

Peramalan Permintaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pupuk ZA Menggunakan Metode *Time Series* dan EOQ (studi Kasus : PT Petrokimia Gresik)

Muhammad Rizky Yoga Pratama¹, Yanuar Pandu Negro², Hidayat³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
61121, Jawa Timur, Indonesia

Email: rizky2003yoga@gmail.com, yanuar.pandu@umg.ac.id, hidayat@umg.ac.id

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terbesar di Indonesia yang berkomitmen memenuhi kebutuhan sektor pertanian secara berkelanjutan. Salah satu produk utamanya adalah pupuk ZA, yang proses produksinya sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku. Ketidakakuratan dalam peramalan permintaan serta kurangnya pengendalian persediaan dapat menyebabkan kelebihan atau kekurangan bahan baku, yang berdampak pada efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan permintaan dan mengendalikan persediaan bahan baku pupuk ZA agar mendukung kelancaran operasional perusahaan. Metode peramalan yang digunakan adalah Double Exponential Smoothing (DES) dan Winters' Multiplicative (Triple Exponential Smoothing). Hasil menunjukkan bahwa metode Winters lebih akurat, dengan nilai MAPE sebesar 2% dan MAD sebesar 1.286. Hasil peramalan ini digunakan sebagai dasar penerapan metode Economic Order Quantity (EOQ) untuk pengendalian persediaan. Penerapan EOQ menghasilkan total biaya persediaan yang jauh lebih rendah dibanding kebijakan perusahaan saat ini, dengan penghematan hingga 10%. Integrasi metode peramalan dan EOQ terbukti efektif dalam menekan biaya dan menjaga kelancaran proses produksi.

Kata kunci: Peramalan, *Double Exponential Smoothing*, *Triple Exponential Smoothing*, EOQ, Persediaan, Pupuk ZA.

ABSTRACT

PT Petrokimia Gresik is Indonesia's largest fertilizer producer, committed to sustainably meeting the agricultural sector's needs. One of its main products is ZA fertilizer, whose production process heavily relies on the availability of raw materials. Inaccurate demand forecasting and poor inventory control can lead to an excess or shortage of raw materials, affecting production efficiency. This study aims to forecast demand and control the inventory of ZA fertilizer raw materials to support smooth company operations. Double Exponential Smoothing (DES) and Winters' Multiplicative (Triple Exponential Smoothing) are the forecasting methods used. The results show that the Winters' method is more accurate, with an MAPE of 2% and a MAD of 1,286. These forecasts are a basis for applying the Economic Order Quantity (EOQ) method in inventory control. The application of EOQ significantly reduces the total inventory cost compared to the company's current policy, achieving up to 10% cost savings. The integration of forecasting and EOQ methods effectively minimizes inventory costs and ensures smooth production operations.

Keywords: Forecasting, *Double Exponential Smoothing*, *Triple Exponential Smoothing*, EOQ, Inventory, ZA Fertilizer.

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara agraris memiliki ketergantungan tinggi terhadap sektor pertanian, menjadikan pupuk sebagai komoditas strategis dalam mendukung produktivitas lahan pertanian. Menurut data Badan Pusat Statistik (2025), lebih dari 25% tenaga kerja Indonesia masih bergelut di bidang pertanian, sehingga ketersediaan pupuk yang stabil menjadi faktor kunci dalam mendukung ketahanan pangan nasional. PT Petrokimia Gresik, sebagai salah satu anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia, memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan pupuk nasional, dengan kontribusi distribusi lebih dari 50% pupuk bersubsidi di Indonesia [1], [2], [3], [4].

Salah satu produk andalan PT Petrokimia Gresik adalah pupuk *Zwavelzure Amonium* (ZA), yang tidak hanya digunakan sebagai pupuk tunggal, tetapi juga sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk majemuk seperti

NPK, Phonska, dan SP-36 [5]. Tingginya permintaan terhadap pupuk majemuk menyebabkan fluktuasi kebutuhan terhadap pupuk ZA, sehingga ketidaktepatan dalam perencanaan persediaan dapat berdampak langsung terhadap kelangsungan produksi.

Manajemen persediaan merupakan komponen vital dalam sistem produksi yang berkelanjutan, terutama bagi industri manufaktur yang sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku secara tepat waktu dan dalam jumlah yang memadai. Ketidaktepatan dalam pengelolaan persediaan dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi akibat kekurangan bahan baku (*stockout*) atau pemborosan biaya penyimpanan akibat kelebihan stok (*overstock*) [6], [7], [8]. Oleh karena itu, perusahaan perlu memiliki strategi pengendalian persediaan yang terstruktur dan didukung oleh sistem peramalan permintaan yang akurat [9].

Untuk memastikan kelancaran produksi, maka perusahaan perlu mengestimasi atau memprediksi kebutuhan bahan baku pupuk ZA dengan akurat. Pupuk ZA (*Zwavelzure Amonium*) merupakan pupuk tunggal yang mengandung nitrogen dan sulfur, yang dalam proses produksinya secara umum menggunakan tiga bahan baku utama, yaitu amonium, asam sulfat (H_2SO_4), dan karbon dioksida (CO_2). Fluktuasi permintaan pupuk ZA berpengaruh langsung terhadap kebutuhan bahan baku tersebut. Oleh karena itu, peramalan permintaan pupuk ZA menjadi langkah awal yang krusial untuk menyusun strategi pengadaan bahan baku secara tepat guna menghindari risiko kelebihan (*overstock*) atau kekurangan (*stockout*). Pada **Tabel 1** berikut merupakan data permintaan pupuk ZA dan bahan baku nya selama periode Mei 2024 hingga April 2025.

Tabel 1 Data permintaan aktual pupuk ZA

No	Periode	Kuantitas (Ton)
		ZA
1	Mei-24	46.980
2	Jun-24	53.340
3	Jul-24	64.190
4	Agu-24	66.245
5	Sep-24	68.312
6	Okt-24	76.821
7	Nov-24	75.956
8	Des-24	86.935
9	Jan-25	65.952
10	Feb-25	59.484
11	Mar-25	80.174
12	Apr-25	70.482
Total		814.873
Rata-Rata		67.906

Sumber: (PT. Petrokimia Gresik, 2025)

Selanjutnya, **Tabel 2** merupakan hasil pengolahan data dari **Tabel 1** dengan cara mengalikan jumlah permintaan pupuk ZA tiap bulan dengan *consumption rate* masing-masing bahan baku per ton, yaitu:

- Amonium = 0,81
- Asam Sulfat = 0,305
- CO_2 = 0,3

Contoh perhitungan Amonium pada periode Mei 2024

$$\text{Permintaan Amonium} = CR \text{ Amonium} \times \text{permintaan pupuk ZA} = 0,81 \times 46.980 = 38.054$$

Perhitungan yang sama juga berlaku untuk periode selanjutnya, juga untuk bahan baku asam sulfat dan CO_2 .

Tabel 2 Data permintaan aktual bahan baku pupuk ZA

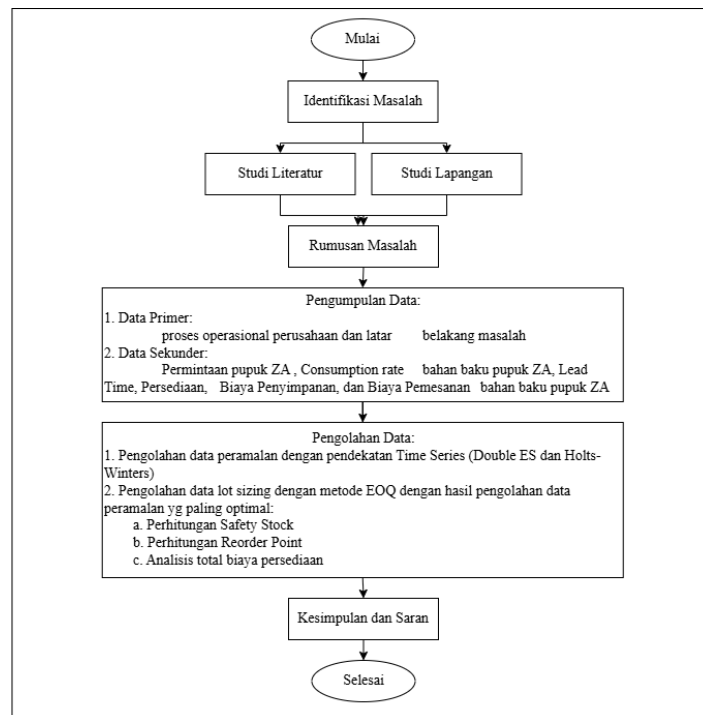
No	Periode	Kuantitas (Ton)		
		Amonium	Asam Sulfat	CO2
1	Mei-24	38.054	14.329	14.094
2	Jun-24	43.206	16.269	16.002
3	Jul-24	51.994	19.578	19.257
4	Agu-24	53.659	20.205	19.874
5	Sep-24	55.333	20.835	20.494
6	Okt-24	62.225	23.430	23.046
7	Nov-24	61.525	23.167	22.787
8	Des-24	70.417	26.515	26.080
9	Jan-25	53.421	20.115	19.786
10	Feb-25	48.182	18.143	17.845
11	Mar-25	64.941	24.453	24.052
12	Apr-25	57.090	21.497	21.145
Total		660.047	248.536	244.462
Rata-Rata		55.004	20.711	20.372

Berdasarkan data permintaan pupuk ZA periode Mei 2024 hingga April 2025, terjadi kecenderungan tren naik dengan fluktuasi pada bulan-bulan tertentu. Ketidakpastian tersebut menunjukkan perlunya pendekatan kuantitatif dalam meramalkan kebutuhan bahan baku agar perusahaan dapat merencanakan pengadaan secara optimal. Peramalan (*forecasting*) merupakan metode dalam memprediksi permintaan di masa depan dengan menggunakan data historis sebagai dasar [10], [11], [12]. Salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam peramalan adalah metode time series, yang mencakup *Double Exponential Smoothing* (DES) untuk mendeteksi tren, serta *Triple Exponential Smoothing* (TES) jika terdapat unsur musiman. Selain meramalkan kebutuhan, perlu pula bagi perusahaan menetapkan jumlah pemesanan bahan baku yang paling ekonomis untuk mengurangi total biaya persediaan. Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) digunakan dalam rangka menghitung jumlah optimal pembelian dengan mempertimbangkan biaya penyimpanan serta biaya pemesanan [14] - [17]. Kombinasi antara metode peramalan time series dan pendekatan EOQ diharapkan mampu membantu PT Petrokimia Gresik dalam merencanakan pengadaan bahan baku pupuk ZA secara efisien, mencegah kehabisan stok, dan meminimalkan biaya logistik.

Penelitian ini menggunakan metode DES dan TES untuk meramalkan permintaan pupuk ZA dan membandingkan akurasinya berdasarkan nilai MAD dan MAPE, di mana semakin rendah nilai keduanya, semakin kecil tingkat kesalahan peramalan dan semakin tepat metode yang digunakan [11]. Seluruh proses perhitungan, analisis tren, serta evaluasi akurasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab 18, yang memungkinkan analisis data secara efisien dan transparan. Selain meramalkan, penelitian juga menghitung jumlah pembelian optimal dengan metode EOQ untuk mendukung efisiensi produksi dan pengelolaan persediaan di PT Petrokimia Gresik.

Penelitian-penelitian sebelumnya di sektor pupuk juga mengidentifikasi pentingnya pengendalian persediaan berbasis metode kuantitatif. Pada [1] membandingkan metode EOQ dan POQ untuk bahan baku pupuk NPK, sementara pada [2] menerapkan Fuzzy EOQ untuk menyesuaikan ketidakpastian pasokan. Penelitian ini berbeda karena mengintegrasikan peramalan musiman (TES) yang jarang digunakan dalam studi pupuk, dengan pendekatan EOQ berbasis data aktual. Dengan fokus pada pupuk ZA dan mempertimbangkan musiman, penelitian ini menawarkan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi logistik bahan baku di sektor industri pupuk

Metode Penelitian



Gambar 1 Flowchart penelitian

Pelaksanaan penelitian ini di PT Petrokimia Gresik, di Jalan Jendral Ahmad Yani, Ngipik, Karangpoh, Kabupaten Gresik. Objek penelitian difokuskan pada salah satu produk utama perusahaan, yaitu pupuk ZA (*Zwavelzure Amonium*). Tujuan utama dari penelitian yaitu meramalkan permintaan pupuk ZA pada periode mendatang dengan menggunakan dua metode peramalan deret waktu, yaitu DES serta *Holt-Winters/ TES*. Seluruh proses pengolahan data, perhitungan peramalan, serta evaluasi akurasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Minitab 18*. Hasil peramalan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penghitungan total biaya

persediaan bahan baku mempergunakan pendekatan EOQ. Secara keseluruhan, alur tahapan penelitian ini disajikan sebagaimana pada **Gambar 1**.

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, didukung oleh studi literatur dan observasi lapangan untuk merumuskan fokus utama penelitian. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan, pengolahan, dan analisis data guna menyelesaikan permasalahan dan memperoleh kesimpulan yang bermanfaat.

Proses Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil identifikasi dan perumusan masalah, peneliti mengumpulkan data primer dan sekunder. Perolehan data primer lewat wawancara bersama staf dan pembimbing lapangan PT Petrokimia Gresik, sementara data sekunder meliputi data historis, informasi permintaan pupuk, tingkat konsumsi, lead time, serta biaya pemesanan dan penyimpanan bahan baku pupuk ZA.

Peramalan

Peramalan (*forecasting*) merupakan gabungan antara seni dengan ilmu dalam menegsitmasi nilai atau kejadian semasa mendatang melalui analisis data deret waktu yang tersusun secara sistematis [11]. Secara umum, peramalan bertujuan untuk memprediksi jumlah kebutuhan (kuantitas) dan kualitas (mutu) guna memenuhi permintaan terhadap jasa maupun barang. Fungsi utama dari peramalan yakni memberikan gambaran mengenai kondisi di masa mendatang berdasarkan data historis, dengan asumsi bahwa pola data masa lalu tidak berbeda signifikan dengan masa depan [12]. Dengan demikian, peramalan menjadi alat penting bagi perusahaan dalam menganalisis tren pasar dan merumuskan keputusan produksi terkait banyaknya barang yang hendak diproduksi ke depannya [13].

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Double Exponential Smoothing* (DES) dan *Triple Exponential Smoothing* (TES). Meskipun metode DES dan TES memiliki keunggulan dalam kemudahan implementasi serta kecepatan komputasi, keduanya memiliki keterbatasan dalam menghadapi data yang mengandung *outlier ekstrem*, *tren non-linear*, atau perubahan mendadak pada pola musiman [18]. Pada kondisi seperti ini, metode seperti ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) memiliki keunggulan dalam mengakomodasi pola autoregresif dan integrasi data masa lalu, serta model hybrid seperti ARIMA-*Artificial Neural Network* (ARIMA-ANN) mampu menangkap hubungan non-linear yang kompleks [19] - [21].

Namun, kompleksitas model-model tersebut memerlukan data yang lebih panjang dan stabil, serta keahlian teknis yang lebih tinggi dalam pengolahan. Oleh karena itu, penelitian ini memilih metode TES karena cocok untuk data musiman jangka pendek dan lebih sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan yang memerlukan peramalan praktis dan cepat dalam pengambilan keputusan logistik bahan baku [18].

Double Exponential Smoothing (DES)

Penggunaan metode DES yaitu untuk peramalan data yang memperlihatkan pola tren. Dalam penelitian ini, digunakan rumus DES yang melibatkan dua parameter pemulusan, yakni α (*alpha*) serta β (*beta*) [4], [10]. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- **Level (Lt)**

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$
- **Trend (Tt)**

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$
- **Forecast (F_{t+1})**

$$F_{t+1} = L_t + T_t \quad (3)$$

Triple Exponential Smoothing (TES/Holt-Winters)

Penggunaan metode ini untuk meramalkan data yang memiliki pola tren dan musiman. Ada tiga parameter pemulusan dari metode ini, yakni α (*alpha*) untuk level, β (*beta*) untuk tren, serta menggunakan γ (*gamma*) untuk musiman, sehingga mampu menghasilkan peramalan yang lebih akurat terhadap data dengan fluktuasi musiman yang konsisten [22]. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- **Level (Lt)**

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$
- **Trend (Tt)**

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5)$$
- **Seasonal (St)**

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (6)$$
- **Forecast (F_{t+1})**

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) \cdot S_{t+1-s} \quad (7)$$

Keterangan:

L_t	= Level atau nilai smoothed pada periode t
L_{t-1}	= Level pada periode $t - 1$
S_t	= Nilai musiman saat ini
s	= Panjang Musim
Y_t	= Nilai permintaan aktual pada periode t
T_t	= Nilai trend pada periode t
T_{t-1}	= Nilai trend pada periode $t - 1$
m	= Periode yang akan diprediksi
F_{t+1}	= Peramalan untuk periode kedepan
α, β, γ	= Parameter smoothing untuk level ($0 < \alpha < 1$)

Economic Order Quantity (EOQ)

Metode EOQ merupakan pendekatan klasik dalam pengelolaan persediaan guna menentukan banyaknya pemesanan paling efisien dalam rangka meminimalisir total biaya persediaan. Metode ini membantu menjawab kapan perlu melakukan pemesanan serta berapa jumlah optimal untuk dipesan [1] - [5], [25] - [29]. Adapun rumus EOQ ditunjukkan sebagai berikut:

- **Kuantitas Pemesanan (Q)**

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}} \quad (8)$$

- **Safety Stock (SS)**

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT} \quad (9)$$

- **Frekuensi Pembelian (F)**

$$F = \frac{D}{Q} \quad (10)$$

- **Reorder Point (ROP)**

$$ROP = (D \times LT) + SS \quad (11)$$

- **Total Biaya Persediaan (TIC)**

$$TIC = \left(\frac{D}{Q} \times S \right) + \left(\frac{D}{2} \times H \right) \quad (12)$$

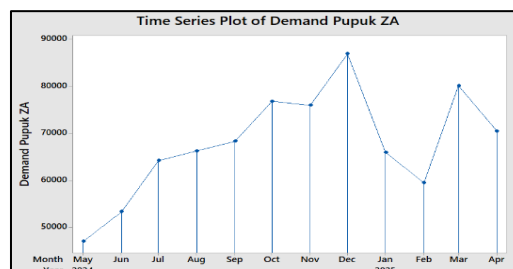
Keterangan:

Q	= Jumlah unit optimal untuk dipesan setiap kali pemesanan dilakukan (EOQ)
D	= Total permintaan untuk setiap periode tertentu
S	= Biaya yang timbul untuk setiap kali melakukan pemesanan
H	= Biaya penyimpanan per unit per unit per tahun
SS	= Stock pengaman
Z	= Deviasi standart normal (tingkat standart)
σ	= Deviasi standart dari tingkat kebutuhan
ROP	= Titik saat pemesanan ulang harus dilakukan
LT	= Waktu tunggu (lead time)

Hasil Dan Pembahasan

Permintaan Aktual Pupuk ZA

Data permintaan produk pupuk ZA dan bahan bakunya (Amonium, Asam Sulfat, dan CO₂) sudah tersaji pada **Tabel 1**. Kemudian pada **Gambar 2** berikut, menunjukkan grafik yang menggambarkan pola permintaan tersebut.



Gambar 2 Grafik permintaan produksi pupuk ZA

Grafik permintaan produksi pupuk ZA pada **Gambar 2**, menunjukkan pola fluktuatif sepanjang Mei 2024 hingga April 2025. Permintaan meningkat hingga Desember 2024, kemudian menurun tajam pada awal 2025, lalu kembali naik di Maret sebelum turun lagi pada April. Pola ini mencerminkan dinamika musiman atau faktor eksternal lainnya. Jika dilakukan peramalan, metode yang sesuai adalah DES untuk data dengan tren tanpa pola musiman yang jelas, atau TES jika terdapat tren sekaligus pola musiman yang berulang

Lead Time Pemesanan

Berikut merupakan data waktu tunggu (*lead time*) datangnya pesanan bahan baku pupuk ZA ke perusahaan.

Tabel 3 *Lead time* bahan baku pupuk ZA

Bahan Baku	Lead Time (Hari)	Lead Time (Bulan)
Amonium	4	0,1
Asam Sulfat	13	0,43
CO ²	2	0,07

Sumber: (PT. Petrokimia Gresik, 2025)

Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan mencakup biaya administrasi, transportasi, inspeksi awal, penanganan barang, serta biaya tambahan akibat pemesanan dalam jumlah kecil atau frekuensi tinggi. Berikut merupakan biaya yang dibutuhkan untuk sekali pemesanan setiap bahan baku pupuk ZA.

Tabel 4 Biaya pemesanan bahan baku pupuk ZA

Bahan Baku	USD	IDR	Kapasitas Kapal (TON)
Amonium	\$ 391,00	Rp 6.442.100	8.600
Asam Sulfat	\$ 85,00	Rp 1.400.457	20.000
CO ₂	\$ 25,88	Rp 426.462	10.000

Sumber: (PT. Petrokimia Gresik, 2025)

Keterangan:

*) Nilai tukar yang di gunakan, 1 USD = Rp. 16.476,-

Contoh perolehan **nilai IDR** untuk **biaya pesan** bahan baku pupuk ZA, adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya pesan Amonium} = \$ 391,00 \times \text{Rp. } 16.476 = \text{Rp } 6.442.100$$

Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan disini mencakup pemakaian energi dalam ruangan (listrik), serta biaya tenaga kerja gudang dan biaya perawatan/kerusakan. Berikut merupakan biaya simpan yang dibutuhkan untuk setiap bahan baku pupuk ZA.

Contoh perolehan **Biaya Simpan/TON**, adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Simpan Amonium} &= \frac{\text{total biaya} \times 12 \text{ bulan}}{\text{permintaan dalam 1 tahun}} = \frac{\text{Rp}21.606.480 \times 12}{59.216} \\ &= \text{Rp}4.378 \end{aligned}$$

Tabel 5 Biaya penyimpanan bahan baku pupuk ZA

Bahan Baku	Jenis Biaya	Biaya Simpan	Biaya Simpan/TON
Amonium	Energi	Rp 606.480	Rp 4.378
	Tenaga Kerja	Rp 20.000.000	
	Perawatan	Rp 1.000.000	
Asam Sulfat	Energi	Rp 259.920	Rp 11.442
	Tenaga Kerja	Rp 20.000.000	
	Perawatan	Rp 1.000.000	
CO ₂	Energi	Rp 259.920	Rp 8.897
	Tenaga Kerja	Rp 15.000.000	
	Perawatan	Rp 1.000.000	

Sumber: (PT. Petrokimia Gresik, 2025)

Setelah tahap pengumpulan data, proses dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan metode peramalan untuk mengetahui pola permintaan ke depan. Selanjutnya, hasil peramalan digunakan dalam analisis pengendalian persediaan guna menentukan strategi pemesanan bahan baku yang tepat dan efisien.

Peramalan Permintaan Produk Pupuk ZA dan Bahan Baku

Pada bagian ini dilakukan peramalan permintaan produk pupuk ZA dan bahan bakunya (Amonium, Asam Sulfat, dan CO₂) dengan metode DES dan TES menggunakan *software Minitab 18*.

Pengolahan Data Peramalan Metode *Double Exponential Smoothing*

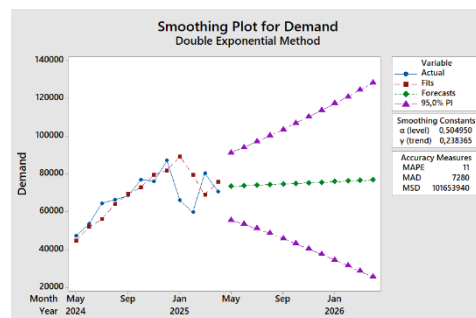
Pada metode ini dilakukan perhitungan peramalan dengan parameter *smoothing* yang diperoleh dari hasil optimasi ARIMA pada *software Minitab 18*. Nilai parameter yang digunakan adalah:

- α (level) = 0,50495
- γ (trend) = 0,238365

Setelah itu dilakukan perhitungan, ditemukan hasil peramalan produk ZA yang disajikan pada **Tabel 6**. Untuk hasil peramalan setiap bahan baku pupuk ZA (Amonium, Asam Sulfat, CO₂) ditemukan dengan mengalikan permintaan pupuk dengan *consumption rate*-nya seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 6 Hasil peramalan metode DES

Periode	Pupuk ZA	Amonium	Asam sulfat	CO2
Mei-25	73.268	59.347	22.347	21.980
Jun-25	73.577	59.598	22.441	22.073
Jul-25	73.887	59.848	22.535	22.166
Agu-25	74.196	60.099	22.630	22.259
Sep-25	74.505	60.349	22.724	22.352
Okt-25	74.815	60.600	22.818	22.444
Nov-25	75.124	60.851	22.913	22.537
Des-25	75.433	61.101	23.007	22.630
Jan-26	75.743	61.352	23.102	22.723
Feb-26	76.052	61.602	23.196	22.816
Mar-26	76.362	61.853	23.290	22.908
Apr-26	76.671	62.103	23.385	23.001
MAD	7.280			
MAPE	11%			



Gambar 3 Grafik peramalan metode DES

Grafik pada **Gambar 3** menunjukkan hasil peramalan permintaan pupuk ZA menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES). Metode ini hanya mempertimbangkan tren tanpa memasukkan unsur musiman. Hasil peramalan cenderung datar dan kurang responsif terhadap fluktuasi data aktual, dengan tingkat akurasi yang sedang, yaitu MAPE sebesar 11%, MAD 7.280, dan MSD 10.165.394. Pola prediksi yang melebar menunjukkan ketidakpastian yang meningkat di masa depan.

Selanjutnya, untuk mengetahui kebutuhan bahan baku, hasil peramalan permintaan pupuk ZA dikalikan dengan *consumption rate* masing-masing bahan baku seperti yang dilakukan pada **Tabel 2**.

Pengolahan Data Peramalan Metode *Triple Exponential Smoothing*

Sebelum dilakukan peramalan, terlebih dahulu dilakukan uji coba beberapa kombinasi parameter *smoothing* untuk menentukan nilai yang menghasilkan akurasi terbaik. Percobaan dilakukan dengan beberapa kombinasi nilai α (level), γ (trend), dan δ (seasonal), dan hasilnya di bandingkan dengan nilai MAPE, MAD, dan MSD.

Tabel 7 Percobaan trial and error metode TES

Percobaan	α	γ	δ	MAPE	MAD	MSD
1	0,6	0,8	0,4	3 %	1578	5844125
2	0,4	0,8	0,6	4 %	2215	8155355
3	0,8	0,4	0,6	2 %	1410	4589253
4	0,4	0,6	0,8	4 %	2309	82626082

5	0,6	0,4	0,8	3 %	1648	5667316
6	0,8	0,6	0,4	2 %	1286	4799445

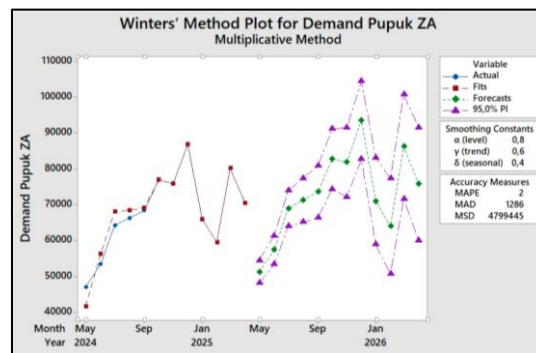
Dapat dilihat pada **Tabel 7**, kombinasi parameter percobaan ke 3 dan 6 mempunyai nilai *error* MAPE yang sama, maka nilai MAD terkecil yang akan dipilih, karena nilai MAD cocok digunakan sebagai parameter nilai *error* terbaik untuk perhitungan peramalan operasional. Maka nilai parameter percobaan ke 6 dipilih menjadi parameter perhitungan *Triple Exponential Smoothing* (TES). Dengan nilai parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

- α (level) = 0,8
- γ (trend) = 0,6
- s (seasonal) = 0,4

Setelah itu dilakukan perhitungan, ditemukan hasil peramalan produk ZA yang disajikan pada **Tabel 8**. Untuk hasil peramalan setiap bahan baku pupuk ZA (Amonium, Asam Sulfat, CO₂) ditemukan dengan mengalikan permintaan pupuk dengan *consumption rate*-nya seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 8 Hasil peramalan metode TES

Periode	Pupuk ZA	Amonium	Asam sulfat	CO2
Mei-25	51.209	41.479	15.619	15.363
Jun-25	57.331	46.438	17.486	17.199
Jul-25	68.919	55.825	21.020	20.676
Agu-25	71.248	57.711	21.731	21.375
Sep-25	73.562	59.585	22.437	22.069
Okt-25	82.753	67.030	25.240	24.826
Nov-25	81.803	66.260	24.950	24.541
Des-25	93.586	75.804	28.544	28.076
Jan-26	70.964	57.481	21.644	21.289
Feb-26	63.975	51.820	19.512	19.193
Mar-26	86.190	69.814	26.288	25.857
Apr-26	75.738	61.348	23.100	22.721
MAD	1.286			
MAPE	2%			



Gambar 4 Grafik peramalan metode TES

Grafik pada **Gambar 4** menggunakan metode *Winters' Multiplicative*. Metode TES terbukti efektif dalam menangkap pola musiman permintaan pupuk ZA dengan tingkat akurasi tinggi, ditunjukkan oleh nilai MAPE yang rendah sebesar 2%. Dibandingkan dengan metode DES yang memiliki MAPE rata-rata 11%, TES menunjukkan performa peramalan yang lebih baik dan lebih direkomendasikan untuk meramalkan permintaan pupuk serta bahan bakunya. Ketahanan model TES diuji melalui analisis sensitivitas terhadap fluktuasi moderat, yaitu peningkatan permintaan sebesar 15% dan penurunan 10% selama tiga bulan berturut-turut, dengan hasil MAPE tetap stabil di kisaran 2%. Akan tetapi tetap diperlukan pembaruan parameter peramalan secara berkala. Dengan demikian, metode TES memberikan proyeksi yang lebih responsif terhadap pola musiman dan tren dibandingkan pendekatan statis seperti *moving average*, sehingga lebih akurat dan adaptif digunakan sebagai dasar perencanaan pembelian bahan baku.

Setelah ditemukan hasil perhitungan peramalan, dilakukan pengelolaan persediaan bahan baku produk pupuk ZA dengan menggunakan metode EOQ, untuk data peramalan yang paling akurat (dalam penelitian ini adalah hasil peramalan metode TES).

Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pupuk ZA

Pengendalian persediaan bahan baku pupuk ZA dilakukan dengan metode EOQ berdasarkan hasil peramalan TES yang paling akurat, guna menentukan jumlah pemesanan optimal dan efisien. Berikut merupakan hasil perhitungannya.

Untuk contoh perhitungan dari perolehan hasil di atas, salah satunya untuk produk “Amonium” adalah sebagai berikut.

- Kuantitas Pemesanan (Q)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 710.596 \times \text{Rp}6.442.100}{\text{Rp}4.378}} = 45.728 \text{ TON}$$

- Safety Stock (SS)

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT} = 1,64 \times 9.780 \times \sqrt{0,1} = 5.857 \text{ TON}$$

- Frekuensi Pembelian (F)

$$F = \frac{D}{Q} = \frac{710.596}{45.728} = 16 \text{ kali/tahun}$$

- Reorder Point (ROP)

$$ROP = (D \times LT) + SS = (710.596 \times 0,1) + 5.857 = 29.543 \text{ TON}$$

- Total Biaya Pemesanan (TCR)

$$TCR = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) = \left(\frac{710.596}{45.728} \times \text{Rp}6.442.100\right) = \text{Rp } 100.108.741$$

- Total Biaya Penyimpanan (THC)

$$THC = \left(\frac{D}{2} \times H\right) = \left(\frac{710.596}{2} \times \text{Rp}4.378\right) = \text{Rp } 100.108.741$$

- Total Biaya Persediaan (TIC)

$$TIC = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{D}{2} \times H\right) = TCR + THC = \text{Rp } 100.108.741 + \text{Rp } 100.108.741 \\ = \text{Rp } 200.217.483$$

Perhitungan yang sama dilakukan juga untuk bahan baku asam sulfat dan CO₂.

Tabel 9 Hasil perhitungan EOQ

	Amonium	Asam Sulfat	CO ₂
Demand (D)	710.596	267.570	263.184
EOQ	45.728	8.093	5.023
Safety Stock (SS)	5.857	3.976	1.534
Reorder Point (ROP)	29.543	32.962	5.920
Frekuensi Pembelian	16	33	52
Total Biaya Pemesanan	Rp 100.108.741	Rp 46.300.096	Rp 22.344.251
Total Biaya Penyimpanan	Rp 100.108.741	Rp 46.300.096	Rp 22.344.251
Total Biaya Persediaan (TIC)	Rp 200.217.483	Rp 92.600.191	Rp 44.688.501

Setelah perhitungan pengendalian persediaan bahan baku pupuk ZA dilakukan, selanjutnya dilakukan perbandingan antara hasil TIC perhitungan EOQ dengan kebijakan perusahaan saat ini yang menggunakan metode *Minimum-Maximum*.

Tabel 10 Perbandingan TIC perusahaan dan EOQ

Total Biaya Persediaan (TIC)	Kebijakan Perusahaan	EOQ
Amonium	Rp208.509.807	Rp200.217.483
Asam Sulfat	Rp102.932.864	Rp92.600.191
CO ₂	Rp65.379.623	Rp44.688.501
Total	Rp376.822.293	Rp337.506.175
Selisih TIC		Rp39.316.118
Penghematan Biaya		10%

Penerapan metode EOQ pada pengendalian persediaan bahan baku pupuk ZA menunjukkan potensi penghematan biaya yang signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan di **Tabel 10**, total biaya persediaan (TIC) dengan metode EOQ sebesar Rp337.506.175, jauh lebih kecil dibandingkan dengan total biaya persediaan pada kebijakan perusahaan saat ini yang mencapai Rp376.822.293. Hal ini menunjukkan selisih penghematan sebesar Rp39.316.118 atau sekitar 10%. Penghematan terbesar diperoleh pada bahan baku amonium, diikuti oleh asam sulfat dan CO₂. Dengan menerapkan metode EOQ, perusahaan dapat mengelola persediaan secara lebih efisien dan mengurangi beban biaya operasional secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini berkontribusi langsung pada proses operasional pengadaan bahan baku di PT Petrokimia Gresik, dengan menjadikan metode TES sebagai dasar estimasi kebutuhan dan EOQ sebagai acuan volume pemesanan optimal. Pendekatan ini memungkinkan bagian PPIC menyusun jadwal pemesanan yang lebih terstruktur, menyesuaikan kapasitas gudang, serta mengurangi frekuensi pemesanan yang tidak efisien.

Namun, implementasinya berpotensi menghadapi tantangan, seperti penyesuaian sistem ERP, koordinasi ulang dengan vendor, kebutuhan pelatihan ulang bagi staf, serta resistensi terhadap perubahan. Oleh karena itu, diperlukan strategi manajemen perubahan yang melibatkan seluruh stakeholder sejak awal, disertai evaluasi berkala terhadap hasil peramalan dan parameter EOQ agar tetap responsif terhadap dinamika pasar.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dibandingkan metode DES, dengan nilai MAPE sebesar 2% dan MAD sebesar 1.286. Hasil ini menjadi dasar dalam penghitungan kebutuhan bahan baku pupuk ZA untuk periode mendatang. Pengendalian persediaan menggunakan metode EOQ terbukti mampu menekan total biaya persediaan secara signifikan. Total biaya persediaan yang dihitung menggunakan EOQ mencapai Rp337.506.175, menghasilkan penghematan sebesar 10% dibandingkan kebijakan perusahaan saat ini.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi antara metode peramalan musiman (TES) dengan pendekatan pengendalian persediaan (EOQ) dalam konteks industri pupuk, yang terbukti dapat meningkatkan efisiensi logistik bahan baku. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan sistem perencanaan persediaan yang lebih adaptif dan berbasis data aktual. Penelitian lanjutan dapat disarankan untuk mengeksplorasi model pengendalian persediaan yang lebih dinamis, seperti *Just-In-Time* atau sistem berbasis *real-time inventory monitoring*, serta mengintegrasikan teknologi *machine learning* (misalnya LSTM atau XGBoost) dalam model peramalan guna meningkatkan akurasi dalam menghadapi kondisi data yang fluktuasinya tinggi dan tidak stabil.

Daftar Pustaka

- [1] K. Sesilia, Moh. Jufriyanto, dan A. W. Rizqi, "Comparative Analysis of EOQ Method, POQ Method, and Min-Max Method in Controlling Inventory of Subsidized NPK Phonska Fertilizer Raw Materials at PT Petrokimia Gresik," *JTI*, vol. 10, no. 2, hlm. 392, Sep 2024, doi: 10.24014/jti.v10i2.32610.
- [2] K. E. Grace Alvionita dan H. Khusna, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Utama Produksi Pupuk NPK Menggunakan Fuzzy Economic Order Quantity (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik)," *JSSITS*, vol. 12, no. 1, hlm. D38–D44, Mei 2023, doi: 10.12962/j23373520.v12i1.100010.
- [3] B. Prayogik dan D. Ernawati, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Sulfuric Acid dengan Metode Continuous (Q) dan Periodic (P) Review di PT.Petrokimia Gresik," *JUMINTEN*, vol. 2, no. 6, hlm. 96–107, Nov 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i6.341.
- [4] T. O. Putri, A. W. Rizqi, dan Moh. Jufriyanto, "Sulfuric Acid Demand Forecasting Analysis Using Double Moving Average And Double Exponential Smoothing Methods At PT Petrokimia Gresik," *G-Tech*, vol. 9, no. 1, hlm. 19–28, Jan 2025, doi: 10.70609/gtech.v9i1.5623.
- [5] PT Petrokimia Gresik, "Kapasitas Produksi." Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://petrokimia-gresik.com/page/kapasitas-produksi>
- [6] M. R. L. Batu, "Analisis Pengendalian Stock Untuk Menentukan Efektivitas Biaya Menggunakan Metode Aktual, EOQ, POQ, Dan Min-Max," *PRIMANOMICS: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, vol. 21, no. 1, 2023.
- [7] S. Laoli, K. S. Zai, dan N. K. Lase, "Penerapan Metode Economic Order Quantity (Eoq), Reorder Point (ROP), Dan Safety Stock (SS) Dalam Mengelola Manajemen Persediaan Di Grand Katika Gunungsitoli," vol. 10, no. 4, 2022.
- [8] R. Sholehah, M. Marsudi, dan A. G. Budianto, "Analisis Persediaan Bahan Baku Kedelai Menggunakan Eoq, Rop Dan Safety Stock Produksi Tahu Berdasarkan Metode Forecasting Di PT. Langgeng," *JIEOM*, vol. 4, no. 2, Nov 2021, doi: 10.31602/jieom.v4i2.5884.
- [9] T. Imansyah dan D. Andesta, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Kain di UMKM IBS Menggunakan Metode Peramalan dan EOQ," *G-Tech*, vol. 8, no. 4, hlm. 2334–2343, Okt 2024, doi: 10.70609/gtech.v8i4.5026.
- [10] Hukmah, M. R. Nisardi, S. Sulma, Suriani M, dan Y. Yusrini, "Peramalan Produksi Telur Ayam dengan Metode Holt Double Exponential Smoothing," *Proximal*, vol. 6, no. 2, hlm. 180–186, Jul 2023, doi: 10.30605/proximal.v6i2.2789.

- [11] A. Sya'adah, S. Salim Dahda, dan E. Ismiyah, "Perbandingan Keakuratan Peramalan Produksi Obat Dengan Metode Winter Dan Metode Dekomposisi," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri UPB*, vol. 9, no. 1, hlm. 15–20, Nov 2023, doi: 10.33884/jrsi.v9i1.8143.
- [12] D. Widyaningrum, "Analisis Peramalan Permintaan Refill Gas dengan Exponential Smoothing," *MATRIK*, vol. 23, no. 2, hlm. 131, Mar 2023, doi: 10.30587/matrik.v23i2.5260.
- [13] I. Sukarno dan M. R. H. Arshal, "Analisis Pengendalian Persediaan Menggunakan Metode EOQ untuk Optimalisasi Persediaan Bahan Baku Penolong (Studi Kasus: PT. Petrokimia Gresik)," *tekinfo*, vol. 11, no. 2, hlm. 121–132, Mei 2023, doi: 10.31001/tekinfo.v11i2.1552.
- [14] D. Chandrahadinata, U. Cahyadi, dan M. R. Gahara, "Persediaan Bahan Baku Kedelai dengan Metode EOQ dan POQ di Pabrik Tahu AS Berkah Putra," *Jurnal Kalibrasi*, vol. 20, no. 2, hlm. 137–146, Nov 2022, doi: 10.33364/kalibrasi/v.20-2.1183.
- [15] A. Purbasari, H. Irwan, dan W. Apostolic, "Analisis Perbandingan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Dan Periodic Order Quantity (Poq) Dalam Pengendalian Persediaan Bahan Cutting Disk Dan Carbon Gouging Di PT. STP," *PROFIS*, vol. 10, no. 1, hlm. 1–16, Jul 2022, doi: 10.33373/profis.v10i1.4434.
- [16] M. H. Bisri dan D. Andesta, "Analisa Efektifitas Biaya Bahan Baku Semen di PT. ABC Dengan Metode POQ, EOQ dan MIN MAX.," *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, vol. 9, no. 2, hlm. 536–543, 2023.
- [17] D. R. Prabawan, Renilaili, dan C. D. Kusmindari, "Perencanaan Pengendalian Persediaan Pupuk Dengan Metode Economic Order Quantity (EOQ)," *Jurnal Bina Darma*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [18] R. J. Hyndman dan G. Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.)*. OText, 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://otexts.com/fpp3/>
- [19] S. Jaipuria dan S. Mahapatra, "A Hybrid Forecasting Technique to Deal with Heteroskedastic Demand in a Supply Chain," *OSCM: An Int. Journal*, vol. 14, no. 2, hlm. 123–132, Jan 2021, doi: 10.31387/oscm0450291.
- [20] M. Rosienkiewicz, "Artificial intelligence-based hybrid forecasting models for manufacturing systems," *Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, vol. 23, no. 2, hlm. 263–277, Jun 2021, doi: 10.17531/ein.2021.2.6.
- [21] E. Armadani, D. Jeffry, M. As'adi, dan Y. Widiatama, "Improving Inventory Control in the Electrical Sector Using Forecasting Models: A Comparative Study of ARIMA, Exponential Smoothing, Croston, and SBA," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 10, no. 2, hlm. 13303–13313, 2025.
- [22] G. Maulana Mulyadi, E. Aristriyana, dan Y. Kurnia, "Penjadwalan Produksi Pada Perusahaan Wajan Cap Buaya Menggunakan Metode Shortest Processing Time (SPT) Di Desa Pusakasari Kecamatan Cipaku Kabupaten Ciamis," *INTRIGA*, vol. 1, no. 1, hlm. 45–50, Okt 2023, doi: 10.25157/intriga.v1i1.3600.
- [23] Iskandar dan O. M. Ananda, "Analysis Of Control For Primary Raw Material Inventory Using EOQ, POQ, & LFL Methods," *Cashflow*, vol. 3, no. 2, hlm. 347–364, 2024, doi: <https://ojs.transpublika.com/index.php/CASHFLOW/>.
- [24] H. A. Aditya, Moch. Nuruddin, dan Y. P. Negro, "Analysis of Chemical Inventory Control in the GGCP Unit Using Forecasting and EOQ Methods at PT. XYZ," *ASSET*, vol. 5, no. 3, hlm. 0230307, Okt 2023, doi: 10.26877/asset.v5i3.17205.
- [25] M. R. A. Yuwono dan S. Saptadi, "Analisis Perbandingan Metode Eoq, Metode Poq, Dan Metode Min-Max Dalam Pengendalian Persediaan Komponen Pesawat Terbang BOEING 737NG (STUDI KASUS: PT Garuda Maintenance Facility Aeroasia Tbk.)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 11, no. 3, 2022.
- [26] Y. N. Sany, H. Sofyan, dan A. N. Amalia, "Analisis Perbandingan Metode EOQ Dan Metode POQ Dalam Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pada PT. Sinar Rahayu," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 1, 2023.
- [27] L. Rohana, A. Kurniawan, D. A. Ningsih, A. P. Septiana, dan A. D. Aisyah, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity (Eoq) Dalam Menetapkan Periodic Order Quantity (Poq): Studi Kasus Pada CV. Tahu Bandung NN," *JISOSEPOL: Jurnal Ilmu Sosial Ekonomi Dan Politik*, vol. 2, no. 2, hlm. 198–204, 2024.
- [28] I. J. Lumbantobing, I. Pratiwi, dan S. Aprilyanti, "Analisis Persediaan Bahan Baku Untuk Efisiensi Biaya Menggunakan Metode EOQ DAN POQ: (Studi Kasus : PT. XYZ)," *Noe*, vol. 6, no. 1, hlm. 27–36, Apr 2023, doi: 10.29407/noe.v6i1.19856.
- [29] D. T. K. Ningrum dan Purnawan, "Evaluasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku Upvc Dengan Perbandingan Metode EOQ, POQ, DAN MIN-MAX PADA PT. XYZ," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 11, no. 3, Mei 2022.