

PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU BENANG AC 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TIME SERIES* DAN PENDEKATAN *MIN-MAX* PADA PT UNITEX

Faradina Rizka Alvioni*¹, Dr. rer. oec. Arfan Bakhtiar ST., MT¹

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PT Unitex merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri tekstil yang ada di Indonesia yang memproduksi bahan baku benang menjadi bahan jadi kapas. Perencanaan bahan baku yang telah dilakukan oleh PT Unitex saat ini menggunakan perhitungan manual dengan metode yang tidak pasti sehingga hasil perhitungannya yang didapatkan kurang akurat. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang peramalan bahan baku dari salah satu jenis benang yaitu benang AC 40 dengan menggunakan metode *time series* serta memberi usulan *safety stock* dan kuantitas setiap kali pemesanan dengan pendekatan *Min-Max*. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan perhitungan menggunakan beberapa metode peramalan yaitu metode 3 *Double Moving Average*, *Double Exponential Smoothing*, dan *Autoregressive Integrated Moving Average* untuk mengetahui seberapa besar pemakaian bahan baku benang AC 40 selama periode 2023. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan bahwa metode peramalan terbaik menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dan didapatkan *minimum inventory* bahan baku benang AC 40 periode Januari-Desember 2023 untuk jenis kapas Australia, Greek, Brazil, Supima, Egytian, Polyester ECO, dan Ester Tifico secara berturut-turut adalah sebesar 88 kg, 131 kg, 196 kg, 45 kg, 47 kg, 23 kg, 11 kg untuk *service level* 99%, serta *maksimum inventory* berturut-turut adalah sebesar 138 kg, 240 kg, 349 kg, 63 kg, 56 kg, 29 kg, dan 16 kg untuk *service level* 99%. Serta usulan *safety stock* persediaan bahan baku secara berturut-turut adalah 39 kg, 23 kg, 43 kg, 27 kg, 38 kg, 18 kg, dan 6 kg untuk *service level* 99%.

Kata kunci: *Forecasting, Time Series, Safety Stock, Metode Min-Max*

Abstract

PT Unitex is a manufacturing company engaged in the textile industry in Indonesia which produces yarn raw materials into finished cotton materials. The raw material planning that has been carried out by PT Unitex currently uses manual calculations with uncertain methods so that the calculation results obtained are less accurate. Therefore, this study aims to design raw material forecasting from one type of yarn, namely AC 40 yarn using the *time series* method and provide a discussion of *safety stock* and quantity for each order using the *Min-Max* approach. Based on these problems, calculations are carried out using several forecasting methods, namely the 3 *Double Moving Average*, *Double Exponential Smoothing*, and *Autoregressive Integrated Moving Average* methods to find out how much AC 40 raw material is used during the 2023 period. Based on the results of data processing, it is found that the best forecasting method is using *Double Exponential Smoothing* method and obtained a *minimum inventory* of AC 40 yarn raw materials for the January-December 2023 period for Australian, Greek, Brazilian, Supima, Egytian, Polyester ECO and Ester Tifico cotton respectively of 88 kg, 131 kg, 196 kg, 45 kg, 47 kg, 23 kg, 11 kg for 99% *service level*, and the *maximum inventory* is 138 kg, 240 kg, 349 kg, 63 kg, 56 kg, 29 kg and 16 kg respectively for 99% *service level*. As well as consulting on *safety stock*, raw material supplies are 39 kg, 23 kg, 43 kg, 27 kg, 38 kg, 18 kg and 6 kg respectively for 99% *service level*.

Keyword: *Forecasting, Time Series, Safety Stock, Metode Min-Max*

1. Pendahuluan

Persaingan bisnis dari setiap industri, termasuk industri manufaktur tidak bisa dihindari. Tiap perusahaan saling berupaya untuk meningkatkan kualitas dan pelayanan agar dapat memenuhi keinginan konsumen yang semakin kompleks.

Oleh karena itu, untuk dapat mencapai hal

tersebut suatu perusahaan membutuhkan sistem yang strategis, efektif, dan efisien sehingga menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Aktivitas yang dilakukan perusahaan untuk menciptakan suatu produk sangat erat

*Penulis Korespondensi.

E-mail: faradinarizkaalvioni@students.undip.ac.id

hubungannya dengan kegiatan produksi. Untuk dapat mengoptimalkan kegiatan produksi, sebuah perusahaan harus mampu menjadwalkan kegiatan produksi dengan baik. Karena kegiatan produksi memanfaatkan sumber daya material (*raw material*), sumber daya manusia, dan penggunaan mesin. *Raw material* atau bahan baku menjadi faktor utama dalam keberjalanan proses produksi. Karena dengan adanya bahan baku proses produksi dapat berjalan dan dapat memenuhi permintaan konsumen, Oleh karena itu, perencanaan bahan baku yang dibutuhkan oleh perusahaan pada periode tertentu sangat penting untuk dilakukan dengan tepat. Kesalahan dalam perencanaan bahan baku akan menyebabkan beberapa kemungkinan diantaranya perusahaan bisa mengalami *stockout* karena stok yang direncanakan tidak dapat memenuhi *demand* dari konsumen sehingga akan terjadi *waiting time* yang cukup lama. Kesalahan dalam perencanaan bahan baku pada perusahaan juga dapat mengakibatkan *overstock* atau stok berlebih karena stok yang telah direncanakan/ diramalkan melebihi *demand* dari konsumen sehingga stok berlebih tersebut akan disimpan di gudang. Penumpukan bahan baku di gudang akan menyebabkan adanya biaya *inventory* dan penurunan kualitas dari bahan baku tersebut, sehingga dapat menyebabkan *waste*.

PT Unitex merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri tekstil yang ada di Indonesia. Proses produksi yang dilakukan pada PT Unitex adalah pengolahan bahan baku kapas menjadi barang jadi yaitu benang. Sistem produksi dari PT Unitex menerapkan sistem *make to order*. Sebagai salah satu perusahaan tekstil di Indonesia, persaingan pasar dalam dan luar negeri adalah salah satu tantangan yang tidak dapat dihindari. PT Unitex memproduksi beberapa jenis benang diantaranya terdapat benang jenis EC, AC, dan produk unggulan dari PT Unitex sendiri yaitu benang PALPA. Seluruh jenis benang tersebut diproduksi dengan beberapa ukuran tertentu mulai dari ukuran paling kecil 100 hingga ukuran paling besar yaitu 10 sesuai dengan permintaan. Komposisi dari tiap jenis benang dapat menyesuaikan dengan permintaan dari konsumen.

Perencanaan bahan baku yang telah dilakukan oleh PT Unitex saat ini menggunakan perhitungan manual dengan metode yang tidak pasti sehingga hasil perhitungannya yang didapatkan kurang akurat. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang peramalan bahan baku dari salah satu jenis benang yaitu benang AC 40 dengan menggunakan metode *time series*. Metode *time series* digunakan karena *demand* atau permintaan dari konsumen bersifat musiman (*seasonal*). Metode peramalan *time*

series yang digunakan yaitu metode *Double Moving Average (DMA)*, *Double Exponential Smoothing (DES)*, dan *Autoregressive Integrated Methods (ARIMA)*. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan usulan kuantitas setiap kali pemesanan dengan pendekatan *Min-Max*.

2. Studi Literature Peramalan

Peramalan adalah proses untuk memperkirakan berapa kebutuhan di masa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu, dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang atau jasa (Lusiana & Yuliaty, 2020). Penggunaan metode peramalan yang cocok dilakukan dengan melihat bagaimana pola dari data permintaan yang dimiliki. Pola data tersebut kemudian disesuaikan dengan metode peramalan yang ada dan dilihat dari nilai error masing-masing metode. Mengidentifikasi pola data merupakan hal yang sangat penting dilakukan sebelum melakukan proses peramalan.

Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah yang baik, yaitu (Maulidah, 2013):

1. Menentukan tujuan dari peramalan
2. Memilih item independent demand yang akan diramalkan
3. Menentukan horizon waktu dari peramalan (jangka pendek, menengah, atau panjang)
4. Memilih model peramalan
5. Memperoleh data yang dibutuhkan untuk melakukan peramalan
6. Validasi model peramalan
7. Membuat peramalan
8. Implementasi hasil-hasil peramalan
9. Memantau keandalan hasil peramalan

Metode Peramalan *Time Series*

Metode *time series*, yaitu metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang diperkirakan dengan variasi waktu yang merupakan runtun waktu (*time series*). Berikut merupakan metode peramalan dengan menggunakan metode *time series* (Medina, 2017)

a. *Double Moving Average (DMA)*

Metode DMA terdapat tiga aspek yang perlu diperhatikan, diantaranya yaitu menggunakan metode *Single Moving Average (SMA)* pada waktu peramalan periode ke- t . Terjadi penyesuaian antara *single moving average – double moving average* ($S^t - S^{t+1}$) pada saat t . Kemudian terjadi penyesuaian *trend* ($t - N + 1$) Berikut merupakan persamaan *Double Moving Average*

$$S'_t = \frac{\sum_{i=1}^{t=N+1} x_i}{N} \dots\dots\dots (5)$$

$$S''_t = \frac{\sum_{i=1}^{t=N+1} S'_i}{N} \dots\dots\dots (6)$$

$$at = S'_t + (S'_t - S_t) = 2S'_t - S''_t \dots\dots\dots (7)$$

$$bt = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t) \dots\dots\dots (8)$$

$$F_{t+m} = at + bt \cdot m \dots\dots\dots (9)$$

b. *Double Exponential Smoothing* (DES)

Metode *Double Exponential Smoothing* (DES) biasanya lebih tepat untuk meramalkan data yang mengalami pola *trend* kenaikan. Pada metode ini proses penentuan ramalan dimulai dengan menentukan besarnya alpha secara trial dan *error*. Berikut adalah tahapan dalam melakukan proses peramalan dengan metode DES:

- Menentukan *Smoothing* pertama (S''_t)
 $S''_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}$ (11)
- Menentukan *Smoothing* kedua (S'''_t)
 $S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1}$
- Menentukan besarnya konstanta (α)
 $\alpha t = S_t + (S''_t - S'''_t)$
- Menentukan besarnya *slope forecast* (bt)
 $bt = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} (S'_t - S''_t)$
- Menentukan besarnya *forecast* (F_{t+m})
 $F_{t+m} = \alpha_t + b_{tm}$

Keterangan:

S''_t = *Smoothing* pertama

S'''_t = *Smoothing* kedua

α = *alpha* ($0 < \alpha < 1$)

b = *slope*

c. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model ARIMA terdiri dari tiga proses yaitu *autoregressive*, *integrated*, *moving average* dengan *order* (p, d, q) dinotasikan sebagai ARIMA (p, d, q). Order p untuk menunjukkan adanya proses *autoregressive* pada model, order d untuk menunjukkan proses *integrated* yang harus dilakukan terlebih dahulu pada data, dan order q menunjukkan proses *moving average*. Apabila d = 0 dan q = 0, maka model *autoregressive* dinotasikan sebagai AR(p) dan bila d = 0 dan p = 0, maka model *moving average* dinotasikan sebagai MA(q) sedangkan bila dalam model tersebut ada ketiga proses maka model dinamakan *autoregressive integrated moving average* dinotasikan sebagai ARIMA (p, d, q) (Sugiyono, 2017). Berikut adalah beberapa proses dari metode ARIMA (Makridakis, 2003):

- Proses *Autoregressive* (AR)
 Model *autoregresif* (AR) dirumuskan sebagai berikut:
 $x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \phi_3 x_{t-3} + \dots + \phi_p x_{t-p} + e_t$
 X_t adalah variabel dependen dan $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$ adalah independen variabel.

Variabel independen merupakan deretan nilai dari variabel yang sama atau sejenis, misal x_{t-1} adalah jumlah permintaan pada periode t-1, maka x_{t-2} adalah jumlah permintaan untuk periode t-2 dan seterusnya. Sedangkan e_t adalah error atau unit residual yang menggambarkan gangguan acak yang tidak bias dijelaskan oleh model.

Model yang digambarkan oleh persamaan diatas disebut *autoregresif* karena persamaan tersebut mengindikasikan persamaan regresi. Berikut proses *autoregressive*:

- Menentukan model persamaan 2.16 yang sesuai
- Menentukan nilai dari p (menentukan panjangnya persamaan yang terbentuk)
- Mengestimasi nilai koefisien $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_k$
- Proses *Moving Average* (MA)
 Tidak semua data series dapat dimodelkan dengan persamaan seperti persamaan AR. Proses yang menentukan model deret waktu apakah *autoregresif* atau *moving average* tergantung dari korelasi antar data yang akan dimodelkan (autokorelasi). Model lain dari model ARIMA adalah *moving average* yang dinotasikan sebagai berikut
 $x_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \theta_3 e_{t-3} - \dots - \theta_k e_{t-k}$

Pendekatan antara proses *autoregresif* dan *moving average* adalah sama yaitu dengan mengukur autokorelasi, perbedaannya adalah model *autoregresif* mengukur autokorelasi antara nilai berturut-turut dari x_t sedangkan model *moving average* mengukur autokorelasi antara nilai eror atau residual. Menurut persamaan diatas nilai yang akan datang dapat diprediksi dengan menggunakan *error* pada beberapa periode yang lalu

- Proses gabungan *Autoregressive* dan *Moving Average* (ARMA)
 Proses selanjutnya adalah proses gabungan, dimana pola dari data series yang terbentuk, model terbaik digambarkan dengan menggabungkan proses *autoregresif* dan *moving average* (AR dan MA). Bentuk umum persamaan ARMA adalah gabungan dari persamaan AR dan MA yang dinotasikan sebagai berikut
 $x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_k e_{t-k}$
 Persamaan tersebut menunjukkan bahwa permintaan tergantung dari nilai persamaan masa lalu dan error masa lalu antara nilai permintaan sebenarnya dengan nilai peramalan yang diramalkan.

- Proses *Integrated* (Stasioner dan Nonstasioner)

Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) merupakan model dari deret waktu stasioner yang dapat diandalkan untuk menggambarkan nilai peramalan masa depan dari deret waktu yang sangat variatif. Teori dasar dari model ARMA adalah korelasi dan stasioneritas artinya menggunakan dan membaca perilaku korelasi antar nilai masa lalu untuk meramalkan nilai masa depan. Keadaan stasioner diperlukan untuk dapat merepresentasikan keadaan data secara keseluruhan yaitu data tanpa tren, musiman, dan sebagainya. Namun, ARMA model adalah pendekatan yang dapat digunakan untuk berbagai jenis deret waktu. Apabila deret waktu belum stasioner (nonstasioner) maka perlu dilakukan diferensiasi pada data series untuk menghilangkan tren tersebut.

Verifikasi Error

Beberapa metode yang digunakan untuk menguji kesalahan pada metode peramalan antara lain (Hartini, 2011):

1. *Mean Square Error* (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}$$

2. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |X_t - F_t|}{n}$$

3. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_i}{n}$$

Validasi Hasil Peramalan

Validasi dalam suatu proses peramalan berguna untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil ramalan yang diperoleh dengan data masa lalu yang digunakan. Uji validasi dilakukan dengan menggunakan peta *Moving Range*. Peta *Moving Range* digunakan untuk menguji kestabilan suatu sistem sebab-akibat yang melatarbelakangi fungsi peramalan. Peta ini digunakan untuk membandingkan nilai-nilai observasi atau data aktual dengan nilai peramalan dari kebutuhan yang sama

Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan sangat penting dilakukan pada perusahaan yang bergerak di bidang perindustrian. Hal ini sangat memengaruhi kelangsungan proses produksi karena kebutuhan persediaan bahan baku yang terlalu berlebihan maupun kurang akan menghambat proses produksi, sehingga output yang seharusnya sesuai dengan jadwal akan terganggu. Oleh karena itu, jumlah ketersediaan bahan baku produksi harus diatur sebaik mungkin agar kelebihan maupun kekurangan persediaan dapat dihindari.

Metode Min-Max

Konsep metode Min-Max ini dikembangkan berdasarkan suatu pemikiran sederhana untuk menjaga kelangsungan beroperasinya suatu pabrik, beberapa jenis barang tertentu dalam jumlah minimum sebaiknya tersedia di persediaan, supaya sewaktu-waktu ada yang rusak, dapat langsung diganti. Tetapi barang yang tersedia dalam persediaan tadi juga jangan terlalu banyak, ada maksimumnya supaya biayanya tidak terlalu mahal. Cara kerja metode Min-Max berdasarkan yaitu, apabila persediaan telah melewati batas-batas minimum dan mendekati batas *Safety Stock*, maka *Reorder* harus dilakukan. Jadi batas minimum adalah batas *Reorder Level*. Batas maksimum adalah batas kesediaan perusahaan atau manajemen menginvestasikan uangnya dalam bentuk persediaan bahan baku. Jadi dalam hal batas maksimum dan minimum digunakan untuk dapat menentukan order quantity (Indrajit & Djokopranoto, 2003).

Safety Stock (SS) = (Maksimum pemakaian - rata-rata pemakaian) x L

Min Stock = (Rata pemakaian x L) + SS

Max Stock = 2(Rata - rata pemakaian x L) + SS

Q = *Max stock* - *Min stock*

Total cost = Biaya Pesan + Biaya Simpan

TC = (Frekuensi Pesan x S) + $\left(\frac{Q}{2} + SS\right) \times H$

Keterangan:

L = Lead time

SS = Safety stock

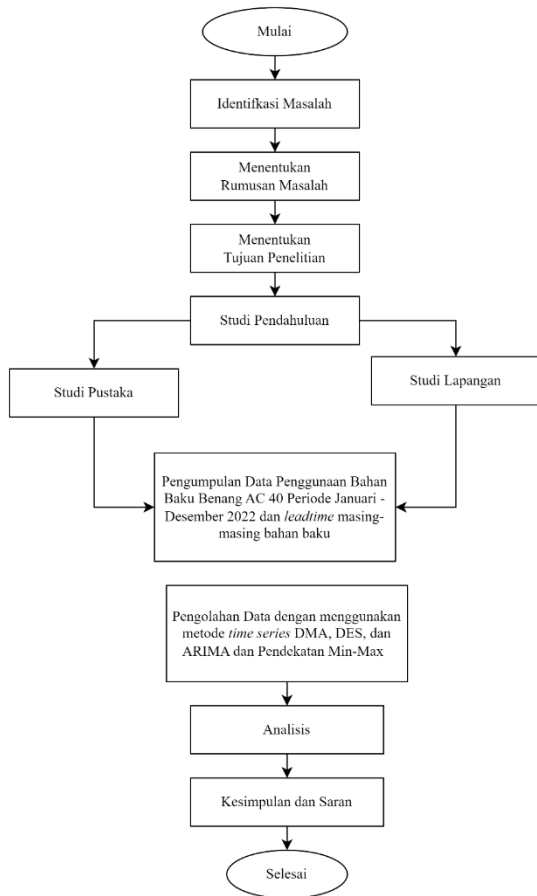
Q = Kuantitas Pemesanan

S = Biaya pesan untuk setiap pesanan

H = Biaya simpan per unit per tahun

3. Metodologi Penelitian

Berikut merupakan diagram metodologi penelitian Kerja Praktik pada PT Unitex



Gambar 1 Metodologi Penelitian Kerja Praktik

4. Tinjauan Sistem

PT Unitex adalah sebuah perusahaan patungan Indonesia-Jepang yang bergerak dalam bidang tekstil terpadu (Fully Integrated Textile Manufacture). Kantor dan pabrik dari PT Unitex beralamat di Jl. Raya Tajur No. 1, Sindangrasa, Kota Bogor Timur, Kota Bogor, Jawa Barat. Kegiatan produksi yang berlangsung pada PT Unitex proses pengolahan bahan baku kapas menjadi benang pada departemen pemintalan (*spinning*). Jenis benang yang dihasilkan oleh PT Unitex beragam mulai dari EC (Ester Cotton), AC (All Cotton), dan PALPA yang merupakan benang unggulan dari PT Unitex dengan beragam ukuran nomor benang

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi benang AC 40 yaitu kapas jenis Australia, kapas Greek, kapas Supima, kapas Egytian, kapas Brazil, Polyester ECO, dan Ester Tifico. Seluruh bahan baku tersebut memiliki *leadtime* yang berbeda-beda.

5. Pengolahan Data

Data Historis Bahan Baku Benang AC 40

Berikut merupakan data historis total penggunaan bahan baku selama periode 2022 untuk pembuatan benang AC 40 yang terdiri dari kapas jenis Australia, Greek, Brazil, Supima, Egytian, Polyester ECO, dan Ester Tifico dalam satuan kilogram (kg):

Tabel 1 Tabel Pemakaian Bahan Baku 2022

Periode	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egytian	Polyester ECO	Ester Tifico
Januari	156	156	88	33	9	36	49
Februari	98	133	121	18	48	22	53
Maret	86	127	123	15	72	36	48
April	76	114	114	8	33	63	51
Mei	78	117	117	0	33	63	51
Juni	82	123	123	22	0	58	42
Juli	94	135	117	8	0	73	44
Agustus	51	99	99	28	0	52	40
September	34	129	129	32	0	24	34
Oktober	82	123	123	18	2	2	58
November	115	192	192	0	0	14	35
Desember	78	111	111	7	0	38	38

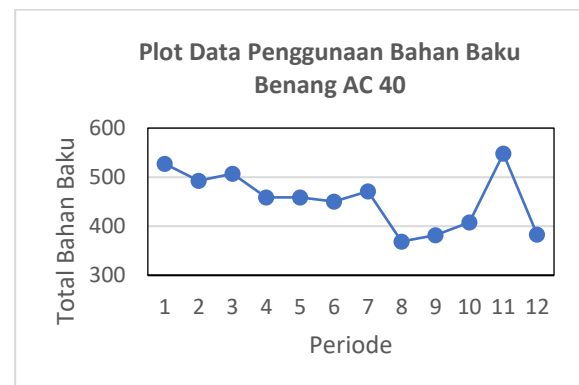
Berikut adalah data *leadtime* untuk setiap jenis bahan baku untuk produksi benang AC 40 dari proses pemesanan hingga sampai ke PT Unitex:

Tabel 2 Leadtime Bahan Baku

Jenis Bahan Baku	Leadtime (hari)
Australia	21
Greek	30
Brazil	45
Supima	40
Egytian	21
Polyester ECO	5
Ester Tifico	4

Plot Data

Data historis penggunaan bahan baku benang AC 40, selanjutnya data tersebut digambarkan dalam sebuah plot data. Plot data berfungsi untuk melihat pola data yang terjadi dari penggunaan bahan baku benang AC 40 selama periode 2022. Melalui pola data akan ditentukan jenis metode peramalan yang akan digunakan. Berikut merupakan plot data dari total penggunaan bahan baku benang AC 40 selama periode Januari 2022 – Desember 2022.



Gambar 2 Plot Data Historis Penggunaan Bahan Baku Benang AC 40

Berdasarkan plot data diatas yang ditunjukkan oleh gambar 5.2, dapat diketahui bahwa pola data penggunaan bahan baku benang AC 40 menunjukkan pola data musiman atau seasonal.

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa metode forecasting yang digunakan untuk pola data musiman adalah metode forecasting Double Moving Average (DMA), Double Exponential Smoothing (DES), dan Auto Regressif Integrated Moving Average (ARIMA).

Peramalan

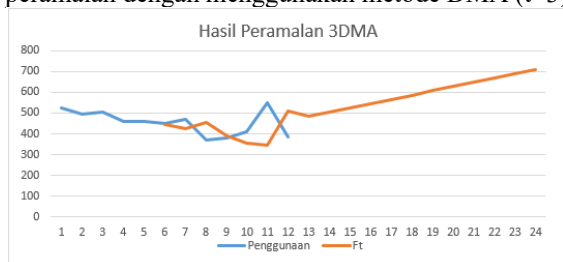
Double Moving Average (DMA)

Peramalan dengan metode DMA dilakukan dengan menggunakan rata-rata bergerak 3 ($t=3$). Proses peramalan DMA dilakukan dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel. Berikut hasil perhitungan peramalan bahan baku benang AC 40 dengan menggunakan metode DMA ($t=3$) ditunjukkan pada tabel 3

Tabel 3 Hasil Peramalan DMA

Periode	Penggunaan	S'	S''	a	b	Ft	Error	Error ²	Error	PE
1	527									
2	493									
3	507	509								
4	459	486								
5	459	475	490	460	-15					
6	450	456	472	440	-16	445	5,222	27,272	5,222	1,160%
7	471	460	464	456	-4	423	47,889	2293,346	47,889	10,167%
8	369	430	449	411	-19	453	-83,667	7000,111	83,667	22,674%
9	382	407	432	382	-25	393	-10,667	113,778	10,667	2,792%
10	408	386	408	365	-22	357	50,889	2589,679	50,889	12,473%
11	548	446	413	479	33	343	204,778	41933,938	204,778	37,368%
12	383	446	426	466	20	512	-128,556	16526,531	128,556	33,565%
13	0					487				
14	0					507				
15	0					527				
16	0					547				
17	0					567				
18	0					587				
19	0					607				
20	0					627				
21	0					647				
22	0					668				
23	0					688				
24	0					708				
Total								70484,654	531,667	120,201%

Berikut grafik plot data untuk hasil peramalan dengan menggunakan metode DMA ($t=3$)



Gambar 3 Hasil Peramalan DMA

Berikut merupakan hasil perhitungan error dengan metode MSE, MAD, dan MAPE untuk hasil peramalan dengan menggunakan metode DMA ($t=3$)

Tabel 4 Verifikasi Error DMA

Verifikasi	MSE	MAD	MAPE
	10069,236	75,952	17,172%

Double Exponential Smoothing

Peramalan dilakukan dengan menggunakan bantuan software minitab. Dapat dilihat hasil perhitungan metode DES sebagai berikut:

Data Penggunaan

Length 12

Smoothing Constants

α (level) 0,234429

γ (trend) 0,262526

Accuracy Measures

MAPE 8,14

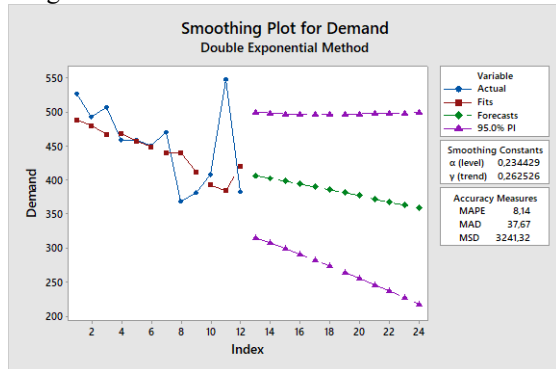
MAD 37,67

MSE 3241,32

Tabel 5 Hasil forecasting DES

Periode	Forecast	Lower	Upper
13	407,224	314,946	499,502
14	402,821	307,200	498,442
15	398,418	299,151	497,684
16	394,014	290,831	497,198
17	389,611	282,269	496,952
18	385,207	273,493	496,922
19	380,804	264,527	497,081
20	376,401	255,391	497,410
21	371,997	246,107	497,888
22	367,594	236,689	498,499
23	363,190	227,153	499,228
24	358,787	217,512	500,062

Berikut merupakan grafik hasil peramalan dengan metode DES



Gambar 4 Plot Data DES

Berikut merupakan hasil perhitungan error dengan metode MSE, MAD, dan MAPE untuk hasil peramalan dengan menggunakan metode DES.

Tabel 6 Verifikasi Error DES

Verifikasi	MSE	MAD	MAPE
	3241,32	37,67	8,14%

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Peramalan dilakukan dengan menggunakan bantuan software minitab

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0,8267	0,3662	2,26	0,050
Constant	-8,283	6,080	-1,36	0,206

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 12, after differencing 11

Residuals: SS = 33770,4 (backforecasts excluded)
MS = 3.752,300 DF = 9

Accuracy Measures

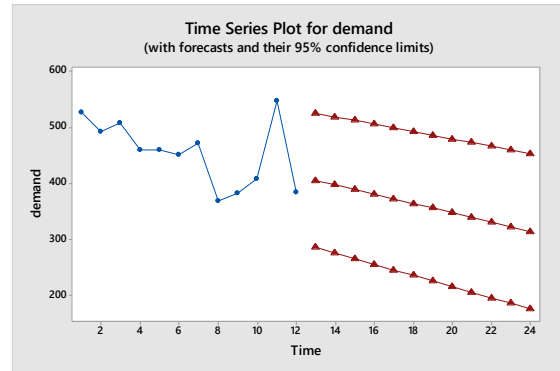
MAPE 8,676
MAD 38,780
MSE 3.752,300

Hasil forecasting metode ARIMA

Tabel 7 Hasil Forecasting ARIMA

Periode	Forecast	Lower	Upper
13	405,110	285,025	525,196
14	396,828	274,953	518,703
15	388,545	264,906	512,184
16	380,262	254,885	505,640
17	371,979	244,887	499,072
18	363,697	234,912	492,481
19	355,414	224,959	485,869
20	347,131	215,027	479,235
21	338,848	205,115	472,581
22	330,566	195,224	465,908
23	322,283	185,351	459,215
24	314,000	175,496	452,505

Berikut merupakan grafik plot data hasil peramalan metode ARIMA



Gambar 5 Plot Data ARIMA

Berikut merupakan hasil perhitungan error dengan metode MSE, MAD, dan MAPE untuk hasil peramalan dengan menggunakan metode ARIMA

Tabel 8 Verifikasi Error ARIMA

Verifikasi	MSE	MAD	MAPE
	3752,300	38,78	8,676%

Hasil Perbandingan Peramalan

Berikut perbandingan eror untuk masing-masing metode peramalan

Tabel 9 Hasil Perbandingan Error

Metode Peramalan	MSE	MAD	MAPE
DMA	10.069,234	75,952	17,172
DES	3.241,320	37,670	8,140
ARIMA	3.752,300	38,780	8,676

Metode peramalan terbaik yang digunakan adalah DES, karena memiliki nilai eror terkecil dibandingkan metode peramalan lainnya yaitu nilai error MSE sebesar 3.241,320, MAD sebesar 37,670, dan MAPE sebesar 8,140%

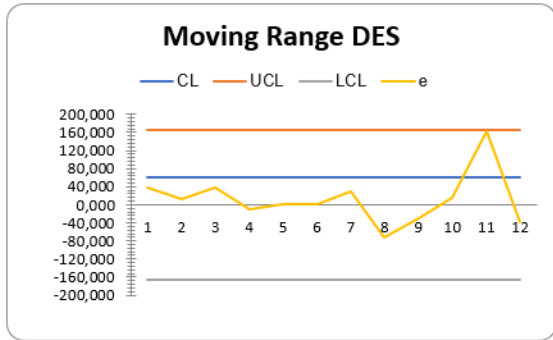
Validasi Hasil Peramalan

Diketahui hasil peramalan dengan metode Double Exponential Smoothing untuk periode 2023 dalam satuan kilogram (kg) adalah sebagai berikut:

Tabel 10 Hasil Peramalamn DES

Bulan	Forecast
Januari	407
Februari	402
Maret	398
April	394
Mei	389
Juni	385
Juli	380
Agustus	376
September	371
Oktober	367
November	363
Desember	358

Metode validasi yang digunakan adalah peta moving range dengan hasil peramalan dan hasil validasi yang dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel seperti grafik dibawah ini



Gambar 6 Peta Moving Range

Berdasarkan peta Moving Range diatas, bahwa tidak didapati error yang melewati nilai UCL dan sebaliknya tidak pula ditemukan error yang melewati nilai LCL ini yang berarti data peramalan dianggap lolos uji atau valid sehingga tidak perlu dilakukan uji validasi dengan metode lainnya

Disagregasi

Selanjutnya hasil peramalan yang telah didapatkan dari hasil verifikasi dan validasi, dilakukan perhitungan disagregasi. Disagregasi dilakukan untuk mendapatkan perhitungan peramalan untuk setiap jenis bahan baku untuk pembuatan benang AC 40, karena data hasil peramalan sebelumnya didapatkan dalam bentuk agregat. Berikut merupakan hasil disagregasi dari hasil peramalan untuk periode 2023 dalam satuan kilogram (kg):

Tabel 11 Disagregasi Data Forecast

Periode	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egyptian	Polyester ECO	Ester Tifico
Januari	120	120	68	25	7	28	38
Februari	80	108	99	15	39	18	43
Maret	68	100	97	12	57	28	38
April	65	98	98	7	28	54	44
Mei	66	99	99	0	28	53	43
Juni	70	105	105	19	0	50	36
Juli	76	109	94	6	0	59	35
Agustus	52	101	101	29	0	53	41
September	33	125	125	31	0	23	33
Oktober	74	111	111	16	2	2	52
November	76	127	127	0	0	9	23
Desember	73	104	104	7	0	36	36
Rata-rata	71	109	102	14	13	34	38

Perhitungan Safety Stock

Perhitungan safety stock dipengaruhi oleh standar deviasi dan leadtime untuk setiap bahan baku. Service level yang akan digunakan dimulai dari 90% hingga 99%. Hal ini dilakukan agar perusahaan PT Unitex lebih leluasa dalam menentukan service level yang perusahaan inginkan. Berikut merupakan contoh perhitungan standar deviasi untuk jenis kapas Australia

$$\text{std dev} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{std dev} = \sqrt{\frac{\sum(120-71)^2 + (80-71)^2 + \dots + (73-71)^2}{12-1}}$$

$$\text{std dev} = 20$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan standar deviasi bahan baku pembuatan benang AC 40:

Tabel 12 Rekapitulasi Standar Deviasi

	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egyptian	Polyester ECO	Ester Tifico
std	20	10	15	11	20	19	7

Berikut hasil rekapitulasi data safety stock dengan service level 90%-99% untuk setiap jenis bahan baku benang AC 40:

Tabel 13 Data Safety Stok dengan service level 90-99%

Service level	Z	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egyptian	Polyester ECO	Ester tifico
90%	1,28	21	13	23	15	20	10	3
91%	1,34	22	13	24	16	21	10	3
92%	1,41	23	14	26	16	23	11	3
93%	1,48	24	15	27	17	24	11	3
94%	1,55	26	15	28	18	25	12	3
95%	1,64	27	16	30	19	26	12	4
96%	1,75	29	17	32	21	28	13	4
97%	1,88	31	19	35	22	30	14	4
98%	2,05	34	20	38	24	33	16	5
99%	2,33	39	23	43	27	38	18	6

Perhitungan Min-Max Stok

Berikut ini merupakan contoh perhitungan batas minimum persediaan bahan baku benang kapas Australia dengan service level 99%

$$\text{Min} = (\text{Rata-rata kebutuhan} \times \text{Leadtime}) + \text{SS}$$

$$\text{Min} = (71 \times 0,7) + 39$$

$$\text{Min} = 88 \text{ kg}$$

$$\text{Max} = 2 \times (\text{Rata-rata kebutuhan} \times \text{Leadtime}) + \text{SS}$$

$$\text{Max} = 2 \times (71 \times 0,7) + 38$$

$$\text{Max} = 138 \text{ kg}$$

Berikut merupakan rekapitulasi data persediaan minimum dan maksimum stok bahan baku benang AC 40

Tabel 14 Data Min-Max Stok

	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egyptian	Polyester ECO	Ester Tifico
Min Stock	88	131	196	45	47	23	11
Max Stock	138	240	349	63	56	29	16

Kuantitas Pemesanan

Berdasarkan dari hasil perhitungan minimum dan maximum stock maka dilakukan perhitungan jumlah yang dipesan dalam sekali pemesanan (Q) untuk setiap jenis bahan baku benang AC 40

Berikut merupakan perhitungan jumlah yang dipesan dalam satu kali pemesanan (Q) untuk bahan baku kapas Australia

$$Q = \text{max stock} - \text{min stock}$$

$$Q = 138 - 88$$

$$Q = 49 \text{ kg}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan kuantitas pemesanan untuk setiap jenis bahan baku benang AC 40:

Tabel 15 Data Kuantitas Pemesanan

	Australia	Greek	Brazil	Supima	Egyptian	Polyester ECO	Ester Tifico
Kuantitas Pemesanan	49	108	153	18	9	5	5

6. Analisis

Analisis Penggunaan Bahan Baku

Peramalan penggunaan bahan baku pembuatan benang AC 40 untuk periode 2023 dilakukan berdasarkan data historis penggunaan bahan baku periode sebelumnya yaitu tahun 2022. Peramalan bahan baku menggunakan metode time series. Hasil peramalan untuk bahan baku pembuatan benang AC 40 digunakan sebagai perkiraan penggunaan bahan untuk periode berikutnya, sehingga dapat membantu perusahaan dalam menentukan jumlah pemesanan untuk setiap bahan baku

Data historis yang telah didapatkan yaitu data penggunaan setiap bahan baku setiap bulannya selama periode 2022, kemudian data tersebut diagregatkan menjadi total data penggunaan bahan baku per bulan. Tujuan data tersebut diagregatkan adalah agar data menjadi suatu kelompok dan memudahkan dalam proses perhitungan. Kemudian data hasil agregat digambarkan dalam suatu grafik yang disebut plot data. Berdasarkan plot data akan diketahui pola data pada historis yang akan digunakan untuk menentukan metode peramalan yang akan digunakan. Berdasarkan Gambar 5.1 yaitu plot data penggunaan bahan baku pada tahun 2022 dapat diketahui bahwa pola data yang terbentuk bersifat musiman, karena memiliki kecenderungan fluktuatif secara periodik pada waktu tertentu, yaitu pada bulan November dan Desember, dimana PT Unitex telah memproduksi benang untuk persiapan Hari Raya Idul Fitri dan pada saat menyambut tahun ajaran baru. Oleh karena itu metode forecasting yang digunakan adalah metode yang cocok untuk pola data musiman yaitu Double Moving Average (DMA), Double Exponential Smoothing (DES), dan metode Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA).

Proses peramalan dengan metode Double Moving Average (DMA) dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel dan length sebesar 3. Hasil dari peramalan tersebut menghasilkan error MSE sebesar 10069,236, error MAD sebesar 75,952, dan error MAPE 17,172%. Untuk perhitungan peramalan dengan metode Double Eksponential Smoothing dilakukan menggunakan software minitab dengan α (level) sebesar 0,234429 dan γ (trend) sebesar 0,262526. Hasil dari peramalan tersebut menghasilkan error MSE sebesar 3241,32, error MAD sebesar 37,67, dan error MAPE sebesar 8,14%. Perhitungan peramalan dengan metode terakhir yaitu ARIMA dilakukan menggunakan software minitab dengan nilai p-value 0,050. Hasil dari peramalan tersebut menghasilkan error MSE sebesar 3752,3, error MAD sebesar 38,780, dan error MAPE sebesar 8,676%. Dari perbandingan error yang ada, dapat ditentukan metode terbaik adalah metode yang memiliki error terkecil baik dari MSE, MAD, dan MAPE yaitu metode Double Eksponential Smoothing

Setelah didapatkan hasil peramalan terbaik berdasarkan verifikasi atau perhitungan error, selanjutnya adalah memastikan bahwa data hasil peramalan berada pada batas kendali dengan melakukan proses validasi data. Validasi data dilakukan dengan metode *moving range*. Berdasarkan Gambar 5. dapat diketahui bahwa tidak ada data hasil peramalan yang melewati batas UCL 165,289, dan batas LCL 0,000, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil peramalan penggunaan bahan baku untuk periode 2023 dengan menggunakan metode Double Exponential Smoothing (DES) adalah valid. Setelah data hasil peramalan dinyatakan valid, maka selanjutnya data hasil peramalan dilakukan disagregasi. Tujuan dilakukan disagregasi adalah untuk mengetahui peramalan penggunaan bahan baku pembuatan benang AC 40 untuk periode 2023 untuk setiap jenisnya.

Analisis Perhitungan Safety Stock

Safety stock sangat penting bagi perusahaan. Dengan adanya safety stock perusahaan dapat menghindari permasalahan stockout yang dapat memperlambat maupun menghambat proses produksi. Perhitungan safety stock dipengaruhi oleh standar deviasi, service level perusahaan, dan leadtime. Leadtime yang dibutuhkan oleh PT Unitex untuk setiap jenis bahan baku adalah 21 hari untuk kapas jenis Australia, 30 hari untuk jenis kapas Greek, 45 hari untuk jenis kapas Brazil, 40 hari untuk jenis kapas Supima, 21 hari untuk jenis kapas Egytian, 5 hari untuk Polyester ECO, dan 4 hari untuk Ester Tifico. Semua jenis kapas memiliki leadtime waktu yang cukup lama dikarenakan bahan baku tersebut di impor dari luar negeri, sedangkan polyester ECO dan ester tifico dibeli oleh PT Unitex dari perusahaan lokal. Selain leadtime, dalam menghitung safety stock juga dipengaruhi oleh service level. Service level yaitu kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan dari konsumen. Service level yang digunakan oleh PT Unitex adalah 99% karena semua permintaan dari konsumen dapat dipenuhi oleh PT Unitex tepat pada waktunya. Setelah dilakukan perhitungan, safety stock PT Unitex untuk periode Januari – Desember 2022 adalah sebesar 39 kg untuk kapas Australia, 23 kg untuk kapas Greek, 43 kg untuk kapas Brazil, 27 kg untuk kapas Supima, 38 kg untuk kapas Egytian, 18 kg untuk Polyester ECO, dan 6 kg untuk Ester Tifico.

Analisis Minimum dan Maksimum Stok

Minimum stok adalah saat atau titik dimana pemesanan kembali harus diadakan sehingga kedatangan atau penerimaan bahan tepat pada waktunya dimana jumlah persediaan sama dengan safety stock. Metode ini dilakukan dengan mengendalikan jumlah minimum persediaan dengan mengatur rencana pemesanan persediaan sehingga tidak terjadi kekurangan (stockout) atau kelebihan

persediaan (overstock). Setelah dilakukan perhitungan minimum stok bahan baku pembuatan benang AC 40, maka diketahui minimum persediaan bahan baku untuk periode Januari-Desember 2023 setiap jenis bahan baku kapas Australia, Greek, Brazil, Supia, Egytian, Polyester ECO, dan Ester Tifico berturut-turut adalah sebesar 88 kg, 131 kg, 196 kg, 45 kg, 47 kg, 23 kg, dan 11 kg untuk service level 99%. Sedangkan, maksimum stok adalah jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk disimpan dalam persediaan atau batas maksimum persediaan bahan baku yang harus digudang sehingga pada saat proses produksi tidak terjadi pemborosan biaya simpan. Setelah dilakukan perhitungan maksimum stok bahan baku pembuatan benang AC 40, maka diketahui maksimum persediaan bahan baku untuk periode Januari-Desember 2023 setiap jenis bahan baku kapas Australia, Greek, Brazil, Supia, Egytian, Polyester ECO, dan Ester Tifico berturut-turut adalah sebesar 138 kg, 240 kg, 349 kg, 63 kg, 56 kg, 29 kg, dan 16 kg untuk service level 99%.

Kebijakan Pemesanan

Berdasarkan dari hasil perhitungan minimum dan maksimum stok maka dilakukan perhitungan jumlah yang dipesan dalam sekali pemesanan (Q) untuk bahan baku bahan baku pembuatan benang AC 40 untuk setiap jenis bahan baku kapas Australia, Greek, Brazil, Supia, Egytian, Polyester ECO, dan Ester Tifico berturut-turut adalah sebesar 49 kg, 108 kg, 153 kg, 18 kg, 9 kg, 5 kg, dan 5 kg dalam satu kali pemesanan.

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, diketahui bahwa plot data historis penggunaan bahan baku plastik menunjukkan grafik yang cenderung musiman (seasonal) sehingga dilakukanlah peramalan dengan metode Time series. Setelah dilakukan peramalan, selanjutnya dilakukan verifikasi dengan perhitungan nilai eror menggunakan metode MSE, MAD, dan MAPE, didapatkan bahwa metode Double Exponential Smoothing memiliki nilai error terkecil yaitu sebesar 3241,32 untuk MSE, error MAD sebesar 37,67, dan error MAPE sebesar 8,14%. Kemudian dilakukan uji validasi untuk melihat apakah data hasil peramalan berada diluar batas kendali atau tidak, dan hasil akhirnya adalah seluruh data berada di dalam batas kendali UCL dan LCL, sehingga hasil peramalan valid dan dapat digunakan. Hasil peramalan yang

didapatkan dengan metode Double Exponential Smoothing adalah Januari sebesar 407 kg, Februari sebesar 402 kg, Maret sebesar 398 kg, April sebesar 394 kg, Mei sebesar 389 kg, Juni sebesar 285 kg, Juli sebesar 380 kg, Agustus sebesar 376 kg, September sebesar 371 kg, Oktober sebesar 367 kg, November sebesar 363 kg, dan Desember sebesar 368 kg.

2. Berdasarkan perhitungan dan service level PT Unitex adalah sebesar 99%, maka usulan safety stock persediaan bahan baku untuk produksi benang AC 40 untuk periode Januari - Desember 2023 yaitu untuk jenis kapas Australia 39 kg, kapas Greek 23 kg, kapas Brazil 43 kg, kapas Supima 27 kg, kapas Egytian 38 kg, Polyester ECO 18 kg, dan Ester Tifico 6 kg
3. Maksimum persediaan bahan baku untuk periode Januari – Desember 2023 untuk jenis kapas Australia 138 kg, kapas Greek 240 kg, kapas Brazil 349 kg, kapas Supima 63 kg, kapas Egytian 56 kg, Polyester ECO 29 kg, dan Ester Tifico 16 kg. Sedangkan minimum persediaan bahan baku untuk periode Januari – Desember 2023 untuk jenis kapas Australia 88 kg, kapas Greek 131 kg, kapas Brazil 196 kg, kapas Supima 45 kg, kapas Egytian 47 kg, Polyester ECO 23 kg, dan Ester Tifico 11 kg
4. Usulan kebijakan pemesanan bahan baku untuk produksi benang AC 40 dalam sekali pesan untuk kapas Australia 50 kg, kapas Greek 109 kg, kapas Brazil 153 kg, kapas Supima 18 kg, kapas Egytian 9 kg, Polyester ECO 6 kg, dan Ester Tifico 5 kg

DAFTAR PUSTAKA

- Aningtyas, V. (2021). *Persediaan Bahan Baku*.
 Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
 Biri, R., Langi, Y. A., & Paendong, M. S. (2013). *Penggunaan Metode Smoothing Eksponensial Dalam Meramal Pergerakan Inflasi Kota Palu*.
 Buffa, E. S. (1994). *Manajemen Produksi/Operasi*. Jakarta: Erlangga.
 Croston, J. (1972). *Forecasting and Stock Control for Intermitten Demands*. Science Direct, 5.
 Darmanto. (2019). *Perbandingan Metode Multiplicative, Additive, dan Double Seasonal Holt Winters untuk Prediksi Penjualan Mobil*.
 Harjanto, E. (2019). *Tujuan Persediaan*. Jakarta: Salemba empat
 Hartini, S. (2011). *Teknik mencapai Produksi Optimal*. Bandung: CV Lubuk Agung.

- Heizer, R. (2021). Jenis-Jenis Persediaan. UIN SUSKA.
- Herjanto, E. (2007). Manajemen Operasi. Jakarta: PT. Gramedia.
- Herlan Sutisna, C. M. (2021). Implementasi Metode ROP Pada Perancangan Sistem Informasi Persediaan Produk Kecantikan pada CV BK Tasikmalaya.
- Indrajit, R. E., & Djokopranoto, R. (2003). Strategi Manajemen Pembelian dan Supply Chain. Jakarta: Grasindo.
- Katiandagho, I. G., & Trisyanto, R. (2021). Analisis dan Perancangan ROP, EOQ, Safety Stock Sistem Pengendalian Persediaan Bahan Baku pada Rumah Makan Bubur Ayam Citarasa.
- Makridakis, W. d. (2003). Metode dan Aplikasi Peramalan. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Maulidah, S. (2013). Peramalan Permintaan. Jakarta: Grasindo
- Medina, I. Z. (2017). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ) pada PT XYZ.
- Nur, I. (2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi persediaan bahan baku karet pada PT P&P Bangkinan.
- Pardede, P. M. (2005). Manajemen Operasi dan Produksi. Yogyakarta: PT ANDI.
- Pradhana, F. (2013). Forecasting.
- Pramita. (2019). Pengertian Persediaan.
- Prihatiningsih, R. D. (2005). Penentuan Metode Peramalan dan Persediaan Pengaman Bahan Baku di PT Sri Rejeki Isman Sukoharjo. 4.
- Robbiarni, D. (2004). Perkembangan Teknik Metode Peramalan. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sabrina, P. A. (2021). Analisa Pengendalian Persediaan Bahan Baku Garam Beryodium Guna Mengoptimalkan Biaya Persediaan dengan Menggunakan Metode Min-Max Stock dan Fuzzy Time series.
- Safitri, D. (2018). Manajemen Persediaan.
- Scroeder, G., & Rungtusanatham. (2007). Operations Management: Contemporary and Cases 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill.
- Setiyanto, R. (2019). Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Studi Kasus di Vahncollections. SISFOTEK GLOBAL.
- Sofyan. (2013). Penerapan Metode Peramalan pada Permintaan Sawit di PT ABC.
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: CV Alfabeta.
- Taylor, B. W., & Russell, S. R. (2013). Operations and Supply Chain Management (8th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.