitian terkait

manajemen inventori telah mendapat banyak perhatian yang dibuktikan dengan semakin meningkatnya publikasi pada bidang tersebut. Penelitian yang ada kebanyakan berfokus pada evaluasi sistem inventori untuk kondisi eksisting saja. Manajemen inventori sebaiknya juga dikaji untuk kondisi masa mendatang karena adanya kemungkinan perubahan nilai variabel seperti perubahan *demand*. Hal ini merupakan salah satu *gap* penelitian terkait manajemen inventori yang ingin diselesaikan pada penelitian ini.

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang energi. Sebagaimana perusahaan manufaktur lain, PT XYZ memiliki inventori yang disimpan pada gudangnya. Permasalahan yang terjadi pada gudang PT XYZ adalah terjadinya *over capacity* pada tahun 2023, khususnya di bulan Agustus 2023. Gambar 1 menunjukkan grafik penggunaan kapasitas gudang selama bulan Agustus 2023. Pada gudang tersebut, tersimpan bahan baku yang diletakkan dalam pallet. Terjadinya *over capacity* pada beberapa hari tersebut dapat memberikan dampak negatif pada perusahaan seperti meningkatnya biaya penyimpanan, membahayakan operasional gudang, dan menurunkan efisiensi operasional gudang. Perusahaan perlu menilai apakah level inventori yang saat ini dimiliki oleh produk-produk yang disimpan telah optimal atau tidak untuk menghindari *over capacity* gudang di masa mendatang.



Gambar 1. Penggunaan Gudang PT XYZ

Penentuan level inventori yang optimal untuk setiap jenis item yang disimpan di gudang perlu dimiliki oleh perusahaan. Inventori yang tidak tepat dapat menimbulkan biaya tambahan. Kekurangan inventori bahan baku dapat mengakibatkan produksi terganggu. Kekurangan inventori produk akhir dapat mengakibatkan ketidakmampuan perusahaan dalam memenuhi *demand*, hingga menurunkan *customer service level* perusahaan. Sebaliknya, kelebihan inventori dalam bentuk apapun dapat berdampak pada *over capacity* pada gudang yang tentunya dapat meningkatkan biaya penyimpanan, mengurangi efisiensi operasional di gudang, dan membahayakan aktivitas operasional di gudang. Selain itu, penyimpanan produk yang terlalu lama juga dapat menurunkan kualitas produk tersimpan. Oleh karena itu, penting untuk dapat menentukan level inventori yang optimal pada produk yang tersimpan. Penentuan level inventori dapat dijawab oleh sistem inventori yang sesuai. Perhitungan yang digunakan salah satunya adalah dengan model inventori *Economic Order Quantity (EOQ)*. Model EOQ merupakan model yang dapat digunakan pada sistem inventori dengan karakteristik produk yang memiliki *demand* pasti dan sistem review kontinu.

Forecasting demand produk perlu dilakukan sebagai acuan dalam beberapa keputusan yang harus dibuat perusahaan, salah satunya adalah keputusan terkait sistem inventori di masa mendatang. Dengan diketahuinya *forecast demand*, perusahaan dapat menghitung level inventori yang tepat, kuantitas pemesanan optimal, dan frekuensi pembelian yang sesuai untuk masa mendatang. Hal ini tentunya dapat menjadi informasi bagi perusahaan untuk penyediaan sumber daya seperti modal, pekerja, *space* gudang, dll untuk mencapai level inventori yang optimal tersebut.

Penelitian ini bertujuan menggabungkan model EOQ dan *time series forecasting* dalam mengevaluasi

sistem inventori eksisting dan mempersiapkan sistem inventori untuk masa mendatang. Model EOQ digunakan untuk mengevaluasi sistem inventori yang saat ini berlangsung di perusahaan dengan cara membandingkan total ongkos inventori pada kondisi eksisting dan total ongkos inventori yang dihasilkan dari model EOQ. *Time series forecasting* dilakukan untuk mengetahui *demand* produk di masa mendatang sebagai dasar dalam penentuan sistem inventori optimal untuk masa mendatang. Pemilihan metode *time series forecasting* didasarkan pada sifat *demand* yang berfluktuasi berdasarkan waktu. Oleh karena itu, metode ini lebih cocok digunakan dibandingkan metode *causal forecasting* maupun *nonlinear forecasting*. Secara teoritis, penelitian ini memiliki kontribusi memperkaya literatur terkait EOQ. Secara praktikal, penelitian ini memberikan masukan bagi perusahaan terkait potensi penghematan yang dapat dilakukan, dan informasi kebutuhan sistem inventori untuk masa mendatang.

MATERI DAN METODE

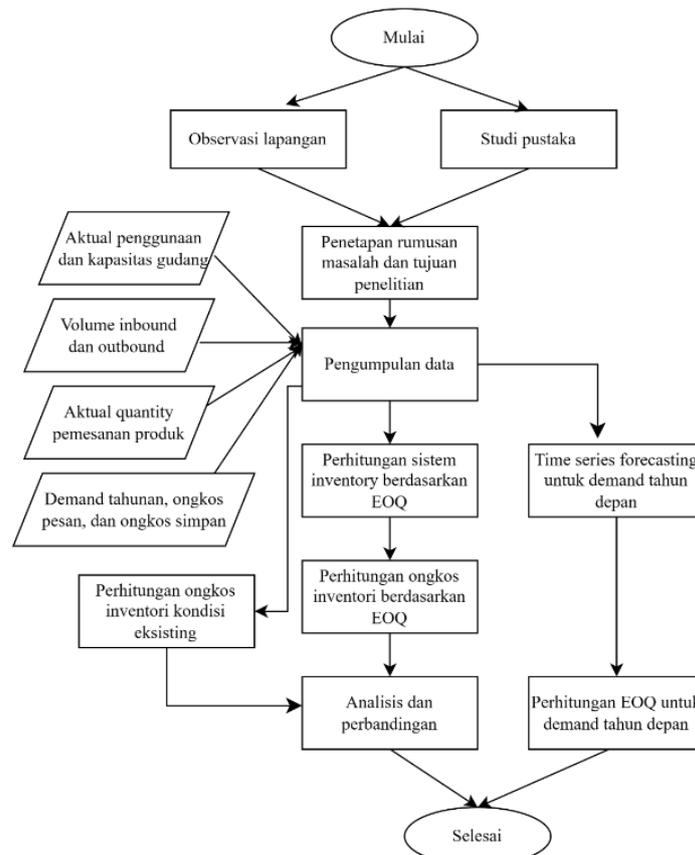
Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem inventori yang saat ini berlangsung di perusahaan, dengan sistem inventori yang dihasilkan oleh model EOQ. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan total ongkos inventori yang ditimbulkan. Prediksi *demand* untuk tahun depan juga dilakukan dengan menggunakan metode *time series forecasting*. Berdasarkan *forecast* tersebut, dihitung juga nilai kuantitas pemesanan optimal untuk tahun depan sebagai informasi untuk perusahaan untuk persiapannya. Gambar 2 menunjukkan diagram alir metodologi penelitian.

Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji penerapan model EOQ dalam menganalisis level inventori produk. (Darmadi, 2020) menggunakan model EOQ untuk melakukan pengendalian persediaan bahan baku produksi dengan output berupa

kuantitas pemesanan optimal, *safety stock*, dan frekuensi pemesanan. Pada penelitiannya, model EOQ terbukti dapat memberikan keputusan inventori yang meminimalkan total ongkos inventori. (Susanti & Kalalo, 2023) melakukan kajian serupa dengan tujuan mengevaluasi sistem inventori yang saat ini berlangsung di perusahaan. Hasil penelitiannya menunjukkan terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada sistem inventori yang saat ini berlangsung dengan sistem inventori optimal. (Ritawiyati et al., 2018) juga melakukan kajian serupa pada sistem inventori bahan baku di suatu UMKM. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya potensi penghematan jika perusahaan menerapkan sistem inventori optimal yang dihasilkan oleh model EOQ. (Sohail & Sheikh, 2018) melakukan kajian manajemen inventori pada suatu UMKM industri baja. Dengan menggunakan model EOQ, penelitiannya mengungkap bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara *return on asset* (ROA) dengan lamanya

inventori tersimpan. (Oktaviani et al., 2017) menggunakan integrasi antara metode klasifikasi ABC dan model EOQ untuk mengetahui sistem inventori yang sesuai untuk barang-barang yang disimpan pada perusahaan travel agent yang dijadikan kajian. (Inasari et al., 2023) mengaplikasikan model EOQ untuk mengetahui total ongkos inventori optimal yang harus dikeluarkan sebuah perusahaan untuk bahan baku yang disimpannya dalam memproduksi makanan hewan. Berdasarkan penelitiannya, terdapat penghematan total ongkos inventori yang dapat diperoleh sebesar 11.6%. Berdasarkan beberapa penelitian ini, dapat dilihat bahwa model EOQ terbukti dapat memberikan informasi terkait sistem inventori yang optimal digunakan perusahaan. Dengan menggunakan model EOQ, perusahaan dapat mengetahui level inventori yang tepat sehingga terhindar dari dampak negatif yang diakibatkan oleh kelebihan maupun kekurangan inventori.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pada penelitian terkait *time series forecasting*, (Panda & Mohanty, 2016) melakukan *time series forecasting* untuk memprediksi kebutuhan permintaan makanan pada jasa pengantaran makanan. Penelitiannya membandingkan performa beberapa metode *machine learning* dengan hasil LSTM sebagai metode terbaik. (Liu et al., 2024) menggunakan model ARIMA dalam memprediksi *demand* produk-produk yang disimpan pada sebuah *platform e-commerce*. (Shang, 2012) menggunakan *time series forecasting* untuk memprediksi kebutuhan listrik harian di suatu wilayah. Pada penelitiannya, ia mengintegrasikan *principal component analysis* dan teknik regresi. (Wang, 2023) melakukan kajian untuk membandingkan performa beberapa jenis metode *forecast* dalam prediksi *demand*, yaitu *single traditional forecasting method*, *single intelligent forecasting method*, *combined forecasting method*, dan *mixed forecasting method*. Pada penelitiannya, ia menganalisis kelebihan dan kekurangan dari setiap jenis metode tersebut. Berdasarkan beberapa penelitian ini dapat dilihat bahwa metode *time series forecasting* cukup sering digunakan dalam memprediksi berbagai jenis *demand*.

Economic Order Quantity (EOQ)

Keputusan penting yang ada pada manajemen inventori adalah kapan melakukan pembelian, dan berapa kuantitas pembelian. Penentuan keputusan tersebut melibatkan model dan teknik inventori yang sesuai (Render et al., 2018). Kedua keputusan tersebut dapat membantu dalam penentuan variabel keputusan lain seperti *lot size*, dan *reorder point*. Keputusan tersebut juga berkaitan dengan parameter lain seperti sifat *demand* yang dimiliki, *lead time*, kendala tertentu, skema diskon yang ditawarkan, dan lain-lain (Baraka & Yadavalli, 2022).

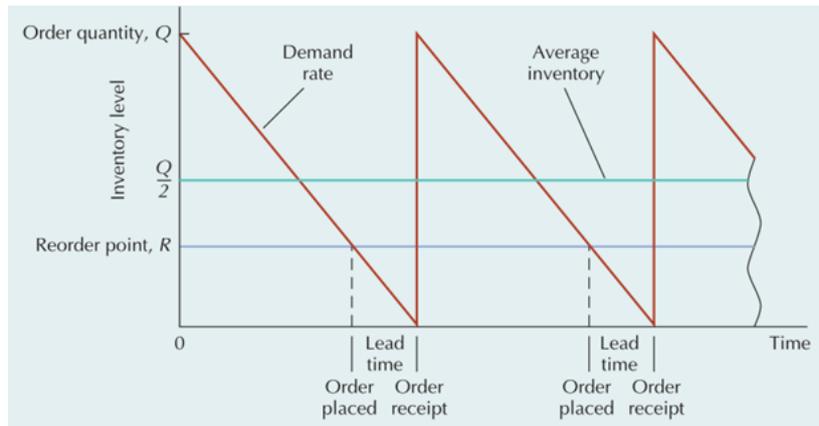
Demand merupakan variabel penting dalam manajemen inventori. *Forecast demand* yang memiliki akurasi baik dapat

membantu dalam penentuan keputusan pada manajemen inventori dengan tepat, sehingga dapat meningkatkan penjualan dan keuntungan (Baraka & Yadavalli, 2022). Terdapat dua karakteristik *demand* yang mempengaruhi model inventori yang sesuai; *demand* yang deterministik dan stokastik.

Pada *demand* yang bersifat deterministik, sistem inventori didasarkan pada informasi *demand* yang telah diketahui secara pasti. Model deterministik menghasilkan output yang sama karena kepastian dari parameter-parameter yang berkaitan. Model inventori dengan *demand* deterministik bertujuan meminimalkan total ongkos yang berkaitan dengan waktu produksi, dan biaya lain yang berkaitan dengan inventori seperti ongkos pemesanan, ongkos simpan, dan ongkos kelebihan atau kekurangan. Pada sistem review inventori kontinu, kuantitas stok selalu dimonitor. Pemesanan dilakukan jika posisi stok mencapai suatu level tertentu, *reorder point*. Salah satu model inventori yang dapat digunakan untuk menentukan sistem inventori dengan karakteristik *demand* yang deterministik dan sistem review kontinu adalah model *Economic Order Quantity (EOQ)*.

Model EOQ memberikan output berupa kuantitas pembelian yang optimal, yang meminimasi total ongkos inventori yang terdiri dari ongkos pemesanan dan ongkos simpan. Terdapat beberapa variasi pada model EOQ, seperti EOQ dengan skema diskon, dan EOQ dengan kuantitas produksi. Gambar 3 menunjukkan perilaku inventori yang pada model basic EOQ. Model EOQ dasar harus memenuhi asumsi sebagai berikut (Russel & Taylor, 2011):

- *Demand* diketahui secara pasti dan bersifat konstan sepanjang waktu;
- Tidak diizinkan terjadi *shortage*;
- *Lead time* diketahui secara pasti dan bersifat konstan;
- Kuantitas order diterima secara sekaligus.



Gambar 3. Perilaku Inventori pada Model Dasar EOQ (Russel & Taylor, 2011)

Pada model EOQ, terdapat dua jenis ongkos yang dipertimbangkan, yaitu ongkos pemesanan dan ongkos simpan. Kedua ongkos ini memiliki perilaku yang berkebalikan. Seiring meningkatnya kuantitas order, maka ongkos pemesanan akan menurun, namun ongkos simpan akan meningkat. Kuantitas order yang optimal adalah kuantitas order yang menyeimbangkan kedua ongkos ini.

1. Ongkos pemesanan

Merupakan ongkos yang dikeluarkan setiap kali pemesanan dilakukan, tidak memperhatikan kuantitas yang diorder. Total ongkos pemesanan tahunan dirumuskan ongkos setiap kali pemesanan (C_o) dikali dengan frekuensi pembelian. Frekuensi pembelian diperoleh dari total *demand* (D) yang harus dipenuhi, dibagi dengan kuantitas setiap kali melakukan pembelian (Q).

Total ongkos pemesanan tahunan =

$$C_o \times \frac{D}{Q} \quad (1)$$

2. Ongkos simpan

Merupakan ongkos yang dikeluarkan akibat melakukan penyimpanan produk. Total ongkos simpan tahunan dirumuskan sebagai ongkos simpan per satuan waktu (C_c) dikali dengan rata-rata inventori tersimpan ($Q/2$).

Total ongkos simpan tahunan =

$$C_c \times \frac{Q}{2} \quad (2)$$

Total ongkos inventori

Merupakan penjumlahan dari total ongkos pemesanan dan ongkos simpan.

$$C_o \times \frac{D}{Q} + C_c \times \frac{Q}{2} \quad (3)$$

Total ongkos inventori membentuk kurva konveks, dimana terdapat satu titik optimal yang menghasilkan total ongkos inventori terendah. Kuantitas pemesanan pada titik optimal tersebut diperoleh dengan membuat turunan pertama total ongkos inventori = 0, sehingga dapat diperoleh formula untuk kuantitas pemesanan optimal adalah sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_o \times D}{C_h}} \quad (4)$$

Safety stock dapat diketahui dengan mengalikan standard deviasi *demand* (σ) dengan *service level* yang ditetapkan (α). *Service level* tersebut menunjukkan probabilitas tidak terjadi *shortage*. Pada perhitungan, *service level* tersebut direpresentasikan pada nilai z_α yang diperoleh dari tabel distribusi normal.

$$Safety\ stock = SS = \sigma \times z_\alpha \quad (5)$$

Reorder point (ROP) menunjukkan posisi inventori dimana pemesanan ulang sudah harus dilakukan. Nilai ROP dipengaruhi oleh *safety stock* yang ditetapkan dan *lead time* pengiriman produk.

$$\text{ROP} = \text{SS} + \frac{D}{\text{working days}} \times \text{lead time} \quad (6)$$

Frekuensi pembelian (f) merupakan frekuensi pembelian produk selama horizon yang dikaji. Nilai ini diperoleh dari total *demand* yang harus dipenuhi (D) dengan kuantitas pemesanan optimal (Q^*).

$$f = \frac{D}{Q^*} \quad (7)$$

Waktu antar pembelian (T) menunjukkan interval waktu pemesanan dilakukan. Nilai ini diperoleh dengan membagi total hari dalam horizon yang dikaji dengan frekuensi pembelian.

$$T = \frac{\text{Working days}}{f} \quad (8)$$

Time Series Forecasting

Forecast merupakan suatu prediksi untuk apa yang akan terjadi di masa mendatang. *Forecast* berifat tidak pasti, oleh karena itu setiap *forecast* hampir pasti memiliki *degree of error* (Nahmias & Olsen, 2015). Penentuan metode *forecast* yang tepat dapat membantu dalam meminimalkan *error* yang terjadi.

Secara general *forecast* dibagi ke dalam metode kualitatif dan kuantitatif (Heizer et al., 2017). Salah satu metode kuantitatif pada *forecasting* adalah *time series*. Pada metode ini, *forecasting* didasarkan pada nilai data tersebut di periode waktu yang telah lampau. Metode ini mencoba memahami pola data yang dimiliki dan mengasumsikan pola data tersebut akan terjadi lagi di masa mendatang.

Terdapat beberapa pola data pada *time series forecasting* (Arnold et al., 2008; Nahmias & Olsen, 2015; Russel & Taylor, 2011):

1. *Stationer*, merupakan pola data yang relatif stabil, hanya memiliki *random movement* yang tidak signifikan;
2. *Trend*, merupakan pola data yang menunjukkan adanya kecenderungan naik atau turun secara gradual;

3. *Seasonality*, merupakan pola data yang memiliki perilaku berulang pada interval yang tetap;

4. *Cycles*, merupakan pola data yang memiliki perilaku berulang namun pada interval yang tidak pasti, dan waktu yang panjang;

5. *Random variation*, merupakan pola data yang bersifat acak, yang terjadi karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi *demand* selama periode tertentu dan terjadi secara *random*. Variasi yang terjadi dapat bersifat kecil maupun besar.

Setiap jenis pola data memiliki metode yang sesuai untuk digunakan agar tingkat *error* yang dimiliki rendah.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Permasalahan *overstock* yang terjadi pada gudang PT XYZ dapat dilihat pada Gambar 1 di atas. Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada bulan Agustus 2023 terjadi penyimpanan pallet yang melebihi kapasitas hariannya, yaitu 11 Agustus 23 – 25 Agustus 23. Dilakukan perbandingan antara *quantity inbound* dan *outbound* untuk setiap produk yang disimpan di gudang tersebut. Tabel 1 menunjukkan lima material teratas dengan *quantity inbound* dan *quantity outbound* terbesar. Penelitian difokuskan pada kelima material tersebut.

Untuk mengevaluasi sistem inventori yang saat ini digunakan PT XYZ, dilakukan perbandingan antara kuantitas pemesanan yang saat ini dilakukan dengan hasil perhitungan optimal melalui model EOQ. Digunakan data tahun 2022 untuk menganalisis hal tersebut. Tabel 2 menunjukkan aktual pembelian pada tahun 2022, dan Tabel 3 menunjukkan *demand* tahun 2022 untuk kelima produk yang dijadikan fokus penelitian.

Tabel 1. Lima Material dengan *Quantity Inbound* dan *Outbound* Terbesar

Produk	<i>Inbound</i> (pallet)	<i>Outbound</i> (pallet)
A	3.379	2.957
B	2.108	2.101
C	1.270	1.191
D	876	1.099
E	804	839
Total	8.437	8.187

Tabel 2. Aktual Pembelian Tahun 2022

Produk	Kuantitas Pembelian
A	10.115
B	5.872
C	4.452
D	3.504
E	3.117

Tabel 3. *Demand* Tahun 2022

Bulan	A	B	C	D	E
Jan-22	0	352	239	1232	203
Feb-22	0	378	272	664	146
Mar-22	21	457	339	697	172
Apr-22	479	729	404	697	207
Mei-22	596	188	426	2	123
Jun-22	1.481	970	218	0	347
Jul-22	688	249	107	0	101
Aug-22	1.210	500	178	0	524
Sep-22	886	537	156	74	181
Okt-22	1.054	223	161	0	434
Nov-22	612	498	394	77	460
Des-22	905	370	339	10	95
Total	7.932	5.451	3.233	3.453	2.993
St Dev	463	213	105	403	145

Pada perhitungan EOQ, dibutuhkan biaya pemesanan dan biaya simpan sebagai dasar dalam menetapkan angka pemesanan optimal. Biaya pemesanan terdiri dari biaya handling produk saat penerimaan, dan biaya transportasi. Diasumsikan untuk kelima produk tersebut memiliki biaya pemesanan yang sama karena memiliki jenis dan ukuran yang relatif sama, yaitu sebesar Rp.

550.000 dengan rincian Rp. 150.000 untuk *handling* produk, dan Rp. 400.000 untuk biaya transportasi. Biaya simpan didasarkan pada persentase terhadap *value* dari produk yang disimpan. Tabel 4 menunjukkan biaya simpan per tahun untuk kelima jenis produk.

Tabel 4 Biaya Simpan

Produk	%	Product value (Rp)	Biaya simpan (Rp)
A	17	60.000	10.200
B	17	65.000	11.050
C	17	56.000	9.520
D	17	45.000	7.650
E	17	36.500	6.205

Evaluasi sistem inventori pada kondisi eksisting dilakukan dengan membandingkan total ongkos inventori yang timbul pada pembelian aktual tahun 2022 dengan total ongkos inventori jika pembelian dilakukan berdasarkan model EOQ. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dapat dinilai apakah sistem pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan saat ini sudah tepat atau belum. Selain itu, dilakukan juga *forecasting* permintaan untuk satu tahun ke depan dan perhitungan kuantitas pemesanan atas *forecast* yang dibangkitkan tersebut.

Perhitungan Total Ongkos Inventori untuk Kondisi Eksisting

Berikut merupakan perhitungan untuk produk A berdasarkan kuantitas pembelian aktual di tahun 2022 sebesar 10.115 drum:

- Ongkos pemesanan

Ongkos pemesanan diperoleh dengan mengalikan ongkos pesan/pemesanan x frekuensi pemesanan. Diasumsikan pada tahun 2022 pemesanan dilakukan setiap bulan, sehingga frekuensi pemesanan adalah 12 kali. Ongkos pemesanan yang timbul adalah:

$$C_o = 12 \times \text{Rp. } 550.000 = \text{Rp. } 6.600.000$$

- Ongkos simpan

Ongkos simpan diperoleh dengan mengalikan rata-rata kuantitas tersimpan x ongkos simpan per periode. Diasumsikan kuantitas pemesanan bulanan adalah rata-rata selama 12 bulan dari kuantitas pemesanan setahun, sehingga ongkos simpan yang timbul adalah:

$$C_c = \frac{10.115}{2} \times \text{Rp. } 10.200 = \text{Rp. } 4.298.875$$

- Total ongkos inventori

Total ongkos inventori dihitung dengan menjumlahkan ongkos pesan dan ongkos simpan.

$$TC_A = \text{Rp. } 6.600.000 + \text{Rp. } 4.298.875 = 10.898.875$$

Perhitungan untuk ongkos pemesanan, ongkos simpan, dan total ongkos inventori dilakukan untuk keempat jenis produk lainnya. Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan tersebut.

Tabel 5. Total Ongkos Inventori untuk Kondisi Eksisting

Produk	C_o	C_c	TIC
A	6.600.000	4.298.875	10.898.875
B	6.600.000	2.703.567	9.303.567
C	6.600.000	1.765.960	8.365.960
D	6.600.000	1.116.900	7.716.900
E	6.600.000	805.874	7.405.874

Perhitungan Total Ongkos Inventori dengan Model EOQ

Perhitungan EOQ dilakukan untuk mengetahui kuantitas pemesanan yang optimal (Q^*) pada kelima produk yang dikaji. Selain itu, juga dihitung *safety stock* yang dibutuhkan karena *demand* produk yang berfluktuasi. Perhitungan titik pemesanan kembali (ROP) juga dilakukan untuk mengetahui posisi inventori dimana perusahaan sudah harus melakukan pemesanan ulang. Frekuensi dan waktu antar pembelian juga turut dihitung. Berikut adalah contoh perhitungan untuk Produk A:

- EOQ produk A

$$EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_o \times D_A}{C_c}} = \frac{2 \times Rp\ 550.000 \times 7932}{Rp\ 10.200} = 925\ drum$$

- *Safety stock* produk A

Safety stock dihitung dengan mengalikan standard deviasi *demand* dengan nilai Z pada level α yang dilihat pada tabel distribusi normal. Diasumsikan nilai α adalah 95%.

$$SS_A = \sigma_A \times Z_\alpha = 463 \times 1.64 = 762\ drum$$

- ROP produk A

ROP diperoleh dengan menjumlahkan *safety stock* dan *demand* selama *lead time*. Diketahui *lead time* untuk setiap jenis produk adalah 3 hari, dan terdapat 260 hari kerja dalam satu tahun. *Demand* harian (d) dihitung dengan membagi total *demand* (D) dengan total hari dalam setahun (260).

$$ROP_A = SS_A + d_A \times LT = 762 + \frac{7932}{260} \times 3 = 855\ drum$$

- Frekuensi pembelian

Frekuensi pembelian dihitung dengan membagi total *demand* setahun dengan kuantitas pemesanan optimal (Q^*).

$$f_A = \frac{D_A}{Q^*_A} = \frac{7932}{925} = 9\ kali\ dalam\ setahun$$

- Waktu antar pembelian

Waktu antar pembelian dihitung dengan membagi total hari dalam setahun dengan frekuensi pembelian.

$$T_A = \frac{Working\ days}{f_A} = \frac{260}{9} = 29\ hari$$

Perhitungan ini dilakukan untuk keempat produk lainnya. Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan tersebut.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Sistem Inventori Optimal

Produk	Demand	EOQ	Standard Deviasi	Safety Stock	ROP	Frekuensi pembelian	Waktu antar pembelian (hari)
A	7.932	925	463	762	855	9	29
B	5.451	737	213	351	414	7	37
C	3.233	612	105	173	212	5	52
D	3.453	705	403	663	705	5	52
E	2.993	729	145	239	275	4	65

Sumber: Data Perhitungan Peneliti, 2024

Untuk menguji optimalitas sistem inventori yang dihasilkan oleh perhitungan EOQ, dibandingkan total ongkos inventori yang ditimbulkan model EOQ dengan total ongkos inventori pada kondisi eksisting. Berikut adalah perhitungan total ongkos

inventori berdasarkan model EOQ untuk produk A.

- Ongkos pemesanan = $9 \times Rp\ 550.000 = Rp\ 4.950.000$
- Ongkos simpan =

$$\frac{925}{2} \times Rp. 10.200 = Rp. 4.715.500$$

- Total ongkos inventori =
 $Rp. 4.950.000 + Rp. 4.715.500 =$
 $Rp. 9.667.500$

Perhitungan ini dilakukan untuk keempat produk lainnya. Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan tersebut.

Evaluasi Perbandingan Sistem Inventori Kondisi Eksisting dan Optimal

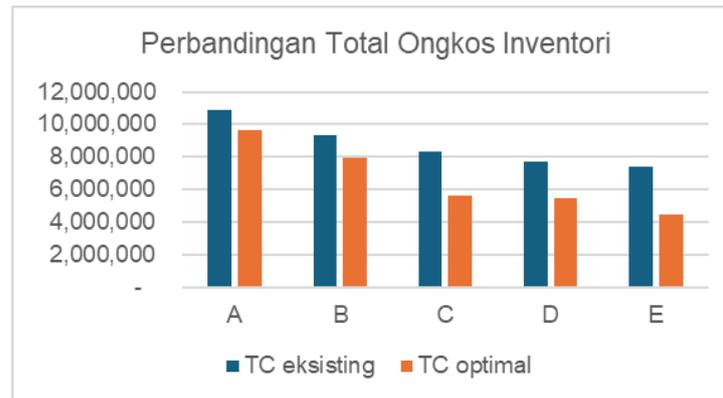
Terdapat perbedaan total ongkos inventori yang ditimbulkan oleh sistem inventori

pada kondisi eksisting dengan kondisi optimal. Gambar 4 menunjukkan perbandingan keduanya. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa total ongkos inventori yang diberikan oleh hasil perhitungan model EOQ memiliki nilai lebih rendah untuk semua produk. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penghematan yang dapat diperoleh perusahaan jika melakukan pemesanan sesuai sistem inventori yang diberikan oleh model EOQ. Tabel 8 menunjukkan penghematan yang dimaksud. Total penghematan yang dapat diperoleh adalah lebih dari 10 juta untuk lima jenis produk.

Tabel 7. Total Ongkos Inventori dengan Model EOQ

Produk	EOQ	C_o	C_c	TIC
A	925	4.950.000	4.717.500	9.667.500
B	737	3.850.000	4.071.925	7.921.925
C	612	2.750.000	2.913.120	5.663.120
D	705	2.750.000	2.696.625	5.446.625
E	729	2.200.000	2.261.723	4.461.723

Sumber: Data Perhitungan Peneliti, 2024



Gambar 4. Perbandingan Total Ongkos Inventori

Tabel 8. Penghematan Total Ongkos Inventori

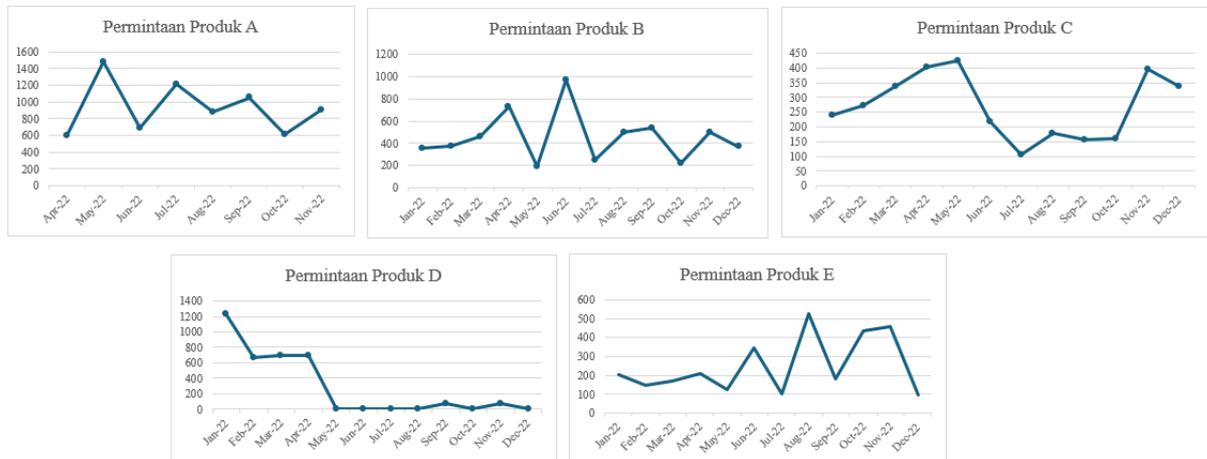
Produk	TIC Eksisting	TIC dengan EOQ	Penghematan	%
A	10,898,875	9,667,500	1,231,375	11%
B	9,303,567	7,921,925	1,381,642	15%
C	8,365,960	5,663,120	2,702,840	32%
D	7,716,900	5,446,625	2,270,275	29%
E	7,405,874	4,461,723	2,944,152	40%
Total	43,691,176	33,160,893	10,530,284	24%

Sumber: Data Perhitungan Peneliti, 2024

Forecast Demand dan Kuantitas Pemesanan Optimal berdasarkan Forecast

Forecast permintaan dilakukan dengan menggunakan metode *time series forecasting*. Pada metode ini, perlu

diketahui terlebih dahulu pola data yang dimiliki oleh setiap produk. Gambar 5 menunjukkan plotting pada line chart untuk pergerakan *demand* kelima produk tersebut.



Gambar 5. Pergerakan Demand Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa semua produk memiliki pola *seasonal stationer*, kecuali untuk produk D. Identifikasi pola permintaan sulit dilakukan pada produk D pola *demand* relatif memiliki variabilitas yang tinggi. Terdapat beberapa periode yang tidak memiliki permintaan, namun terdapat beberapa periode dengan permintaan yang cukup tinggi. Oleh karena itu, *forecasting* permintaan untuk produk D tidak dilakukan karena keterbatasan data historis yang ada sehingga tidak dapat diketahui pola data yang dimiliki. *Forecasting* permintaan untuk produk lain dilakukan sesuai pola

datanya; *seasonal stationer*. Berikut adalah perhitungan *forecast* untuk produk A:

- Perhitungan panjang season
 Pada produk A, dapat dilihat bahwa pola berulang setiap 2 periode, oleh karena itu panjang season yang dimiliki adalah $n = 2$.
- Perhitungan *seasonality* dan *forecast*
 Perhitungan *seasonality* diperoleh dengan mencari rata-rata keseluruhan, dan *seasonality factor* yang dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10. Perhitungan *forecast* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 9. Pembagian Season Demand produk A

Season	Demand			
I	596	688	886	612
II	1.481	1.210	1.054	905

$$Grand\ mean = (596+1.481+688+\dots+905)/8 = 929$$

Tabel 10. Perhitungan Seasonality Factor untuk Demand Produk A

Season	Demand				
I	$596/929 = 0,64$	0,74	0,95	0,66	0,75
II	1,59	1,30	1,13	0,97	1,25

Tabel 11. Forecast Produk A

Bulan	Demand	Bulan	Demand
Jan	696	Jul	696
Feb	1.163	Aug	1.163
Mar	696	Sep	696
Apr	1.163	Oct	1.163
Mei	696	Nov	696
Jun	1.163	Des	1.163
Total		5.574	

- Perhitungan Sistem inventori

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times C_o \times D_{A2023}}{C_c}} = \frac{2 \times Rp 550.000 \times 5574}{Rp 10.200}$$

$$= 775 \text{ drum}$$

Frekuensi pembelian =

$$f_{A2023} = \frac{D_{A2023}}{Q^*_{A2023}} = \frac{5574}{775}$$

= 7 kali dalam setahun

Waktu antar pembelian =

$$T_{A2023} = \frac{\text{Working days}}{f_{A2023}} = \frac{260}{7}$$

= 36 hari

Perhitungan ini dilakukan untuk ketiga produk lainnya. Tabel 12 menunjukkan hasil total *forecast demand* dan perhitungan kuantitas pemesanan optimal, frekuensi pembelian, dan waktu antar pembelian untuk satu tahun mendatang.

Tabel 12. Forecast dan Sistem Inventori Tahun Mendatang

Produk	Demand	EOQ	f	T
A	5.574	775	7	36
B	5.521	891	6	42
C	3.233	611	5	49
E	2.993	728	4	63

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan penelitian (Darmadi, 2020) dan (Susanti & Kalalo, 2023) yang membuktikan bahwa model inventori EOQ dapat meminimalkan total ongkos inventori pada perusahaan. Potensi penghematan yang dapat diperoleh berdasarkan penelitian ini adalah 24,10%, tidak jauh berbeda dengan penghematan pada penelitian (Susanti & Kalalo, 2023) yaitu sebesar 27,9%, namun cukup berbeda dengan penelitian (Inasari et al., 2023) yang sebesar 11,6%. Metode *time series forecasting* yang digunakan pada penelitian ini cukup berbeda dengan penelitian (Liu et al., 2024; Shang, 2012; Wang, 2023). Hal ini dikarenakan metode *time series*

forecasting didasarkan pada pola data yang terbentuk oleh data historis. Pada penelitian ini, pola data yang terbentuk adalah *seasonal stationer*, berbeda dengan pola data yang muncul pada penelitian-penelitian sebelumnya tersebut. Kelemahan dari penelitian ini antara lain terletak pada minimnya data historis untuk memahami pola data yang dimiliki. Jika data historis yang dimiliki dapat lebih banyak, *forecast demand* produk untuk masa mendatang dapat lebih akurat.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

Permasalahan overstock yang terjadi pada gudang PT XYZ disebabkan karena

penentuan level inventori yang kurang tepat. Berdasarkan data keluar dan masuk produk di gudang, terdapat lima produk dengan volume *inbound* dan *outbound* terbesar, yaitu Produk A, Produk B, Produk C, Produk D, dan Produk E. Sistem inventori dengan model EOQ yang diaplikasikan pada kelima produk ini memberikan kuantitas pemesanan optimal sejumlah 925 drum untuk produk A, 737 drum untuk produk B, 612 drum untuk produk C, 705 drum untuk produk D, dan 729 drum untuk produk E. Total ongkos inventori yang dihasilkan dari model EOQ memiliki selisih sebesar 24% jika dibandingkan dengan total ongkos inventori pada sistem inventori yang saat ini digunakan perusahaan. Data historis untuk kelima produk menunjukkan adanya pola *seasonal stationer*, kecuali untuk Produk D. Pola data untuk Produk D tidak membentuk *seasonal stationer*, dan masih sulit diidentifikasi berdasarkan data yang ada, sehingga membutuhkan data historis yang lebih banyak. *Forecasting* dengan metode sesuai dilakukan, dan dilakukan perhitungan EOQ untuk satu tahun mendatang menggunakan data *forecast demand* yang dihasilkan. Kuantitas pemesanan optimal untuk tahun 2023 adalah sejumlah 775 drum, 891 drum, 611 drum, dan 728 drum untuk produk A, B, C, dan E.

Secara praktikal, penelitian ini dapat digunakan perusahaan dalam mengevaluasi sistem inventori yang saat ini berlangsung, dan membuat keputusan terkait sistem inventori untuk masa mendatang. Terkait evaluasi, perusahaan dapat menggunakan model EOQ ini untuk membandingkan total ongkos inventori yang dihasilkan model dan yang saat ini berlangsung di perusahaan. Selain itu, perusahaan dapat mengaplikasikan metode *time series forecasting* menggunakan data historis yang dimiliki untuk memprediksi kebutuhan produk tersebut di masa mendatang. Hasil prediksi dapat dijadikan input ke dalam model inventori EOQ untuk menentukan waktu dan kuantitas

pemesanan produk yang optimal di masa mendatang. Secara lebih luas, kedua keputusan tersebut dapat memberikan proyeksi bagi perusahaan untuk mempersiapkan beberapa hal terkait pengadaan produk tersebut, seperti memastikan kapasitas supply, dan memastikan ketersediaan tempat penyimpanan dan modal.

Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait model inventori EOQ dan *time series forecasting*. Penelitian ini mengintegrasikan kedua metode tersebut untuk evaluasi dan prediksi sistem inventori. Penggunaan metode *forecasting* pada penelitian ini membuktikan bahwa model inventori EOQ yang sederhana dapat digabungkan dengan model lain sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih luas, seperti yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi sistem inventori yang berlangsung dan melakukan perencanaan untuk sistem inventori di masa mendatang.

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memperkaya literatur dan menyediakan model yang sesuai dengan kondisi aktual di perusahaan. Pengembangan dapat dilakukan dari sisi penggunaan metode *time series forecasting* lain yang sesuai dengan pola data yang dimiliki seperti *Winter's method*, *time series decomposition*, maupun ARIMA. Metode *causal forecasting* seperti *multiple regression*, dan *decision tree* juga dapat dilakukan jika *demand* produk dipengaruhi oleh variabel-variabel lain. Penambahan kendala-kendala pembelian bahan baku pada model inventori yang sesuai dengan kondisi perusahaan juga dapat dilakukan untuk membuat model lebih merepresentasikan kondisi perusahaan, seperti kendala *lead time* yang bervariasi, *demand* yang bervariasi, dan penerimaan produk yang tidak dapat dilakukan di satu waktu.

DAFTAR PUSTAKA

Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive,

- L. M. (2008). *Introduction to Materials Management* (6th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Baraka, J. M., & Yadavalli, S. V. (2022). Inventory management concepts and implementations : a systematic review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 32(2), 15–36. <https://doi.org/10.7166/33-2-2527>
- Darmadi. (2020). Penerapan Pengendalian Persediaan Metode Economic Order Quantity (EOQ) di PT Wijaya Metalindo Work. *Kaizen : Management Systems & Industrial Engineering Journal*, 3(1), 16–24. <https://doi.org/10.25273/kaizen.v3i1.6647>
- Hamisi, S. (2011). Challenges and opportunities of Tanzanian SMEs in adapting supply chain management. *African Journal of Business Management*, 5(4), 1266–1276. <https://doi.org/10.5897/AJBM10.704>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Principles of Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (10th ed.). Harlow: Pearson Education.
- Inasari, F., Korawijayanti, L., & Farizi, M. A. L. (2023). Implementation of The Economic Order Quantity (EOQ) Method on CV Anugrah Sakti. *Applied Accounting and Management Review*, 2(1), 43–50. <https://doi.org/10.32497/aamar.v2i1.4412>
- Khobragade, P., Selokar, R., Maraskolhe, R., & Talmale, M. (2018). Research paper on Inventory management system. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 252–254.
- Liu, Z., Zhao, Y., Yang, S., Ju, J., Yang, L., Li, R., Zhang, J., & Lu, W. (2024). Time Series Analysis of Product Demand Forecasting and Inventory Optimization on E-commerce Platforms. *Journal of Electronics and Information Science*, 9(1), 49–54. <https://doi.org/10.23977/jeis.2024.090108>
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and Operation Analysis* (7th ed.). Illinois: Waveland Press.
- Nemtajela, N., & Mbohwa, C. (2017). Relationship between inventory management and uncertain demand for fast moving consumer goods organisations. *Procedia Manufacturing*, 8, 699–706. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.090>
- Oktaviani, A., Subawanto, H., & Purba, H. H. (2017). The Implementation of ABC Classification and (Q,R) with Economic Order Quantity (EOQ) Model on the Travel Agency. *Comtech*, 8(1), 45–54. <https://doi.org/10.21512/comtech.v8i1.3778>
- Panda, S. K., & Mohanty, S. N. (2016). Time Series Forecasting and Modelling of Food Demand Supply Chain based on Regressors Analysis. *IEEE Access*, 4, 1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3266275>
- Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2018). *Quantitative Analysis for Management* (13th ed.). Harlow: Pearson Education.
- Ritawiyati, Maryanti, S., & Thamrin, M. (2018). Metode Economic Order Quantity (EOQ) sebagai Dasar Pengendalian Bahan Baku Tepung Terigu (Studi Kasus Home Industry Roti Sekarsari Kampar). *Jurnal Ilmu Komputer Dan Bisnis*, 9(2), 2059–2069.
- Russel, R. S., & Taylor, B. W. (2011). *Operation Management: Creating Value along the Supply Chain* (7th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Shang, H. L. (2012). Functional time series approach for forecasting very short-term electricity demand. *Journal of Applied Statistics*, 40(1), 152–168. <https://doi.org/10.1080/02664763.2012.740619>

- Sohail, N., & Sheikh, T. H. (2018). A Study of Inventory Management System Case Study. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, 10(September), 1176–1190.
- Sople, V. V. (2012). *Logistics Management: The Supply Chain Imperative* (3rd ed.). Uttar Pradesh: Pearson India Education.
- Susanti, & Kalalo, M. Y. B. (2023). Analisis penerapan metode economic order quantity sebagai upaya pengendalian persediaan bahan baku pada UD Imanuel Tompaso Baru Susanti. *Manajemen Bisnis Dan Keuangan Korporat*, 1(2), 112–127. <https://doi.org/10.58784/mbkk.66>
- Vrat, P. (2014). *Materials Management: An Integrated Systems Approach*. New Delhi: Springer.
- Wang, Y. (2023). Overview of Logistics Demand Forecasting Methods. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 9(2). <https://doi.org/10.54097/fbem.v9i2.92>