

## Perancangan Model Peramalan Permintaan dalam Menentukan Persediaan Paling Ekonomis

Dito Tri Febrianto<sup>1</sup>, Eka Bertuah<sup>2</sup>

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Esa Unggul, Jakarta, Indonesia<sup>1,2</sup>

\*Corresponding Author e-mail: ditotfs@gmail.com, eka.bertuah@esaunggul.ac.id

### Article History

Received: August

Revised: September

Published: October

### Key Words:

Inventory,  
Forecasting,  
Probabilistic  
Methods.

**Abstract:** This research is in the form of quantitative descriptive research with a comparative approach which aims to design a forecasting model on the demand for spare parts of tire types to determine the most economical inventory in the GSE Maintenance warehouse. Demand forecasting is carried out by three methods, namely Croston, Syntetos Boylan Approximation and Single Exponential Smoothing. The forecast results on the request are selected based on the smallest error rate with the Mean Absolute Deviation. The results of this demand forecasting are the basis for calculating the Probabilistic Method in determining service levels, safety stock, reorder points, order quantities and stock out or backorder costs. The results of this study show that the total inventory cost of the calculation model has a smaller cost when compared to the total inventory cost in the policy used by the company. This study also found that the right calculation of safety stock and reorder points can increase the efficiency of inventory costs in meeting demand

### Pendahuluan

Persediaan salah satu masalah umum yang sering timbul dalam suatu perusahaan. Perusahaan diharuskan untuk menjaga keandalan dari peralatan-peralatan operasional tersebut agar proses bisnis perusahaan tidak terganggu. Untuk menjaga peralatan-peralatan tersebut dibutuhkan persediaan *spare parts* yang baik serta efisien. Pengelolaan *spare parts* penting guna menjaga peralatan selalu dalam kondisi optimal dengan selalu menyediakan komponen pengganti saat terjadi perbaikan antara lain *breakdown*, *preventive* dan *predictive maintenance* (Hoseinie et al., 2014). Selain itu, salah satu sumber biaya produksi terbesar adalah biaya perawatan terkait penggantian suku cadang, ini yang menyebabkan persediaan tidak langsung membutuhkan investasi modal yang besar (Ali et al., 2020).

PT. Gapura Angkasa salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha jasa *ground handling* dan kegiatan usaha lainnya yang menunjang usaha penerbangan di bandar udara. Demi kelancaran usahanya tersebut dibutuhkan adanya faktor-faktor produksi salah satunya adalah peralatan produksi yang digunakan adalah GSE (Ground Support Equipment). GSE diperuntukkan guna melakukan pekerjaan *ground handling* dan aset bagi perusahaan yang bersifat krusial. Pada data gudang unit GSE di PT. Gapura terdapat peningkatan nilai sisa persediaan gudang tiap tahunnya, terutama pada tahun 2018-2020 yang mengindikasikan adanya tidak efisiensi dalam pengelolaan *spare parts*. Saat ini, pengendalian persediaan yang dilakukan PT. Gapura di gudang GSE *Maintenance* masih menggunakan sistem konvensional dan tidak ada metode khusus yang digunakan. Pemesanan *spare parts* dilakukan tanpa adanya *safety stock* dan *reorder point* yang pasti, hal ini yang menyebabkan sering terjadi kehabisan stock persediaan pada gudang saat *spare parts* dibutuhkan. Secara umum *safety stock* difungsikan sebagai persediaan yang mencegah situasi kehabisan stok dan pemesanan kembali (Alin Constantin, 2016).

Selain itu, kesulitan yang dialami oleh divisi GSE *Maintenance* dalam merencanakan dan melakukan pengendalian *spare parts* dikarenakan alat-alat GSE yang bersifat heterogen jika dilihat dari segi fungsi setiap GSE maupun merk/vendor dari alat GSE. Jika semakin banyak variasi dalam sebuah persediaan, akan menyebabkan semakin banyak alokasi investasi untuk menjaga agar tidak terjadi *stock out* pada persediaan tersebut (Purnomo, 2018).

Harimansyah & Imaroh (2020) melakukan penelitian manajemen persediaan pada *spare part* pesawat udara untuk meningkatkan efisiensi nilai *service level* dan biaya menggunakan diagram *fishbone* dan peramalan permintaan yang menggunakan metode *Moving Average*, *Single Exponential Smoothing* dan *Syntetos Boylan Approximation*. Penelitian ini menunjukkan peningkatan biaya logistik sebesar \$808,71.

Tujuan penelitian ini untuk membuat rancangan model peramalan permintaan dalam menentukan persediaan paling ekonomis.

### Peramalan

Peramalan merupakan kegiatan untuk memprediksi faktor-faktor yang bisa mempengaruhi tujuan dari sebuah organisasi/perusahaan berdasarkan data *history*. Dengan memilih tindakan yang tepat atas faktor-faktor tersebut diharapkan perusahaan bisa mencapai tujuannya (Halim & Sriwana, 2018; Sriwana et al., 2020). Peramalan adalah kegiatan dalam memprediksi situasi dan kondisi di waktu mendatang melalui pengujian yang ada pada masa lalu (Sarwo & Hermawan, 2019; Stevenson & Chuong, 2013).

### Metode Single Exponential Smoothing

Metode ini merupakan pengembangan dari metode *moving average* yang memperlihatkan pembobotan secara eksponensial dengan nilai yang diberi bobot relatif lebih besar dari nilai sebelumnya, sehingga tren tidak mempengaruhi metode ini (Rachmat & Suhartono, 2020; Sarwo & Hermawan, 2019; Sato & Jauhari, 2019). Berikut merupakan persamaan *Single Exponential Smoothing*:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

Keterangan:

$F_{t+1}$ : Nilai peramalan untuk periode berikutnya

$X_t$ : Permintaan untuk periode ke t

$F_t$ : Nilai peramalan untuk periode ke t

$\alpha$ : Koefisien *smoothing* ( $0 < \alpha < 1$ )

### Metode Croston

Pada data yang bersifat intermiten, peramalan menggunakan metode *exponential smoothing* menghasilkan hasil data ramalan yang jumlah data stoknya berlebihan. Metode *Croston* memberikan hasil peramalan lebih akurat dibandingkan dengan metode *exponential smoothing* ketika data ramalan bersifat intermiten. Hasil peramalan *Croston* merupakan hasil bagi dari perkiraan ukuran kuantitas permintaan dengan rata-rata interval kejadian permintaan, akan tetapi menggunakan dua komponen deret waktu yang terbagi dua yakni saat permintaan tidak sama dengan nol dan saat permintaan sama dengan nol (Budiningsih & Jauhari, 2017; Croston, 1972).

Saat  $X_t = 0$ , maka model akan menggunakan persamaan:

$$S_t = S_{t-1}$$

$$I_t = I_{t-1}$$

$$q = q + 1$$

Saat  $X_t \neq 0$ , maka model akan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \\ I_t &= \alpha q + (1 - \alpha)I_{t-1} \\ q &= 1 \end{aligned}$$

Peramalan *Croston*:

$$M_t = \frac{S_t}{I_t}$$

Keterangan:

$S_t$  : Estimasi ukuran permintaan pada periode t

$I_t$  : Estimasi interval permintaan pada periode t

$q$  : Interval waktu sejak permintaan terakhir

$X_t$  : Permintaan pada periode t

$\alpha$  : Nilai koefisien

$M_t$  : Estimasi rata-rata permintaan tiap periode

### Metode Syntetos Boylan Approximation

Metode ini merupakan metode yang memperbaiki bias yang terjadi pada metode *Croston* dalam meramalkan data intermiten dengan mengubah bentuk asli *Croston* dikalikan faktor estimasi yakni  $(1 - \frac{\alpha}{2})$ . Metode ini menggunakan persamaan dasar dari *Croston* akan tetapi memperhitungkan bias yang ada dalam peramalan dengan cara mengestimasi bias sama dengan 0 untuk mencari faktor estimasi (Bhardwaj et al., 2019; Budiningsih & Jauhari, 2017; Sato & Jauhari, 2019; Syntetos & Boylan, 2001). Sehingga ditemukan persamaan dari metode *Syntetos Boylan Approximation* sebagai berikut:

$$M_t = \frac{S_t}{I_t} (1 - \frac{\alpha}{2})$$

Keterangan:

$S_t$  : Estimasi ukuran permintaan pada periode t

$I_t$  : Estimasi interval permintaan pada periode t

$\alpha$  : Nilai koefisien

$M_t$  : Estimasi rata-rata permintaan tiap periode

### Mean Absolute Deviation (MAD)

Nilai MAD memperlihatkan nilai absolut rata-rata kesalahan pada rentang periode yang diramalkan. Semakin besar nilai pada MAD maka semakin tinggi kesalahan yang terjadi pada peramalan, ini menunjukkan rata-rata dari nilai absolut simpangan (Sarwo & Hermawan, 2019; Sato & Jauhari, 2019).

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n}$$

Keterangan:

$A_t$  : Permintaan aktual pada periode ke t

$F_t$  : Peramalan permintaan pada periode ke t

$n$  : Jumlah periode

## Klasifikasi Stok ADI-CV

Menurut Ghobbar & Friend (2002) dalam Caesarramzy et al., (2018) Teknik klasifikasi stok dengan menggunakan analisis ADI-CV merupakan perhitungan nilai *Average Demand Interval* (ADI) dan *Coefficient of Variation* (CV) untuk mengklasifikasikan stok kedalam beberapa kategori yakni: *slow moving*, *erratic demand*, *intermittent demand* dan *lumpy*. Cara yang digunakan yakni dengan melihat karakteristik interval waktu timbulnya permintaan dan keberagaman kuantitas permintaan yang akan muncul.

Klasifikasi pola ditentukan berdasarkan nilai *Average Demand Interval* (ADI) dan *Coefficient of Variation* (CV) sebagai berikut:

1. *Intermittent demand* (ADI > 1,32 dan CV ≤ 0,49): Permintaan bersifat acak dan banyak periode tidak memiliki permintaan.
2. *Lumpy demand* (ADI > 1,32 dan CV > 0,49): Memiliki permintaan yang bersifat acak dan dalam jangka waktu yang panjang.
3. *Erratic demand* (ADI ≤ 1,32 dan CV > 0,49): Pola permintaan tidak menentu dan memiliki variasi permintaan yang tinggi.
4. *Slow moving* (ADI ≤ 1,32 dan CV ≤ 0,49): Permintaan timbul dengan jumlah yang sedikit dan hanya terjadi sewaktu-waktu.

## Service Level

Menurut Vandeput (2020) *service level* merupakan seberapa besar tingkat permintaan terpenuhi, yang biasanya diukur dengan persentase. *Service level* sempurna adalah ketika semua permintaan terpenuhi dengan tepat waktu. *Service level* juga dapat diartikan sebagai probabilitas kesediaan barang/persediaan sebelum adanya permintaan selama siklus pengadaan.

## Lead Time

Menurut Vandeput (2020) *lead time* merupakan jangka waktu tertentu yang timbul saat melakukan pemesanan barang kepada pemasok hingga barang tersebut diterima. Dengan mengetahui *lead time* kita bisa merencanakan jumlah kuantitas pesanan dan kapan barang tersebut harus dipesan kembali ketika stok barang sudah mencapai titik *demand over the lead time*.

## Safety Stock

Menurut Vandeput (2020) *safety stock* adalah persediaan tambahan yang fungsinya untuk mengatasi risiko penyebab fluktuasi dalam rantai pasokan. *Safety stock* merupakan upaya dalam penambahan jumlah unit untuk menyangga titik pemesanan ulang/reorder point akibat *lead time* yang tidak pasti, upaya ini bertujuan untuk mengurangi kehabisan stok pada persediaan saat dibutuhkan (Budiningsih & Jauhari, 2017; Heizer, Jay dan Render, 2015; Ridwan Harimansyah & Tukhas Shilul Imaroh, 2020).

$$s' dLT = \sqrt{\text{Lead Time}} \times MAD$$
$$\text{Safety Stock} = z \times s' dLT$$

Keterangan:

$s' dLT$  : standar deviasi *demand* selama *lead time*

$MAD$  : *Mean Absolute Deviation*

$z$  : nilai dari tabel  $z$  berdistribusi normal

Menurut Budiningsih & Jauhari (2017) dengan  $s' dLT$  kita dapat menganalisa nilai penyimpangan yang terjadi pada pemesanan *spare part*. Semakin besar nilai dari  $s' dLT$  maka akan semakin besar penyimpangan terhadap mean dari data.  $s' dLT$  ini dihitung dari MAD yakni berdasarkan kesalahan yang terjadi dalam peramalan.

### Reorder Point

*Reorder point* merupakan salah satu kebijakan perusahaan dalam mengendalikan persediaan agar perusahaan dapat dengan tepat dalam menentukan kuantitas pesanan yang tepat dari pemasok (Lukiman & Richard, 2020). Dengan adanya *reorder point* perusahaan berupaya agar tidak ada *downtime* mesin produksi atau proses produksi tertunda akibat terjadinya kehabisan stok pada persediaan. Perhitungan *reorder point* bisa menentukan kapan seharusnya perusahaan melakukan pembelian kembali stok barang yang dimaksud (Budiningsih & Jauhari, 2017).

$$ROP = (D \times LT) + Safety Stock$$

Keterangan:

$D$  : Permintaan

$LT$  : *Lead Time*

### Model Persediaan Probabilistik

Menurut Lukitosari (2012) dalam (Fatma & Pulungan, 2018) metode pengendalian persediaan probabilistik merupakan model persediaan yang memiliki ciri-ciri pemesanan yang tidak diketahui sebelumnya, tetapi dimungkinkan untuk mencari estimasi nilai ekspektasi, variansi dan pola distribusi probabilitasnya. Berikut adalah persamaan ukuran pemesanan ekonomis model probabilistik:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 DS}{H}}$$

Keterangan:

$q_0$ : Kuantitas pemesanan

$S$  : Biaya pemesanan

$D$  : Peramalan permintaan

$H$  : Biaya simpan

### Total Biaya Persediaan

Total biaya persediaan diantaranya adalah kuantitas permintaan, biaya pembelian, biaya simpan, dan biaya penanganan (Sato & Jauhari, 2019). Kriteria biaya persediaan yang dipakai dalam pengelolaan persediaan:

1. Biaya pembelian, merupakan harga beli persediaan. Biaya pembelian berupa hasil perkalian antara kuantitas barang yang dibeli dengan harga per unit
2. Biaya pemesanan, biaya yang timbul saat terjadi pemesanan setiap kali pesan.
3. Biaya penyimpanan, biaya akibat penyimpanan persediaan pada periode tertentu, diantaranya merupakan biaya sewa gudang dan biaya penanganan persediaan.
4. Biaya kekurangan persediaan (*stock out*), merupakan biaya yang timbul akibat ketidaktersediaan persediaan untuk memenuhi permintaan

Berikut merupakan biaya total persediaan tanpa memperhitungkan biaya kekurangan persediaan ( $TC$ ):

$$TC = (D \times C) + \left(\frac{D}{q_0} \times S\right) + \left(\frac{q_0}{2} + SS\right)H$$

Keterangan:

$D$  : Peramalan permintaan

$q_0$  : Kuantitas pesanan

$S$  : Biaya pemesanan

$H$  : Biaya simpan

$C$  : Harga barang

Berikut merupakan biaya total persediaan dengan memperhitungkan biaya kekurangan persediaan ( $TCS$ ):

$$TCS = TC + \left(\frac{D \times S \times s' dLT \times E(z)}{Q}\right)$$

Keterangan:

$TC$  : Total biaya persediaan tanpa *stock out*

$D$  : Peramalan permintaan

$q_0$  : Kuantitas pesanan

$S$  : Biaya pemesanan

$s' dLT$  : standar deviasi *demand* selama *lead time*

$E(z)$  : Nilai probabilitas persediaan tidak dapat memenuhi permintaan pada tabel unit normal *loss integral*

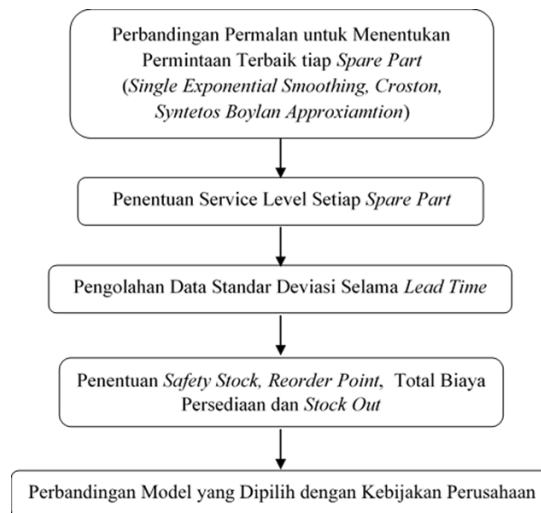
### **Hubungan antara Persediaan dan Biaya**

Menurut Budiningsih & Jauhari (2017) pada penelitiannya membandingkan hasil peramalan metode *Croston*, *Syntetos Boylan Approximation*, *Single Exponential Smoothing*. Kemudian dari perhitungan ketiga peramalan tersebut dicari tingkat kesalahan peramalan berdasarkan *Mean Absolute Deviation* yang terkecil. Peramalan dengan tingkat kesalahan terkecil berhasil menghasilkan total biaya terkecil dengan metode EOQ.

Selanjutnya, menurut Sato & Jauhari (2019) pada penelitiannya, menggunakan perbandingan peramalan dalam menentukan permintaan suku cadang kritis pada perusahaan pengeboran minyak untuk menghitung kuantitas pembelian dengan menggunakan metode EOQ. Hasilnya, estimasi permintaan tersebut memiliki total biaya permintaan yang lebih kecil dibandingkan kebijakan perusahaan yang ada.

*Hipotesis*: Semakin optimal persediaan yang dipesan semakin minimal total biaya persediaan

Berikut merupakan tahapan penelitian berdasarkan hubungan antar variabel yang akan diteliti:



Gambar 1.  
Tahapan Penelitian

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif bertujuan untuk memberikan gambaran pada keadaan yang sebenarnya (Isnawati et al., 2020). Objek pada penelitian ini berupa semua *spare parts* jenis *tyre* yang berjumlah 14 jenis pada gudang GSE *Maintenance* PT. Gapura Angkasa cabang Cengkareng. Hal ini karena mempertimbangkan nilai investasi persediaan, jenis *spare parts* pada gudang yang heterogen dan penggunaan persediaan yang relatif lebih tinggi. Perusahaan harus menentukan nilai-nilai penting dari setiap item dalam persediaan yang ada kaitannya dengan operasional, dikarenakan sistem kontrol inventaris aktif sangat diperlukan untuk manajemen persediaan yang efisien (Eraslan & Iç, 2020).

Pada penelitian ini menggunakan 2 metode pengumpulan data yakni:

1. Metode observasi partisipasi yakni peneliti terlibat secara langsung terhadap sumber data yang diamati berupa permintaan dan harga beli *tyre* yang dipakai GSE *Maintenance*.
2. Menggunakan metode wawancara tidak terstruktur yakni teknik wawancara bebas tanpa menggunakan daftar pertanyaan sistematis, pertanyaan hanya memuat item penting tentang masalah yang ingin diketahui berupa *lead time* dan biaya simpan.

Metode analisis data pada penelitian ini menggunakan perbandingan tiga metode peramalan yakni metode *Croston*, *Syntetos Boylan Approximation* dan *Single Exponential Smoothing*. Setelah itu data peramalan permintaan dengan tingkat kesalahan terkecil akan menjadi acuan dalam metode Probabilistik dengan memperhitungkan *lead time*, *service level*, *safety stock*, *reorder point*, kuantitas pemesanan optimal dan total biaya persediaan tanpa *stock out* maupun saat terjadi *stock out*.

## Hasil dan Pembahasan

### Pengujian Material

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang model peramalan permintaan untuk menentukan persediaan paling ekonomis dengan menggunakan objek data permintaan *tyre* unit GSE PT. Gapura Angkasa.

Data permintaan *tyre* yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik permintaan intermiten yang nilai permintaannya acak dan memiliki proporsi nilai nol pada permintaannya. Hal ini sejalan dengan penelitian milik Muhaimin et al., (2021) dan Synder et al., (2012). Hal ini bisa diketahui melalui pengklasifikasian pola permintaan ADI-CV pada tabel 1 yang secara mayoritas data permintaan *tyre* ini memiliki pola *lumpy* dan *erratic*.

Data permintaan *spare part tyre* yang berjumlah 14 jenis pada periode 2018-2019 dihitung menggunakan 3 metode peramalan yakni *Single Exponential Smoothing*, *Croston* dan *Syntetos Boylan Approximation* untuk mencari tingkat kesalahan terkecil menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD) sebagai dasar perhitungan metode Probabilistik.

Pada tabel 1 diketahui bahwa ada 9 jenis *tyre* yang efektif menggunakan metode peramalan *Single Exponential Smoothing* (SES): TYT2, NSN2, CRL2, ATW1, ATN1, ATN2, WST1, FLT1, FLT2. Terdapat 2 jenis *tyre* yang efektif menggunakan metode peramalan *Croston*: HLL9 dan NSN1. Dan terdapat 3 jenis *tyre* yang efektif menggunakan metode peramalan *Syntetos Boylan Approximation* (SBA): CRL1, TYT1 dan ATW2.

### Metode Probabilistik

Pada tabel 2 terdapat hasil peramalan terpilih dari tiga metode diatas selama dua belas bulan kedepan. Hal ini menjadi dasar probabilitas permintaan pada metode Probabilistik. Selain itu, untuk menentukan kuantitas pemesanan dengan metode Probabilistik adalah dengan melakukan pengolahan *service level* berdasarkan persentase rata-rata permintaan yang terpenuhi tiap bulannya oleh persediaan gudang seperti yang ditunjukkan di tabel 3.

Table 2  
Hasil Perhitungan Peramalan Permintaan

No Item	Peramalan Permintaan (Bulan)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	31	33	29	26	26	26	27	24	29	29	26	27
2	89	90	85	80	73	69	71	80	77	71	73	73
3	78	76	72	69	67	66	68	70	69	68	68	74
4	15	15	15	16	16	14	13	14	19	18	16	20
5	22	23	22	22	22	22	24	23	29	30	27	29
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	9	9	9	8	7	8	8	8	8	7	7	8
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3
10	4	4	4	4	4	4	5	4	4	6	6	7
11	10	10	10	10	10	10	10	11	11	16	16	16
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0



Pada tabel 3, nilai z menunjukkan probabilitas persediaan untuk memenuhi permintaan. Terdapat 10 jenis *tyre* yang memiliki persentase rata-rata kuantitas persediaan yang dapat memenuhi rata-rata kuantitas permintaan setiap bulannya sejumlah 100% sehingga probabilitas persediaan untuk memenuhi permintaan yang ditunjukkan pada tabel nilai z adalah 3. Untuk nilai E(z) menunjukkan probabilitas nilai *stock out* atau kehabisan persediaan saat ada permintaan. Pada *service level* 100% nilai E(z) akan nol karena seluruh permintaan bisa terpenuhi oleh jumlah persediaan. Nilai z ini akan menjadi dasar penentuan *safety stock* dan *reorder point*.

Untuk jenis *tyre* dengan kode item ATN2 memiliki *service level* terendah yakni 67%, rata-rata permintaan terpenuhi dibawah rata-rata permintaan tiap bulannya. Oleh karena itu *tyre* ini memiliki nilai E(z) tertinggi yakni 0,22027 karena memiliki probabilitas kehabisan persediaan paling tinggi di antara *tyre* yang lain. Jenis *tyre* ini dipergunakan untuk *Aircraft Towing Tractor Narrow Body* (ATN) yang fungsinya adalah sebagai alat *pushback* dan *towing* pada pesawat terbang. Tingginya ketidaktersediaan *spare part tyre* ini akan mengganggu jumlah alat yang akan mendukung operasional yang ada dan akan menambah jumlah biaya akibat pemesanan ulang atau *backorder*.

Table 3  
Hasil Perhitungan *Service Level*

Kode Item	Service Level	Nilai Z	Nilai E(z)
<b>TYT2</b>	100%	3	0
<b>CRL1</b>	99%	2.25	0.0042
<b>TYT1</b>	100%	3	0
<b>NSN2</b>	82%	0.91	0.0986
<b>CRL2</b>	99%	2.34	0.0034
<b>ATW1</b>	100%	3	0
<b>ATN1</b>	100%	3	0
<b>HLL9</b>	100%	3	0
<b>ATN2</b>	67%	0.43	0.22027
<b>WST1</b>	100%	3	0
<b>NSN1</b>	100%	3	0
<b>ATW2</b>	100%	3	0
<b>FLT1</b>	100%	3	0
<b>FLT2</b>	100%	3	0

Sebagai dasar perhitungan *safety stock*, penelitian ini memperhitungkan standar deviasi pada *lead time*, tingkat kesalahan pada peramalan permintaan dengan *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan nilai z yang didapat dari perhitungan *service level*. Tabel 4 menunjukkan nilai standar deviasi *lead time* ( $s'_{DLT}$ ), *safety stock* dan *reorder point*. ( $s'_{DLT}$ ) ini bertujuan untuk melihat nilai penyimpangan permintaan pada proses pemesanan dari pemasok. Semakin besar

nilai s'dLT menunjukkan kemungkinan penyimpangan pada *lead time* yang tinggi akan bisa menyebabkan kehabisan persediaan saat terjadi permintaan yang memiliki fluktuasi tinggi. Nilai standar deviasi *lead time* ini berbanding lurus dengan jumlah *safety stock*. Semakin tinggi penyimpangan pada *lead time* maka *safety stock* juga akan semakin tinggi, ini bertujuan untuk menjaga persediaan supaya tidak kehabisan stok (*stock out*) akibat penyimpangan *lead time* yang tinggi tersebut. Selain itu jumlah *safety stock* juga dipengaruhi oleh nilai z, semakin besar nilai z maka jumlah *safety stock* juga akan semakin banyak. Tujuannya adalah untuk menjaga tingkat *service level* tetap dalam kondisi yang bagus atau permintaan dapat tetap dipenuhi walaupun memiliki standar deviasi *lead time* yang tinggi.

Seperti pada *tyre* dengan kode item ATW2 pada tabel 4 yang digunakan pada *Aircraft Towing Tractor Wide Body (ATW) F396P* yang memiliki s'dLT paling rendah yakni 0,916. Walaupun memiliki rata-rata *lead time* 3 bulan tapi *tyre* ini memiliki tingkat kesalahan peramalan yang sangat kecil dengan MAD sebesar 0,28. Ini yang menyebabkan *tyre* dengan kode item ATW2 memiliki s'dLT yang rendah, akibatnya kuantitas *safety stock tyre* ini hanya sejumlah 3 buah walaupun memiliki *service level* 100% atau nilai z sebesar 3. Berbeda dengan *tyre* CRL1 yang memiliki jumlah *safety stock* yang paling banyak yakni 20 buah. Walaupun memiliki nilai z dibawah 3, tapi akibat nilai s'dLT yang tinggi sebesar 8,732 ini menyebabkan keperluan *safety stock* pada *tyre* ini menjadi yang paling banyak.

Table 4  
Hasil Perhitungan s'dLT, *Safety Stock* dan *Reorder Point*

Kode Item	LT (Bulan)	s'dLT	SS	ROP
<b>TYT2</b>	1	4.9839	15	43
<b>CRL1</b>	1.5	8.7317	20	136
<b>TYT1</b>	1	5.9757	18	78
<b>NSN2</b>	3	6.2880	6	54
<b>CRL2</b>	1	3.9761	9	34
<b>ATW1</b>	2	1.3490	4	6
<b>ATN1</b>	1.5	2.9899	9	21
<b>HLL9</b>	2	1.6186	5	7
<b>ATN2</b>	3	2.1771	1	8
<b>WST1</b>	3	3.4554	10	25
<b>NSN1</b>	1	2.7820	8	20
<b>ATW2</b>	3	0.9165	3	3
<b>FLT1</b>	1.5	1.5	5	8
<b>FLT2</b>	1.5	1.0246	3	4

Untuk *reorder point*, perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan rata-rata permintaan yang terjadi pada peramalan, *lead time* masing-masing jenis *tyre* ditambahkan dengan hasil perhitungan *safety stock* tiap masing-masing *tyre*. Semakin lama rata-rata *lead time* maka

kemungkinan ROP juga akan semakin tinggi bergantung pada rata-rata permintaan pada peramalan. Seperti pada *tyre* dengan kode item CRL1 dan TYT1 pada tabel 4 yang memiliki rata-rata permintaan tiap bulan yang hampir sama yakni 78 buah dan 70 buah. Akan tetapi *tyre* dengan kode item CRL1 memiliki tingkat ROP yang tinggi dengan pembelian ulang dilakukan saat persediaan berjumlah 136 buah. Berbeda dengan *tyre* dengan kode item TYT1 yang memiliki ROP 78 buah. Ini diakibatkan rata-rata *lead time* pada *tyre* CRL1 yang lebih lama berkisar 1,5 bulan dibanding dengan rata-rata *lead time* pada *tyre* TYT1 yang hanya 1 bulan. Hal tersebut tentunya juga dipengaruhi dengan jumlah *safety stock* diantara keduanya, yakni *tyre* CRL1 memiliki jumlah *safety stock* sebanyak 20 buah dibandingkan dengan *tyre* TYT1 yang memiliki jumlah *safety stock* yang lebih kecil yakni hanya 7 buah.

Table 5  
Hasil Perhitungan Pemesanan Optimal ( $q_0$ ), Total Biaya Persediaan (TC) dan Total Biaya dengan Stock Out (TCS)

Kode Item	Harga Item (Rp)	$q_0$	TC (Rp)	TCS (Rp)
TYT2	2.126.000	33	974.925.510	974.925.510
CRL1	505.000	136	879.414.093	884.987.855
TYT1	445.000	78	760.562.087	760.562.087
NSN2	1.100.000	54	378.566.719	420.921.415
CRL2	825.000	34	464.039.664	465.186.287
ATW1	25.500.000	6	380.086.794	380.086.794
ATN1	2.700.000	21	408.020.864	408.020.864
HLL9	10.000.000	7	197.828.726	197.828.726
ATN2	4.940.000	8	196.411.105	208.965.919
WST1	1.100.000	25	193.454.637	193.454.637
NSN1	590.000	20	247.031.504	247.031.504
ATW2	46.250.000	3	121.540.399	121.540.399
FLT1	1.560.000	8	114.637.557	114.637.557
FLT2	1.650.000	4	62.373.520	62.373.502

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan kuantitas pesanan optimal dan total biaya persediaan dengan biaya pemesanan (S) sebesar Rp 8.900.000 meliputi biaya administrasi, biaya kirim barang dan pajak. Biaya penyimpanan (H) yang merupakan biaya sewa gudang per tahun sebesar Rp 65.776.400 atau sebesar Rp 5.481.367 tiap bulan. Biaya pemesanan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan biaya penyimpanan menyebabkan total permintaan yang memiliki jumlah yang besar akan mempunyai kuantitas pemesanan yang berjumlah besar.

Pada tabel 5 *tyre* dengan kode item TYT2 memiliki total biaya yang paling tinggi diantara yang lain senilai Rp 974.925.510. Walaupun *tyre* ini memiliki kuantitas pemesanan yang lebih rendah dibanding *tyre* dengan kode item CRL1, akan tetapi harga 1 unit *tyre* ini bisa 4 kali lipat dibandingkan dengan harga *tyre* CRL1. Ini yang mengakibatkan *tyre* TYT2 ini memiliki total biaya tertinggi. Dilihat dari pemakaiannya, *tyre* ini digunakan untuk roda belakang *Baggage Towing Tractor* (BTT) Toyota. Sama dengan *tyre* dengan kode item TYT1 yang digunakan untuk roda depan BTT Toyota, memiliki total biaya persediaan tertinggi nomor 3 dengan nilai Rp 760.562.087. Hal ini disebabkan karena BTT Toyota memiliki jam operasi dan jarak tempuh paling tinggi dibandingkan dengan alat GSE yang lain. BTT Toyota ini juga memiliki jumlah unit paling banyak di cabang Cengkayang.

Pada penelitian ini juga menghitung total biaya persediaan *stock out* (TCS). Kondisi ini bisa terjadi pada saat kondisi pemesanan optimal ( $q_0$ ) tidak bisa mencukupi permintaan akibat fluktuasi permintaan dan penyimpangan pada *lead time* yang tinggi. Total biaya persediaan

*stock out* ini menghitung biaya yang timbul akibat pembelian kembali *spare part tyre* yang kehabisan stok, hal ini juga bisa disebut dengan *backorder*. Biaya *stock out* ini memperhitungkan nilai  $E(z)$  dan  $s \cdot dLT$ . Nilai  $E(z)$  ini merupakan nilai probabilitas persediaan yang tidak bisa mencukupi permintaan. *Tyre* yang memiliki nilai  $E(z)$  sebesar nol tidak memiliki biaya *backorder* atau *stock out*.

### Perbandingan Model yang Dipilih dengan Kebijakan Perusahaan

Pada tahapan ini hasil peramalan permintaan, *safety stock*, rata-rata kuantitas pemesanan, total biaya persediaan tanpa *stock out* dan total biaya dengan *stock out* akan diperbandingkan. Data kebijakan perusahaan ini didapat dari data stok keluar dan masuk gudang, untuk permintaan didapat dari data pemakaian stok *tyre* yang dipasang pada unit, dan untuk biaya pemesanan dan biaya penyimpanan besarnya sama dengan model perhitungan.

Pada perbandingan model yang dipilih dengan kebijakan perusahaan, perbedaan yang paling mencolok adalah tidak adanya *reorder point* yang pasti pada kebijakan perusahaan. Adanya *reorder point* pada perhitungan metode probabilistik membantu mengatasi masalah kekurangan persediaan yang ada. Dengan adanya *reorder point* perusahaan bisa mengatasi kapan titik pemesanan ulang harus dilakukan dilihat dari jumlah rata-rata permintaan, *lead time* yang terjadi, dan jumlah *safety stock* yang harus dipenuhi sehingga bisa mencegah kekurangan persediaan.

Table 6  
Perbandingan *Safety Stock* dan Rata-rata Kuantitas Pesanan

Kode Item	Safety Stock		Kuantitas Pesanan	
	Perusahaan	Hitung	Perusahaan	Hitung
TYT2	20	15	65	33
CRL1	20	20	105	55
TYT1	20	18	127	52
NSN2	10	6	40	25
CRL2	10	9	44	31
ATW1	1	4	3	6
ATN1	5	9	17	18
HLL9	1	5	7	7
ATN2	2	1	9	10
WST1	5	10	20	14
NSN1	10	8	33	21
ATW2	0	3	2	3
FLT1	2	5	9	9
FLT2	1	3	9	6

Pada tabel 6 dilihat bahwa mayoritas rata-rata kuantitas pesanan kebijakan perusahaan lebih besar dibandingkan dengan kuantitas pesanan model perhitungan. *Tyre* dengan kode item TYT1 memiliki selisih paling banyak yakni 127 untuk kuantitas pesanan kebijakan perusahaan dibanding 55 untuk kuantitas pesanan model perhitungan. Untuk *tyre* yang memiliki kuantitas pesanan kebijakan perusahaan lebih sedikit dibanding kuantitas pesanan model perhitungan hanya *tyre* kode item ATW1, ATN1, ATN2 dan ATW2 dengan selisih yang tidak begitu signifikan. Sedangkan untuk *tyre* yang memiliki kuantitas pesanan yang sama antara kebijakan perusahaan dan model perhitungan adalah kode item HLL9 dan FLT1.

Table 7

Perbandingan Total Biaya Persediaan dengan Kebijakan Perusahaan

No Item	TC (Rp)		TCS (Rp)	
	Perusahaan	Hitung	Perusahaan	Hitung
1	1.015.404.416	974.925.510	1.015.404.416	974.925.510
2	864.490.512	879.414.093	866.972.961	884.987.855
3	871.530.349	760.562.087	871.530.349	760.562.087
4	471.869.393	378.566.719	504.418.874	420.921.415
5	576.040.097	464.039.664	577.106.562	465.186.287
6	414.655.280	380.086.794	414.655.280	380.086.794
7	351.208.802	408.020.864	351.208.802	408.020.864
8	261.366.150	197.828.726	261.366.150	197.828.726
9	254.694.054	196.411.105	271.761.026	208.965.919
10	216.635.500	193.454.637	216.635.500	193.454.637
11	267.415.875	247.031.504	267.415.875	247.031.504
12	56.181.367	121.540.399	56.181.367	121.540.399
13	99.381.730	114.637.557	99.381.730	114.637.557
14	51.258.628	62.373.520	51.258.628	62.373.520

Pada tabel 7 secara keseluruhan terdapat 9 jenis *tyre* yang memiliki total biaya persediaan model perhitungan lebih rendah dibandingkan total biaya persediaan perusahaan, dan 5 sisanya memiliki total biaya persediaan model perhitungan lebih besar dibandingkan total biaya perusahaan. Kebijakan perusahaan memiliki total biaya sebesar Rp5.772.132.152 dan untuk hasil perhitungan memiliki total biaya sebesar Rp5.378.893.158 jika tidak terjadi *stock out*. Sedangkan untuk total biaya dengan *stock out*, kebijakan perusahaan memiliki total biaya sebesar Rp5.825.297.521 dan perhitungan memiliki total biaya sebesar Rp5.440.523.054.

### Kesimpulan

Peramalan yang dilakukan pada data permintaan *tyre GSE Maintenance* di periode 2018-2019 dengan 3 metode terpilih yakni *Croston*, *Syntetos Boylan Approximation*, dan *Single Exponential Smoothing* menghasilkan data permintaan peramalan dengan tingkat kesalahan terkecil yang menjadi dasar dalam perhitungan metode probabilistik guna menentukan kuantitas pemesanan optimal, *service level*, *safety stock*, *reorder point* dan biaya *backorder*. Metode ini berhasil membuat total biaya persediaan dengan model terpilih memiliki biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan total biaya persediaan yang berdasarkan kebijakan perusahaan.

Sesuai dengan hasil penelitian berdasarkan metode probabilistik ternyata perusahaan bisa melakukan efisiensi biaya sesuai dengan perbandingan model perhitungan dan kebijakan perusahaan yang ada. Metode probabilistik ini bisa menjadi rancangan perencanaan pengadaan serta menjadi kontrol persediaan. Karena selama ini perusahaan tidak memiliki ketentuan yang pasti dalam *reorder point* atau titik pembelian ulang persediaannya. Perusahaan hanya melakukan pemesanan sesuai keadaan yang ada saat itu atau terkadang melihat kuantitas minimal pada stock gudang. Hal ini yang menyebabkan proses pengadaan yang ada kurang efisien. Dengan adanya metode probabilistik, perusahaan bisa mengetahui kuantitas pesanan yang optimal, jumlah *safety stock* yang seharusnya, titik pembelian ulang atau *reorder point* berdasarkan perhitungan peramalan yang memiliki tingkat kesalahan terkecil, bahkan dengan metode probabilistik perusahaan bisa memperhitungkan biaya pembelian ulang atau *backorder*

jika pemesanan optimal tidak bisa memenuhi permintaan yang terlalu berfluktuatif dan tidak terduga.

## Referensi

- Ali, U., Salah, B., Naeem, K., Khan, A. S., Khan, R., Pruncu, C. I., Abas, M., & Khan, S. (2020). Improved mro inventory management system in oil and gas company: Increased service level and reduced average inventory investment. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(19), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12198027>
- Alin Constantin. (2016). Inventory Management, Service Level and Safety Stock. *Journal of Public Administration, Finance and Law*, *5*(9).
- Bhardwaj, A., Nagar, J., & Mor, R. S. (2019). A comparative study of forecasting methods for sporadic demand in an Auto Service Station. *International Journal of Business Forecasting and Marketing Intelligence*, *5*(1). <https://doi.org/10.1504/ijbfmi.2019.10015737>
- Budiningsih, E., & Jauhari, W. A. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Spare Part Mesin Produksi di PT. Prima Sejati Sejahtera dengan Metode Continuous Review. *PERFORMA: Media Ilmiah Teknik Industri*, *16*(2). <https://doi.org/10.20961/performa.16.2.16994>
- Caesarramzy, D., Andrawina, L., & Astuti, M. D. (2018). Usulan Kebijakan Persediaan Produk Kategori Suplemen Dan Kebutuhan Harian Di Bm Pt Xyz Untuk Mengurangi Total Biaya Persediaan Menggunakan Metode Periodic Review (R, s, S). *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, *4*(2), 107–118.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting And Stock Control for Intermittent Demands. *Operational Research Quarterly*, *23*(3), 289–303. <https://doi.org/10.1057/jors.1972.50>
- Eraslan, E., & Iç, Y. T. (2020). An improved decision support system for ABC inventory classification. *Evolving Systems*, *11*(4). <https://doi.org/10.1007/s12530-019-09276-7>
- Fatma, E., & Pulungan, D. S. (2018). Analisis Pengendalian Persediaan Menggunakan Metode Probabilistik dengan Kebijakan Backorder dan Lost sales. *Jurnal Teknik Industri*, *19*(1), 38–48.
- Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations. *Journal of Air Transport Management*, *8*(4). [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(01\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(01)00054-0)
- Halim, K., & Sriwana, I. K. (2018). Analisis Penerapan Material Requirement Planning Dan Perhitungan Capacity Requirement Planning Pada Pemeriksaan Physical Material Synthetic Dan Leather Di Pt . Panarub Dwikarya. *Jurnal Teknik Industri*, *14*(2).
- Heizer, Jay dan Render, B. (2015). Manajemen Operasi: Keberlangsungan Rantai Pasokan. (11th ed.). *International Review of Management and Marketing*, *9*(1).
- Hoseinie, S. H., Ghodrati, B., & Kumar, U. (2014). Cost-effective maintenance scheduling of cutting arms of drum shearer machine. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, *28*(5), 297–310. <https://doi.org/10.1080/17480930.2014.950453>
- Isnawati, I., Jalinus, N., & Risfendra, R. (2020). Analisis Kemampuan Pedagogi Guru SMK yang sedang Mengambil Pendidikan Profesi Guru dengan Metode Deskriptif Kuantitatif dan Metode Kualitatif. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, *20*(1), 37–44. <https://doi.org/10.24036/invotek.v20i1.652>
- Lukiman, A. D., & Richard, R. (2020). Analytical Hierarchy Process (AHP), Economic Order Quantity (EOQ), and Reorder Point (ROP) in Inventory Management System. *ComTech:*

- Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 11(1).  
<https://doi.org/10.21512/comtech.v11i1.5746>
- Lukitosari, V. (2012). Penentuan Kuantitas Optimal Dan Reorder Point Pada Persediaan Suku Cadang Dengan Distribusi Gamma. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 9(1), 33–39.
- Muhaimin, A., Prastyo, D. D., & Lu, H. H.-S. (2021). Forecasting with Recurrent Neural Network in Intermittent Demand Data. *2021 11th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 802–809.
- Purnomo, H. (2018). Implementasi Kombinasi 3ic Tools Sebagai Penentu Optimasi Pengendalian Persediaan Minyak Goreng. *Jurnal Ekonomi*, 23(2).  
<https://doi.org/10.24912/je.v23i2.368>
- Rachmat, R., & Suhartono, S. (2020). Comparative Analysis of Single Exponential Smoothing and Holt's Method for Quality of Hospital Services Forecasting in General Hospital. *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, 1(2).  
<https://doi.org/10.25008/bcsee.v1i2.8>
- Ridwan Harimansyah, F., & Tukhas Shilul Imaroh. (2020). Aircraft Spare Parts Inventory Management Analysis on Airframe Product Using Continuous Review Methods. *Dinasti International Journal of Management Science*, 2(1).  
<https://doi.org/10.31933/dijms.v2i1.528>
- Sarwo, & Hermawan. (2019). Prediksi Penerimaan Siswa Baru pada Madrasah Aliyah Assyafi'ah 02 Menggunakan Metode Time Series. *Petir*, 9(2).  
<https://doi.org/10.33322/petir.v9i2.182>
- Sato, Y., & Jauhari, W. A. (2019). Managing critical spare part inventories in an oil drilling company using an economic ordering quantity (EOQ) method. *AIP Conference Proceedings, 2097*. <https://doi.org/10.1063/1.5098204>
- Snyder, R. D., Ord, J. K., & Beaumont, A. (2012). Forecasting the intermittent demand for slow-moving inventories: A modelling approach. *International Journal of Forecasting*, 28(2), 485–496.
- Sriwana, I. K., Erni, N., & Abdullah, R. (2020). Perancangan Model Persediaan Bahan Baku Ubi Ungu Pada Produksi Keripik Ubi Ungu Dengan Metode Simulasi Sistem Dinamis. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*.  
<https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.167>
- Stevenson, W. J., & Chuong, S. C. (2013). Manajemen Operasi Perspektif Asia. *Analisis Pendapatan Dan Tingkat Kesejahteraan Rumah Tangga Petani*, 53(9).
- Syntetos, A. A., & Boylan, J. E. (2001). On the bias of intermittent demand estimates. *International Journal of Production Economics*, 71(1–3), 457–466.  
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00143-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00143-2)
- Vandeput, N. (2020). Inventory optimization: Models and simulations. In *Inventory Optimization: Models and Simulations*.