

# Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Utama Produksi Pupuk NPK Menggunakan *Fuzzy Economic Order Quantity* (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik)

Karina Endriana Grace Alvionita dan Hidayatul Khusna  
Departemen Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: hidayatul@its.ac.id

**Abstrak**—Indonesia merupakan salah satu negara agraris dimana 25% mata pencaharian masyarakat Indonesia terletak pada sektor pertanian. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dan sumber pangan yang terjadi pula peningkatan Produksi pada sektor pertanian. Salah satu faktor penting dalam mencapai Produksi pertanian baik kuantitas maupun kualitas yaitu pupuk. PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu pemasok utama pupuk di Indonesia yang berkomitmen untuk mewujudkan ketahanan pangan nasional. Untuk mewujudkan ketahanan pangan nasional, maka perlu menjaga stabilitas dari proses produksi. Proses produksi dapat terjaga dan berjalan dengan lancar apabila bahan baku yang digunakan tersedia sehingga diperlukan Proses pengendalian bahan baku yang tepat. Pada realitasnya, berbagai jenis ketidakpastian muncul dalam masalah pengendalian persediaan bahan baku tersebut. Dalam hal ini ada beberapa ketidakpastian yang tidak dapat ditangani oleh model PBRobabilistik biasa secara akurat. Dalam situasi tersebut, masalah persediaan dapat dimodelkan dengan lebih baik menggunakan model *Fuzzy*. Untuk membantu mengetahui ukuran pemesanan bahan baku yang ekonomis sekaligus meminimalisir biaya persediaan maka penelitian ini menggunakan model *Fuzzy Economic Order Quantity* dimana nilai permintaan akan diramalkan menggunakan ARIMA dan Double Exponential Smoothing terlebih dahulu. Bilangan *Fuzzy* dalam metode EOQ menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani dengan batas atas, nilai tengah, dan batas bawah menggunakan hasil ramalan permintaan bahan baku. Berdasarkan hasil perhitungan, model pengendalian persediaan bahan baku dengan menggunakan *Fuzzy Economic Order Quantity* lebih optimal apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting perusahaan yaitu menggunakan metode Min-Max dan EOQ Deterministik serta dapat meminimalisir total biaya persediaan bahan baku dengan rata-rata penurunan sebesar 43,36%.

**Kata Kunci**—*Economic Order Quantity (EOQ)*, *Fuzzy*, Pengendalian Persediaan, Pupuk NPK.

## I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan salah satu negara agraris dimana sektor pertanian di Indonesia memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional. Hal tersebut dapat dilihat bahwa lebih dari 25% masyarakat Indonesia bekerja pada sektor pertanian sebagai lapangan pekerjaan [1]. Di samping menjadi sumber devisa bagi negara, sektor pertanian juga dapat menjadi penopang kegiatan ekonomi masyarakat sebagai sumber pangan setiap harinya terutama pada era pandemi saat ini. Seiring dengan kebutuhan dan sumber pangan yang besar maka peningkatan Produksi pertanian juga terus meningkat. Pupuk merupakan salah satu faktor penting dalam capaian Produksi pertanian baik kuantitas maupun kualitas. Kebutuhan pupuk dari tahun 2017-2020 terus meningkat [2]. Dalam hal ini, peningkatan kebutuhan dan

permintaan pupuk juga akan meningkatkan kapasitas dari Produksi pupuk di Indonesia.

Pemasok utama pupuk di Indonesia dinaungi oleh PT Pupuk Indonesia. Dari keseluruhan kebutuhan pupuk nasional, lebih dari 50% berada dibawah tanggung jawab PT. Petrokimia Gresik yang merupakan salah satu anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia (Persero). Tingginya peran PT Petrokimia Gresik (PT PKG) dalam memenuhi kebutuhan pupuk nasional menyebabkan perusahaan bertanggung jawab dalam menjaga kelancaran Produksi agar stabilitas ketersediaan pupuk nasional tetap terjaga.

Dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku, Departemen PPBJ PT PKG menggunakan metode persediaan PBRobabilistik dengan menggunakan metode minimum dan *maximum*. Metode pengendalian persediaan yang diterapkan oleh PT PKG merupakan salah satu metode kebijakan persediaan dimana pemesanan dilakukan ketika persediaan mencapai titik minimum. Pemesanan ini dilakukan untuk mencapai titik persediaan pada jumlah titik maksimum, sehingga pada sistem ini besar kuantitas pemesanan akan berubah-ubah. Berdasarkan sistem yang sudah diterapkan oleh Departemen PPBJ tersebut masih terjadi kondisi *stockout* maupun *overcapacity* pada beberapa bahan baku utama Produksi pupuk utamanya bahan baku utama pupuk NPK.

Adanya kondisi *stockout* serta *overcapacity* tersebut tentunya berdampak pada terganggunya Proses Produksi serta berdampak juga pada besarnya biaya holding cost yang harus ditanggung oleh perusahaan, sehingga diperlukan peninjauan terhadap metode pengendalian persediaan yang telah digunakan oleh Departemen PPBJ PT PKG. Untuk meminimalisir biaya persediaan dapat dihasilkan dari ukuran pemesanan yang ekonomis atau *Economic Order Quantity (EOQ)*. EOQ merupakan ukuran lot pembelian yang dapat meminimalisir total biaya pengangkutan dan pemesanan tahunan [3]. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pengendalian persediaan menggunakan *Fuzzy EOQ* karena terdapat beberapa ketidakpastian yang tidak dapat ditangani dengan model PBRobabilistik biasa secara akurat.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui titik optimum kuantitas pemesanan bahan baku, *reorder point* dari bahan baku, serta total biaya persediaan dengan menggunakan *Fuzzy EOQ*. Dengan dilakukannya penelitian ini, maka diharapkan mampu memberikan informasi dan rekomendasi bagi PT Petrokimia Gresik apabila menggunakan model pengendalian persediaan *Fuzzy EOQ* pada bahan baku utama Produksi pupuk NPK.

II. LANDASAN TEORI

A. Statistika Deskriptif

Statistika adalah sekumpulan konsep dan metode untuk mengumpulkan data, menyajikan data, menganalisis data, dan menarik kesimpulan dalam situasi ada ketidakpastian dan variasi dalam sekumpulan data. Dari kumpulan data tersebut, statistika dapat digunakan untuk mendeskripsikan data dan ini dinamakan statistika deskriptif. Statistika deskriptif merupakan kumpulan data yang telah dirangkum dan digambarkan keunikannya agar lebih informatif dan mudah dipahami [4].

B. Peramalan Permintaan ARIMA

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah dipelajari secara mendalam oleh George Box dan Gwilym Jenkins pada tahun 1976 dan Proses ARIMA dapat digunakan untuk analisis deret berkala, peramalan dan pengendalian. Dasar dari pendekatan ARIMA terdiri dari 4 tahap: identifikasi, estimasi parameter, cek residual, dan peramalan [5]. Model umum ARIMA  $(p,q)$  mengikuti persamaan sebagai berikut.

$$\phi_p(B)\hat{Y}_t = \theta_q(B)a_t \tag{1}$$

Apabila stasioneritas data tidak terpenuhi, maka model ARMA  $(p,q)$  perlu ditambahkan dengan ordo untuk differencing sehingga menjadi ARIMA  $(p,d,q)$ . Model umum ARIMA  $(p,d,q)$  mengikuti persamaan sebagai berikut.

$$\phi_p(B)(1-B)^d\hat{Y}_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \tag{2}$$

Pemeriksaan diagnostic dilakukan untuk membuktikan apakah model ARIMA  $(p,d,q)$  layak digunakan. Untuk mengetahui apakah model ARIMA telah terpenuhi maka dilakukan uji asumsi residual *white noise* dan uji asumsi residual berdistribusi normal.

Tahapan terakhir PBRosedur ARIMA Box-Jenkins adalah pemilihan model terbaik dilanjutkan peramalan. Hasil ramalan dikatakan baik apabila hasil nilai ramalannya dekat data aktual serta memiliki tingkat kesalahan yang paling kecil. Pemilihan model terbaik dalam melakukan peramalan titik menggunakan kriteria MSE, RMSE dan MAPE sedangkan untuk peramalan interval menggunakan lebar interval PBRediksi. MSE dan RMSE dapat dituliskan sebagai berikut.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \tag{3}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \tag{4}$$

Sedangkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \tag{5}$$

C. Peramalan Permintaan Double Exponential Smoothing

Metode peramalan *double exponential smoothing* cocok digunakan untuk meramalkan data yang menunjukkan tren. Metode ini juga dikenal sebagai metode *Holt's Linear Exponential*. Dalam metode ini dilakukan Proses *smoothing* dua kali. Terdapat tiga hubungan yang tergabung dalam metode ini, dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut [6].

$$L_i = \alpha X_i + (1 - \alpha)(L_{i-1} + b_{i-1}) \tag{6}$$

$$b_i = \beta(L_i - L_{i-1}) + (1 - \beta)b_{i-1} \tag{7}$$

$$Y_{i+m} = L_i + mb_i \tag{8}$$

dengan,  $L_i$  adalah nilai *smoothing tunggal*,  $X_i$  adalah data pada waktu ke- $i$ ,  $b_i$  adalah *smoothing* tren,  $Y_{i+m}$  adalah nilai ramalan,  $m$  adalah periode masa mendatang,  $\alpha$  adalah koefisien *smoothing* ( $0 < \alpha < 1$ ), dan  $\beta$  adalah koefisien *smoothing* tren ( $0 < \beta < 1$ ).

D. Model Pengendalian Persediaan

Model pengendalian persediaan merupakan suatu strategi dalam bidang ekonomi yang menggunakan model matematika untuk menentukan jumlah persediaan yang disimpan dan apa yang harus disediakan oleh PBRodusen sendiri. Hal ini diperlukan bagi PBRodusen untuk memasok PBRoduk dengan benar tanpa kehabisan PBRoduk sehingga kebutuhan dari pasar dapat terpenuhi dan mendapatkan keuntungan [7]. Secara umum model pengendalian persediaan terbagi menjadi dua yaitu model pengendalian persediaan deterministik dan model pengendalian persediaan PBRobabilistik.

Model pengendalian persediaan bersifat deterministik merupakan sebuah model pengendalian dimana laju dari penggunaan persediaan tersebut bersifat konstan atau semua parameternya telah diketahui dengan pasti [8]. EOQ adalah salah satu teknik pengendalian persediaan untuk mencapai titik yang optimal dengan biaya minimum [9]. Dalam Proses perhitungan EOQ terdapat beberapa asumsi yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

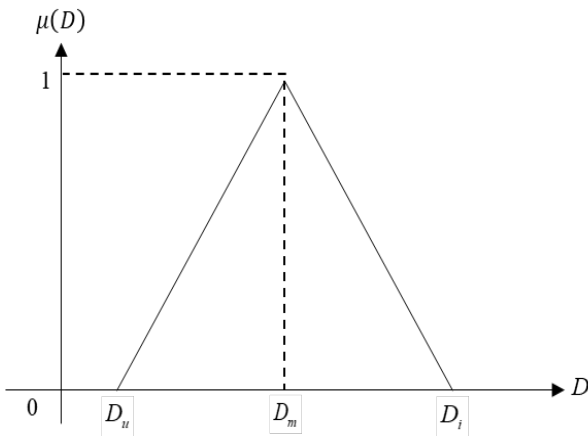
1. *Demand* dan *lead time* diketahui dan konstan.
2. Tidak ada *shortage*.
3. Order kuantitas sebesar Q per *cycle*.
4. Biaya pemesanan konstan.

Model persediaan PBRobabilistik ditandai dengan karakteristik permintaan dan periode kedatangan pesanan yang tidak dapat diketahui secara pasti sebelumnya. Adanya variasi dan ketidakpastian yang terdapat pada parameter persediaan menyebabkan adanya perbedaan pada tingkat persediaan sehingga diperlukan *stock* persediaan pengaman atau *safety stock* untuk mengatasi adanya avriasi tersebut. *Safety stock* bertujuan untuk menghindari adanya *shortage* atau kekurangan bahan baku. Kekurangan bahan baku tersebut akan berdampak pada menurunnya *service level* dan menghambat kelangsungan dari Proses Produksi.

E. Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* merupakan bentuk peningkatan dari logika Boolean yang diperkenalkan oleh Dr. Zadeh dari Universitas California pada tahun 1965. Proses logika *Fuzzy* memanipulasi variabel *input* dan *output* didasarkan pada tiga fase: fuzzifikasi, inferensi *Fuzzy*, dan defuzzifikasi [10]. Pada teori himpunan *Fuzzy*, peran dari derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting. Salah satu ciri utama dari logika *Fuzzy* adalah nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan serta Proses penegasan (*deFuzzy*). Terdapat beberapa fungsi yang dapat digunakan, salah satunya merupakan fungsi Segitiga atau *Triangular*.

Fungsi keanggotaan *Triangular* atau seringkali disebut dengan fungsi keanggotaan segitiga pada dasarnya



Gambar 1. Kurva *triangular membership function*.

merupakan gabungan antara rePBResentasi linear naik dan linear turun seperti pada Gambar 1 [11].

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu(D) = \begin{cases} 0 & \text{jika } D \leq D_u \\ \frac{D-D_u}{D_m-D_u} & \text{jika } D_u \leq D \leq D_m \\ \frac{D_i-D}{D_i-D_m} & \text{jika } D_m \leq D \leq D_i \\ 0 & \text{jika } D \geq D_i \end{cases} \quad (9)$$

Proses penegasan (de-fuzzifikasi) merupakan Proses keluaran dari aturan *Fuzzy*, domain dari himpunan *Fuzzy* yang perlu diubah ke bilangan tertentu. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk Proses defuzzifikasi, dan salah satu metode yang digunakan adalah metode *center of gravity* atau *centroid* yang merupakan metode yang paling terkenal dan efisien [12]. Dengan metode ini, bilangan tegas (*crisp*) diambil dengan cara mengambil titik pusat daerah *Fuzzy*. Secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z \, dz}{\int_z \mu(z) \, dz} \quad (10)$$

Keterangan  $z^*$  adalah hasil defuzzifikasi, dan  $\mu(z)$  adalah nilai keanggotaan

F. *Fuzzy Economic Order Quantity*

Penggunaan *Fuzzy* pada Economic Order Quantity (EOQ) untuk menentukan ukuran pemesanan yang ekonomis, maka variabel permintaan yang bersifat deterministik akan diubah menjadi *Fuzzy* permintaan karena variabel permintaan tidak selalu bersifat konstan dengan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga atau *Triangular membership function* dan dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\tilde{D} = [D_i; D_m; D_u] \quad D_i; D_m; D_u \in R \quad (11)$$

dengan  $\tilde{D}$  merupakan *Fuzzy* permintaan,  $D_i$  adalah batas bawah permintaan,  $D_m$  adalah nilai tengah permintaan, dan  $D_u$  adalah batas atas permintaan. Derajat keanggotaan dan adalah 0 dan derajat keanggotaan mencapai angka 1 [13]. Dalam hal ini, akan merubah bentuk ukuran pemesanan yang ekonomis menjadi *Fuzzy* ukuran pemesanan yang ekonomis dan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\tilde{Q}^* = \sqrt{\frac{2.c.\tilde{D}}{h}} \quad (12)$$

Schingga biaya persediaan dapat dihitung dengan,

$$\tilde{TIC} = h.\frac{Q}{2} + c.\frac{\tilde{D}}{Q} \quad (13)$$

Apabila ukuran pemesanan yang optimal tidak dihitung maka biaya persediaan dapat dihitung melalui,

$$\tilde{TIC} = \sqrt{2.c.h.\tilde{D}} \quad (14)$$

dimana  $\tilde{Q}^*$  adalah fuzzy ukuran pemesanan yang ekonomis,  $c$  adalah biaya pemesanan,  $\tilde{D}$  adalah *fuzzy* permintaan,  $h$  adalah *holding cost* atau biaya penyimpanan,  $\tilde{TIC}$  adalah biaya persediaan dengan *Fuzzy* permintaan, dan  $Q$  adalah kuantitas pemesanan barang.

G. *Reorder Point*

Titik pemesanan ulang atau reorder point (ROP) merupakan waktu yang digunakan untuk melakukan pemesanan kembali bahan baku untuk mencukupi kebutuhan proses produksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ROP yaitu *lead time*, pemakaian-rata-rata, dan *safety stock*. Reorder point dapat ditentukan sebagai berikut [14].

$$ROP = (\tilde{D} \times LT) + z\sigma_D\sqrt{LT} \quad (15)$$

dengan keterangan *ROP* adalah *reorder point*,  $\tilde{D}$  adalah rata-rata permintaan,  $LT$  adalah *lead time*,  $\sigma_D$  adalah simpangan baku permintaan, dan  $z$  adalah konstanta *service factor*.

H. *Pupuk NPK*

Pupuk tunggal adalah jenis pupuk yang mengandung nutrisi seperti pupuk N (Nitrogen), pupuk P (Asam Fosfat) atau pupuk K (Kalium). Pupuk buatan yang mengandung banyak nutrisi disebut pupuk majemuk seperti pupuk NP, NK dan NPK. Pupuk NP adalah pupuk yang mengandung unsur N dan P. Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang mengandung tiga unsur hara yaitu N, P dan K. Perbandingan kandungan unsur hara setiap pupuk majemuk berbeda-beda [15].

I. *DAP*

Diamonium Fosfat (DAP) dapat digunakan sebagai pupuk dan pecegah kebakaran. Sebagai salah satu bahan baku produksi pupuk, DAP efektif dalam meningkatkan pH tanah serta mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor ( $P_2O_5$ ) yang dibutuhkan oleh tanaman [16].

J. *KCL*

Kalium Klorida (KCL) adalah salah satu jenis bahan baku yang umum digunakan dalam Produksi pupuk. Pemberian Kalium ke dalam tanah dapat menambah jumlah kalium yang tersedia. Kalium juga penting dalam pertumbuhan dan memperlancar terjadinya fotosintesis. Selain memperkuat tubuh tanaman, fungsi utama kalium adalah membantu pembentukan protein dan karbohidrat [17].

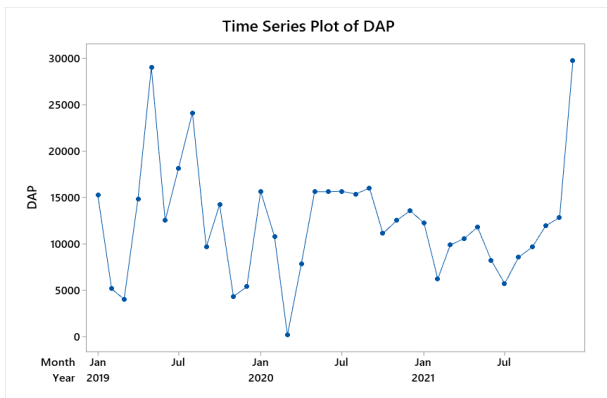
K. *Phosphate Rock*

Defisiensi unsur Fosfor (P) pada proses pertumbuhan tanaman akan berdampak pada perkembangan akar tanaman yang terhambat. Dalam upaya untuk menjaga kelangsungan pertumbuhan tanaman salah satunya dengan meningkatkan unsur P melalui pemberian pupuk unsur P. Selain itu, aplikasi

Tabel 1.

Statistika deskriptif bahan baku utama produksi pupuk NPK (ton)

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maksimum	Std
DAP	12.330	39.593.205	162	29.780	6.292
KCL	36.194	147.215.747	16.609	60.454	12.133
PBR	31.738	127.478.706	13.582	58.435	11.291



Gambar 2. Time series plot demand bahan baku DAP 2019-2021.

pupuk P dapat memperbaiki pH tanah. Sumber hara P yang umum diaplikasikan pada perkebunan di Indonesia adalah *Phosphate Rock* (PBR). Dengan harga yang relatif bersaing serta ekonomis dibandingkan pupuk P lainnya membuat PBR menjadi salah satu bahan baku Produksi pupuk yang cukup laris di kalangan perkebunan Indonesia [18].

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data sekunder berupa data permintaan yang diperoleh dari PT Petrokimia Gresik, Departemen Perencanaan dan Penerimaan Barang Jasa (PPBJ).

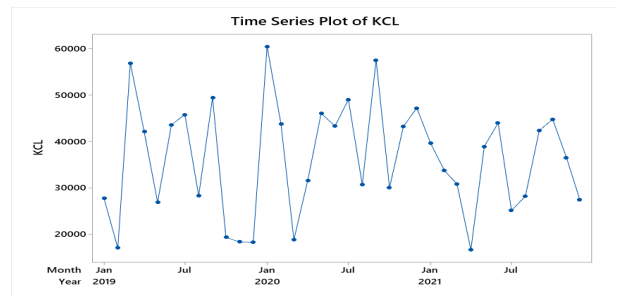
#### B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data permintaan bahan baku utama Produksi pupuk NPK yaitu DAP, KCL, dan *Phosphate Rock* dalam satuan ton pada periode Januari 2019 sampai Desember 2021.

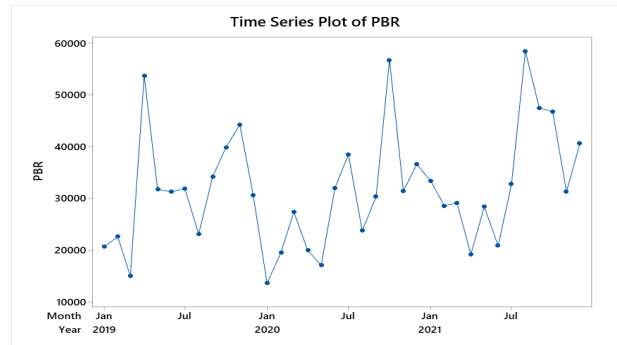
#### C. Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam pembuatan laporan PBRaktikum ini adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan masalah dan menentukan tujuan dari penelitian.
2. Mengumpulkan data historis permintaan bahan baku yang terdapat pada MRP Departemen PPBJ.
3. Melakukan analisis statistika deskriptif.
4. Menghitung kebutuhan bahan baku setiap variabel dari data permintaan melalui peramalan titik dan peramalan interval ARIMA atau *Double Exponential Smoothing*.
5. Membangun model *Fuzzy Triangular* untuk permintaan bahan baku setiap variabel dimana batas bawah dan batas atas menggunakan hasil ramalan interval sedangkan nilai tengah menggunakan hasil ramalan titik.
6. Mengaplikasikan *Fuzzy rules* dan Proses defuzifikasi.
7. Menghitung nilai kuantitas pemesanan yang optimal (EOQ) dengan memasukkan nilai permintaan yang sudah di defuzifikasi untuk setiap bahan baku.



Gambar 3. Time series plot demand bahan baku KCL 2019-2021.



Gambar 4. Time series plot demand bahan baku PBR 2019-2021.

8. Menghitung nilai dari biaya total persediaan (TIC) dan nilai *reorder point* (ROP) untuk setiap bahan baku.
9. Membandingkan hasil dari analisis serta interPBRetasi persentase perhitungan *Fuzzy* EOQ dengan metode eksisting perusahaan.
10. Menarik kesimpulan dan saran.

### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Statistika Deskriptif

Salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui karakteristik data, yaitu analisis statistika deskriptif. Tabel 1 merupakan hasil analisis statistika deskriptif untuk data permintaan setiap bahan baku.

Dari tahun 2019 sampai 2021 rata-rata demand terbesar pada bahan baku KCL, dengan nilai rata rata demand terbesar yaitu 36.194 ton per bulan, nilai minimum 16.609 ton dan nilai maximum 60.454 ton. Hal ini dapat disebabkan PBRoporsi KCL dalam pembentukan pupuk NPK mengambil peran yang cukup besar dibanding kedua bahan baku utama lainnya. Nilai standar deviasi ketiga variabel cukup berbeda jauh dari nilai mean nya sehingga dapat disimpulkan bahwa keragaman dari sampel cukup besar, dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4.

Secara visual *demand* kebutuhan DAP cenderung menurun di tahun 2020 dan 2021 sedangkan *demand* kebutuhan dari KCL dan PBR mengalami fase kenaikan dan penurunan di setiap tahunnya. Salah satu faktor utama yang menyebabkan *demand* kebutuhan cenderung menurun pada bahan baku utama yaitu pandemi COVID-19 di Indonesia. Fenomena penurunan *demand* pada DAP dimulai pada tahun 2020, bertepatan dengan kasus pertama COVID-19 terdeteksi memasuki Indonesia. Perlu diingat bahwa KCL dan PBR merupakan dua komposisi utama dalam Produksi pupuk NPK dengan proporsi lebih besar dibandingkan bahan baku utama lainnya sehingga *demand* dari kedua bahan baku tersebut cenderung lebih meningkat dan menurun pada beberapa bulan tertentu dibandingkan kebutuhan DAP.

Tabel 2.  
Hasil ramalan titik dan interval bahan baku

Bahan Baku	Upper Limit	Ramalan Titik	Lower Limit
DAP	41.961,9	27.871,5	13.781,1
KCL	63.479	33.007	2.534,6
PBR	64.959	39.307,4	13.655,7

Tabel 3.  
Hasil simulasi fuzzy demand

Bahan Baku	Max (D)	Data Aktual Demand Jan 2022	Fuzzy Demand (1 Bulan)	Fuzzy Demand (1 Tahun)
DAP	29.780	15.492	14.100	169.200
KCL	60.454	37.748	38.400	460.800
PBR	58.435	36.365	35.400	424.800

**B. Peramalan Demand Bahan Baku**

Metode peramalan (*forecasting*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Double Exponential Smoothing*. Pada data permintaan bahan baku DAP model yang cocok merupakan model AR(1) sedangkan pada bahan baku KCL dan PBR menggunakan *double exponential smoothing* dengan bobot optimum ARIMA. Hasil ramalan titik dan interval untuk setiap bahan baku diberikan pada Tabel 2.

**C. Fuzzy Demand**

Ketidakpastian dalam penelitian ini meliputi jumlah permintaan. Model pengendalian persediaan *Fuzzy* memiliki dua komponen yaitu *Fuzzy input* yang terdiri dari peramalan permintaan bahan baku dan *Fuzzy output* yang terdiri dari *Fuzzy demand* menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Fungsi keanggotaan atau *membership function* pada input terdiri dari fungsi keanggotaan *Triangular* atau segitiga (*trimf*) dengan parameter menggunakan hasil peramalan interval dan peramalan titik, Sedangkan pada *output Fuzzy demand* untuk setiap bahan baku juga menggunakan fungsi keanggotaan *Triangular* dengan batas atas, nilai tengah, batas bawah yaitu (*min D, D̄, max D*). *Output* tersebut disesuaikan dengan kondisi aktual permintaan bahan baku selama 3 tahun.

Selanjutnya, diperlukan nilai maksimum demand setiap bahan baku dalam Proses fuzzifikasi. Nilai *Max(D)* atau maksimum *demand* yang akan digunakan dalam Proses fuzzifikasi, diasumsikan sebagai nilai permintaan tertinggi dari setiap bahan baku sehingga nilai tersebut dapat mewakili data permintaan aktual. Setelah melalui Proses fuzzifikasi dalam *Fuzzy Inference System*, maka dilakukan Proses defuzzifikasi dengan metode *centroid* dengan cara mengambil titik pusat dari daerah *Fuzzy* yang terbentuk. Perbandingan hasil dari defuzzifikasi *Fuzzy demand* dengan menggunakan nilai maksimum permintaan dengan data aktual demand bahan baku bulan Januari 2022 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil defuzzifikasi dari *Fuzzy Demand* selama satu bulan tidak jauh berbeda dengan data aktual *demand* bahan baku di bulan Januari tahun 2022. Oleh karena itu, hasil defuzzifikasi *demand* cukup menggambarkan kondisi aktual permintaan bahan baku di PT PKG.

**D. Economic Order Quantity Deterministik**

Tabel 4.  
Harga bahan baku utama dan *consumption rate*

Bahan Baku	Kebijakan Perusahaan	Consumption Rate
DAP	Rp 776.893.765	12.330
KCL	Rp 727.912.660	36.194
PBR	Rp 417.146.891	31.738

Tabel 5.  
*Holding cost* dan *carrying cost* bahan baku

Bahan Baku	Holding Cost	Carrying Cost
DAP	Rp 903.948	Rp 695.915
KCL	Rp 578.092	Rp 428.216
PBR	Rp 242.092	Rp 179.327

Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengantisipasi kendala persediaan dan diharapkan dapat mengoptimalkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan di Departemen PPBJ dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku utama Produksi pupuk NPK.

Berdasarkan data Tabel 4 terdapat perbedaan harga antara bahan baku. Begitu juga dengan *consumption rate* setiap bahan baku. Kapasitas maksimum yang dapat ditampung oleh gudang bahan baku utama PT PKG sebesar 45.543 ton untuk bahan baku DAP, 71.246 ton untuk bahan baku KCL, dan 271.576 ton untuk *phosphate rock* (PBR). Nilai tersebut didapatkan dari data di gudang pada informasi jumlah *stock* terbesar. *Stock* terbesar diambil sebagai kapasitas maksimum gudang karena tidak ada informasi lain yang dapat digunakan untuk penentuan kapasitas gudang.

Dalam melakukan pengolahan data untuk menentukan kebijakan dalam penentuan pengendalian persediaan, juga dibutuhkan data yang lain, seperti biaya pemesanan, biaya penyimpanan, standar deviasi demand dan rata-rata demand. Biaya penyimpanan untuk setiap ton DAP sebesar Rp 903.948, KCL sebesar Rp 578.092, dan PBR sebesar Rp 242.092. Besar biaya penyimpanan setiap bahan baku didapatkan berdasarkan dari hasil perhitungan 10% *capital cost*, 0,5% pajak, dan 3% *risk cost* dari biaya per ton bahan baku. Untuk rata-rata dan standar deviasi demand didapatkan dari data yang terdapat di gudang.

Biaya pemesanan adalah biaya yang berkaitan dengan pembelian dengan vendor. Besarnya biaya pemesanan didapatkan dari seberapa banyak pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan, dan tidak berkaitan dengan jumlah pesanan yang dilakukan. Biaya pemesanan termasuk didalamnya adalah pembuatan *requisition*, analisa vendor, pembuatan purchase order, penerimaan material, inspeksi material, follow up pemesanan, dan kegiatan lain yang berkaitan dengan transaksi pemesanan. Namun biaya tersebut merupakan biaya yang termasuk dalam gaji karyawan dimana gaji karyawan bersifat independen terhadap jumlah bahan baku yang dipesan, maka biaya tersebut merupakan *irrelevant cost*.

Berdasarkan Herjanto, besar biaya pemesanan adalah 10% dari harga PBRoduk [19]. *Holding cost* atau biaya penyimpanan serta *carrying cost* atau biaya penyimpanan

Tabel 6.  
Holding cost dan carrying cost bahan baku

Bahan Baku	Holding Cost	Carrying Cost
DAP	Rp 903.948	Rp 695.915
KCL	Rp 578.092	Rp 428.216
PBR	Rp 242.092	Rp 179.327

Tabel 7.  
Fuzzy EOQ bahan baku

Bahan Baku	Fuzzy Demand	Fuzzy Demand 1 Tahun	Fuzzy EOQ 1 Tahun
DAP	14.100	169.200	501
KCL	38.400	460.800	826
PBR	35.400	424.800	793

dari ketiga bahan baku dapat dilihat pada Tabel 5.

Model pengendalian persediaan EOQ deterministik untuk setiap bahan baku dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai *demand* yang digunakan dalam *order quantity* merupakan nilai maksimum permintaan bahan baku selama 2019-2021.

Pada model pengendalian persediaan EOQ deterministik, untuk bahan baku DAP dihasilkan jumlah pemesanan optimal sebanyak 728 ton, bahan baku KCL dengan jumlah pemesanan optimal sebanyak 1.037 ton, dan bahan baku PBR dengan jumlah pemesanan optimal sebanyak 1.019 ton.

#### E. Fuzzy Economic Order Quantity

Dalam model pengendalian persediaan *Fuzzy Economic Order Quantity*, variabel permintaan yang umumnya memiliki sifat deterministik akan diubah menjadi *Fuzzy* permintaan. Hal tersebut dikarenakan variabel permintaan tidak selalu bersifat konstan. *Order quantity* dalam model ini menggunakan nilai *Fuzzy demand* yang sudah melalui tahap defuzzifikasi. Model pengendalian persediaan *Fuzzy EOQ* untuk setiap bahan baku dapat dilihat pada Tabel 7.

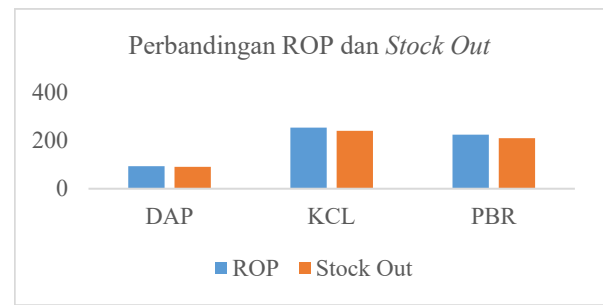
Pada Tabel 6 maka menghasilkan jumlah pemesanan yang optimal untuk bahan baku DAP sebanyak 501 ton, bahan baku KCL dengan jumlah pemesanan optimal sebanyak 826 ton, dan bahan baku PBR dengan jumlah pemesanan optimal sebanyak 793 ton.

#### F. Reorder Point

*Reorder Point* (ROP) atau titik pemesanan ulang adalah waktu yang digunakan untuk melakukan pemesanan kembali bahan baku untuk mencukupi kebutuhan Proses Produksi. Terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi ROP yaitu *lead time* dan *safety stock*. *Lead time* normatif di PT Petrokimia Gresik dibedakan untuk pemesanan PBRoduk dalam negeri dan untuk pemesanan PBRoduk luar negeri. Pemesanan PBRoduk dalam negeri ditetapkan *lead time* selama 90 hari atau 3 bulan, sedangkan untuk pemesanan PBRoduk luar negeri ditetapkan *lead time* selama 180 hari atau 6 bulan.

Pada *key performance indicator* (KPI) untuk pengadaan barang sebesar 90%, maka didapatkan nilai *Z score* untuk *safety factor* sebesar 1,28. *Safety factor* ini kemudian akan digunakan untuk perhitungan penentuan *stock* yang harus ada di gudang sehingga perbandingan ROP dengan *stock out* bahan baku pada Januari 2022 dapat dilihat pada Gambar 5.

Bahan baku DAP memiliki titik pemesanan ulang saat persediaan tersisa 93.706 ton, bahan baku KCL memiliki titik pemesanan ulang saat persediaan tersisa 255.204 ton, dan



Gambar 5. Perbandingan ROP dan *stock out* bahan baku.

Tabel 8.  
Perbandingan biaya total persediaan bahan baku

Bahan Baku	Kebijakan Perusahaan	EOQ Deterministik	Fuzzy EOQ
DAP	Rp 776.893.765	Rp 657.725.662	Rp 425.576.497
KCL	Rp 727.912.660	Rp 599.305.668	Rp 477.640.866
PBR	Rp 417.146.891	Rp 246.749.826	Rp 192.053.383

bahan baku PBR memiliki titik pemesanan ulang saat persediaan tersisa 225.828 ton. Apabila dibandingkan dengan *stock out* bahan baku pada bulan Januari 2022, titik ROP untuk setiap bahan baku melebihi nilai *stock out* sehingga persediaan dapat tercukupi ketika persediaan di gudang mulai terbatas.

#### G. Total Inventory Control (TIC)

Setelah mendapatkan perhitungan pengendalian persediaan pada bahan baku DAP, KCL, dan PBR maka diperoleh perbandingan *total inventory cost* (TIC) antara metode EOQ deterministik dan *Fuzzy EOQ* sebagai metode usulan dengan kebijakan perusahaan menggunakan metode Min-Max. Nilai akhir persediaan perusahaan yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Secara umum model pengendalian persediaan yang dilakukan oleh perusahaan memiliki biaya total persediaan tertinggi untuk semua bahan baku, sedangkan *Fuzzy EOQ* memiliki biaya terendah. Dapat dilihat bahwa untuk bahan baku DAP, *Fuzzy EOQ* dan EOQ deterministik dapat mengurangi biaya persediaan berturut turut sekitar 41,75% dan 15,34% dari kebijakan perusahaan yang sudah ditetapkan. Pada bahan baku KCL, *Fuzzy EOQ* dan EOQ deterministik total biaya persediaan berturut turut sekitar Rp 477.640.866 dan Rp 599.305.668. Apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang sudah ditetapkan, model *Fuzzy EOQ* dan EOQ deterministik dapat meminimumkan biaya persediaan sekitar 34,38% dan 17,67%. Sedangkan untuk bahan baku PBR, dengan model pengendalian persediaan *Fuzzy EOQ* dan EOQ deterministik dapat mengurangi biaya persediaan berturut turut sekitar 53,96% dan 40,85% dari kebijakan perusahaan yang sudah ditetapkan.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pengendalian persediaan bahan baku utama Produksi pupuk NPK dengan model *Fuzzy EOQ* di PT PKG dapat meminimalisir biaya dengan rata-rata mencapai 43.36% dibandingkan dengan kondisi eksisting perusahaan. Titik optimum untuk kuantitas pemesanan bahan baku Produksi utama pupuk NPK selama satu tahun sebesar 169.200 ton untuk DAP dengan *reorder point* saat persediaan tersisa

93.707 ton, 460.800 ton untuk bahan baku KCl dengan *reorder point* saat persediaan tersisa 255.204 ton, dan 424.800 ton untuk *Phosphate Rock* dengan *reorder point* saat persediaan tersisa 225.828 ton. Penelitian berikutnya sebaiknya melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengendalian persediaan bahan baku penolong, *spare part*, dan pengendalian pupuk untuk meningkatkan optimalisasi pada sistem persediaan di PT Petrokimia Gresik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2013.
- [2] PT Pupuk Indonesia, Laporan Tahunan 2020. Jakarta: PT Pupuk Indonesia, 2020.
- [3] R. Tersine, Principle of Inventory and Material Management 4th Edition. London: London Prentice-Hall International, 1994. ISBN: 978-0134578880.
- [4] R. A. Johnson and G. K. Bhattacharyya, Statistics Principles and Methods 6th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009. ISBN: 978-0470559932.
- [5] S. G. Makridakis, S. C. Wheelwright, and R. J. Hyndman, Forecasting: Methods and Applications 3rd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, 1997. ISBN: 978-0-471-53233-0.
- [6] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2015. ISBN: 978-1-118-74511-3.
- [7] Siswanto, Operations Research. Jakarta: Erlangga, 2007. ISBN: 9797818357.
- [8] H. A. Taha, Operations Research. England: Pearson, 2017. ISBN: 9780134444017.
- [9] H. I. Yunarto and M. G. Santika, Business Concepts Implementation Series in Inventory Management. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2005. ISBN: 979-20-6637-3.
- [10] N. Ben Yahia, N. B. Ben Saoud, and H. Ben Ghezala, "Integrating fuzzy case-based reasoning and particle swarm optimization to support decision making," Int. J. Comput. Sci. Issues, vol. 9, no. 3, pp. 117–124, 2012.
- [11] R. Czabański, M. Jezewski, and J. M. Leski, Introduction to Fuzzy Systems. New York: Springer, Cham, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-59614-3\_2.
- [12] S. Sinha and S. P. Sarmah, "An application of fuzzy set theory for supply chain coordination," Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag., vol. 3, no. 1, pp. 19–32, 2008, doi: 10.1080/17509653.2008.10671033.
- [13] S. S. Dahdah, "Aplikasi teori himpunan fuzzy dalam penentuan ukuran pemesanan yang ekonomis," J. Manaj. dan Tek. Ind. Produksi, vol. 12, no. 2, pp. 88–93, 2012, doi: 10.30587/matrik.v12i2.395.
- [14] D. Waters, Inventory Control and Management 2nd Edition. England: John Wiley & Sons Ltd, 2003. ISBN: 0-470-85876-1.
- [15] Balai Penelitian Tanah, Petunjuk Teknis Pelaksanaan Penelitian Tanah. Jakarta: Badan Penelitian Tanah, 2015.
- [16] P. Patnaik, Handbook of Inorganic Chemicals. New York City: McGraw-Hill Professional, 2002. ISBN: 978-0070494398.
- [17] R. Bunyamin, "Pengaruh Kompos Jerami Padi yang Diperkaya dan Pemupukan Kalium terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis," Jurusan Agroteknologi, Universitas Lampung, 2017.
- [18] E. N. Ginting, I. Pradiko, R. Farrasati, and S. Rahutomo, "Pengaruh rock phosphate dan dolomit terhadap distribusi perakaran tanaman kelapa sawit pada tanah ultisols," J. Agrik., vol. 31, no. 1, pp. 32–41, 2020, doi: 10.24198/agrikultura.v31i1.25390.
- [19] E. Herjanto, Manajemen Operasi Edisi Ketiga. Jakarta: Grasindo, 2007. ISBN: 978979759507.