

Peramalan Deret Berkala dalam Mengurangi *Bullwhip Effect* pada Sistem Rantai Pasok Komoditas Sawit pada PTPN VII, Lampung, Indonesia

(Forecasting Periodic Series to Reduce the Bullwhip Effect in Palm Oil Commodity Supply Chain System in PTPN VII, Lampung, Indonesia)

Dwiki Subagdja Darmawan, Andhyka Tyaz Nugraha[♥], Rizqi Wahyudi

Industrial Engineering Study Program, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

[♥]Corresponding author email: andhyka.nugraha@ti.its.ac.id

Article history: submitted: April 12, 2022; accepted: May 23, 2022; available online: June 29, 2022

Abstract. The purpose of this study was to investigate whether the bullwhip effect (BE) occurs in CPO production at PTPN VII Unit Bekri, Lampung. Moreover, we make forecasting for the demand of CPO Products using the Double Moving Average (DMA) method and the Double Exponential Smoothing (DES) method as well as comparing the forecast result from both of these methods based on the lowest Mean Absolute Error (MSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) values. The monthly data on CPO production and sales for the period 2019 – 2021 is used for forecasting demand of CPO products. Our result shows that the initial BE value (1.08) is higher than a parameter value (1.04) and it indicates occurs BE on CPO production in PTPN VII Unit Bekri, Lampung. Furthermore, our findings also found that the value of MSE and MAPE from using the DMA method is lower than the DES method. Based on the results of this study, it is also expected to contribute references related to the application of forecasting methods in order to minimize BE. The DES method can be used to minimize BE that occurs in PTPN VII bekri units, based on the results of the analysis the DES method can reduce the BE value by 0.09.

Keywords: *bullwhip effect*; DES; DMA; forecasting

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terjadi efek cambuk (BE) pada produksi CPO di PTPN VII Unit Bekri, Lampung. Selain itu, kami melakukan peramalan permintaan Produk CPO menggunakan metode Double Moving Average (DMA) dan metode Double Exponential Smoothing (DES) serta membandingkan hasil peramalan dari kedua metode tersebut berdasarkan Mean Absolute Error (MSE) terendah dan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Data bulanan produksi dan penjualan CPO periode 2019 – 2021 digunakan untuk peramalan permintaan produk CPO. Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa nilai BE awal (1,08) lebih tinggi dari nilai parameter (1,04) dan hal ini mengindikasikan terjadinya BE pada produksi CPO di PTPN VII Unit Bekri, Lampung. Selanjutnya, temuan kami juga menemukan bahwa nilai MSE dan MAPE dari penggunaan metode DMA lebih rendah dibandingkan dengan metode DES. Berdasarkan hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menyumbangkan referensi terkait dengan aplikasi metode peramalan dalam rangka meminimalisir BE. Metode DES dapat digunakan untuk meminimalisir BE yang terjadi di PTPN VII unit bekri, berdasarkan hasil analisis metode DES dapat menurunkan nilai BE sebesar 0,09.

Kata kunci: efek cambuk; DES; DMA; peramalan

PENDAHULUAN

Perkembangan luas area perkebunan sawit Indonesia tahun 2020 mengalami peningkatan melebihi 0.75% dari tahun 2016, dimana peningkatan luas area tersebut berdampak pada produksi CPO. Pada tahun 2020 produksi CPO mengalami peningkatan signifikan sebesar 70% dari total produksi CPO pada tahun 2016. Berdasarkan status kepemilikan perkebunan kelapa sawit pada tahun 2020, 60,22% dimiliki oleh swasta, sementara 34,62 % merupakan perkebunan

rakyat dan sisanya merupakan milik negara (BPS, 2020).

Provinsi Lampung berada di urutan ke delapan terbesar yang memproduksi CPO. Berdasarkan data dari BPS tahun 2020 Provinsi Lampung telah memproduksi CPO dengan jumlah produksi 27.862 ribu ton dari aspek perkebunan milik negara (BPS, 2020). Salah satu badan usaha milik negara yang bergerak di bidang industri sawit di Provinsi Lampung adalah PTPN VII. Pada proses kegiatan di suatu industri biasanya memiliki berbagai macam permasalahan, seperti

permasalahan kecil atau permasalahan yang berdampak besar pada setiap industri tersebut (Anas, 2015).

Industri kelapa sawit PTPN VII pada umumnya memiliki sebuah jaringan distributor atau biasa disebut *Supply Chain Management* (SCM) (PT Perkebunan Nusantara VII, 2020). *Supply chain management* berperan dalam aliran bahan baku masuk hingga bahan baku tersebut diolah dan menjadi produk jadi atau bahan setengah jadi. Dalam penerapannya, *supply chain management* menghadapi beberapa tantangan permasalahan (Rahayu & Yuliana, 2019). Adapun beberapa diantaranya adalah waktu tanggap, variasi produk, *bullwhip effect* dan perbedaan ukuran lot (Setijadi, 2017). Salah satu permasalahan yang banyak ditemukan adalah terjadinya *Bullwhip Effect*.

Bullwhip effect merupakan permasalahan perbedaan *variabilitas* dan terjadi fluktuasi permintaan dari distributor ke manufaktur (Rahayu & Yuliana, 2019; Wahyudi et al., 2021). Kajian Arifin (2018) mengatakan bahwa permasalahan *bullwhip effect* penting untuk dianalisis bagi suatu perusahaan karena dampak dari permasalahan tersebut secara tidak langsung akan melibatkan *supplier*, distributor dan *retailer* karena akan berdampak pada *safety stock* sehingga akan menyebabkan tidak efisien. Pendapat yang saya juga disampaikan oleh Wang (2019), ia menyatakan bahwa *bullwhip effect* banyak menyebabkan kerugian karena menyebabkan permintaan yang tidak stabil sehingga berdampak pada ketidak akuratan permintaan aktual.

Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya *bullwhip effect* seperti *rationing and shortage gaming Updating*, *Forward buying*, *Order Batching* dan *Demand Forecast* (Perdana, 2015). Pembaruan perkiraan permintaan atau *Demand Forecast Update* adalah *update* dari *demand forecast* yang mempengaruhi tingkat akurasi *forecasting*, *Order Batching* yaitu distorsi yang terjadi akibat pengecer menjual produk dengan jumlah yang sedikit kemudian melakukan pemesanan dengan jumlah yang

cukup besar, penyebab lainnya adalah harga yang tidak konsisten atau fluktuasi pengecer melakukan pemesanan produk dalam jumlah yang besar sebagai bentuk respon terhadap penjualan yang meningkat akibat penurunan harga, dan penyebab permasalahan yang terakhir adalah *shortage gaming and rationing* yaitu adanya *gaming* atau “permainan” yang dilakukan oleh pengecer dengan menimbun produk dan mengakibatkan kelebihan dan kekurangan stok.

Table 1. Pangsa pasar komoditas Kelapa Sawit PTPN VII tahun 2016-2020.

Tahun	Indonesia	Dunia
2016	0,63%	0,38%
2017	0,35%	0,19%
2018	0,29%	0,16%
2019	0,26%	0,15%
2020	0,25%	0,14%

Permasalahan *bullwhip effect* ditandai dengan terjadinya fluktuasi permintaan yang berdampak pada persediaan barang (Parwati et al., 2020). Dapat dilihat pada tabel 1 terdapat indikasi permintaan yang tidak stabil dalam lima tahun terakhir, pangsa pasar komoditas sawit PTPN VII di Indonesia di tahun 2020 mengalami penurunan sebesar 60% dari tahun 2016, sehingga berdasarkan hal tersebut dapat diindikasikan bahwa terjadi *bullwhip effect* di PTPN VII. Permasalahan *bullwhip effect* di PTPN VII tidak sepenuhnya tidak bisa diatasi, terdapat berbagai macam metode untuk mengatasinya. Adapun cara memperkecil *bullwhip effect* adalah melakukan peramalan secara deret waktu (*time series*).

Kajian Arief (2021) dijelaskan bahwa mengurangi *bullwhip effect* dapat dilakukan peramalan, peramalan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Exponential smoothing*) dan rata-rata bergerak tunggal *Moving Average*. Namun metode tersebut tidak secara signifikan mengurangi variasi yang terjadi dan dianggap terlalu sederhana. Selanjutnya Arief (2021) mengusulkan menggunakan metode *double exponential*

smoothing dan *double moving average* mengatasi kekurangan kedua metode tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *double exponential smoothing* dan *double moving average* untuk mengurangi resiko *bullwhip effect* pada PTPN VII. Adapun *output* dari penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan pengetahuan sekaligus rekomendasi dalam rangka meminimalisir resiko *bullwhip effect* dalam proses rantai pasokan pada perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan komoditas kelapa sawit.

Sebagaimana diuraikan sebelumnya bahwa salah satu permasalahan *supply chain management* pada industri kelapa sawit adalah resiko *bullwhip effect*. *Bullwhip effect* akan berdampak pada peningkatan biaya simpan dan pesan bahan baku karena akan menimbulkan resiko kelebihan *inventory* (Nugraha et al., 2019; Rahayu & Yuliana, 2019). Terdapat empat faktor yang menjadi penyebab terjadinya *bullwhip effect*, yaitu *Forward buying*, *Order Batching*, *Demand Forecast Updating* dan *rationing and shortage gaming*. Pembaruan perkiraan permintaan atau *Demand Forecast Updating* adalah peramalan permintaan, pada faktor ini apabila hasil peramalan yang digunakan tidak dapat merepresentasikan atau mendekati jumlah permintaan sesungguhnya, tentu akan berdampak pada biaya simpan karena kelebihan produksi atau justru kekurangan produksi.

Faktor lainnya yaitu *order batching* pada faktor ini distributor akan melakukan pemesanan secara *batch* dengan terlebih dahulu mengumpulkan permintaan dari *end customer* sehingga berdampak pada pemesanan secara besar-besaran pada suatu periode yang dapat menyebabkan tingginya *fluktuasi* sehingga perusahaan tidak dapat memenuhi pesanan karena keterbatasan jumlah produksi.

Faktor ketiga adalah *forward buying*, pada faktor ini ketika terjadi penurunan harga suatu produk, konsumen akan merespon dengan membeli produk tersebut secara

besar-besaran atau berlebihan dan melebihi jumlah yang diramalkan, kemudian pabrik merespon dengan membeli bahan baku tambahan hal ini akan menyebabkan penumpukan di gudang dan permintaan yang berlebihan tersebut tidak mencerminkan pola konsumsi konsumen. Faktor yang terakhir adalah *rationing and shortage gaming* pada faktor ini terdapat “oknum” atau seseorang yang melakukan “permainan” hal tersebut berakibat pada permintaan pasar yang sebenarnya tidak dapat diketahui oleh pabrik sehingga terjadi kekacauan di pasaran seperti kekurangan atau kelebihan stok. Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut, adapun merumuskan masalah yang akan dibahas yaitu. Pertama, peneliti ingin mengetahui apakah terjadi *bullwhip effect* di PTPN VII tepatnya di unit Bekri. Kedua, peneliti ingin mengetahui metode mana yang menghasilkan MSE dan MAPE terkecil. Dan yang terakhir peneliti ingin mengetahui bagaimana mengurangi *bullwhip effect* yang terjadi di PTPN VII unit Bekri dengan metode deret berkala.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PT Perkebunan Nusantara VII tepatnya di pabrik Bekri Kabupaten Lampung Tengah, pada bulan Desember tahun 2021 sampai bulan Februari tahun 2022. Fokus utama pada penelitian ini adalah pada produk CPO. Penelitian ini menggunakan data penjualan dan data produksi pada produk CPO yang dihasilkan dari pabrik Bekri dan dianalisis terjadinya *bullwhip effect* pada produk tersebut serta dampaknya terhadap aliran rantai pasok pabrik Bekri. Batasan lainnya adalah penelitian ini hanya fokus pada satu produk yang dihasilkan yaitu CPO, produk ini nantinya akan menjadi objek utama yang akan dikaji secara lebih mendalam.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Teknik pengambilan data yang digunakan adalah berasal dari data *historis* perusahaan PTPN VII unit Bekri. Data yang diambil adalah data produksi dan penjualan *crude palm oil* (CPO) pada 36

periode (bulan) terakhir, satuan data yang diambil adalah ton. Pada dasarnya pengumpulan data penelitian hampir sebagian besar didapatkan ketika pelaksanaan penelitian secara offline di pabrik, namun juga dapat dikumpulkan secara online melalui studi literatur dan dokumentasi. Pengumpulan data yang dilakukan secara teliti dan lengkap akan sangat membantu penulis dalam pembuatan laporan.

Setelah data didapatkan kemudian dilakukan pengolahan dari data yang didapat dengan melakukan uji pola data dan juga imputasi untuk mengisi kekosongan data. Selanjutnya adalah perhitungan *bullwhip effect* hal tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat parameter *bullwhip effect* dan terjadinya *bullwhip effect* pada perusahaan PTPN VII unit Bekri. Kemudian penulis melakukan analisis data dengan menggunakan metode kuantitatif yang telah ditentukan yaitu *double exponential smoothing* dan *double moving average*. Pada masing-masing metode dilakukan pengolahan data sesuai dengan spesifikasi pada setiap metode untuk melakukan peramalan. Adapun rumus untuk menghitung *bullwhip effect* adalah

$$BE = \frac{CV_o}{CV_d} \quad (1)$$

Dimana:

- a. Koefisien variasi order

$$CV_o = \frac{S_o}{M_{uo}} \quad (2)$$

- b. Koefisien variasi demand

$$CV_d = \frac{S_d}{M_{ud}} \quad (3)$$

Adapun keterangan dari model persamaan 1,2 dan 3 adalah BE merupakan *bullwhip effect*, M_{ud} adalah nilai rata-rata *demand*, koefisien variasi order disimbolkan dengan CV_o , S_d adalah standar deviasi *demand*, koefisien variasi *demand* disimbolkan CV_d , standar deviasi order disimbolkan dengan S_o dan nilai rata-rata

order disimbolkan M_{uo} . Permasalahan *Bullwhip Effect* tentunya akan berdampak pada aliran rantai pasok suatu perusahaan.

Dalam mengetahui apakah nilai BE dapat dikatakan baik atau tidaknya dalam suatu perusahaan maka diperlukan sebuah parameter untuk mengetahuinya (Fadlillah, 2011). Kajian Ervinasari (2008) menjelaskan bahwa parameter merupakan suatu tolak ukur untuk menguji kebenaran apa yang telah ada. Berdasarkan kajian dari Arifin (2018) menyebutkan bahwa rumus yang dapat digunakan untuk menentukan digunakan dalam parameter BE adalah:

$$BE \geq 1 + \frac{2L}{P} + \frac{2L^2}{P^2} \quad (4)$$

Adapun keterangan dari persamaan 4 antara lain adalah L adalah *lead time* yang terjadi dari pemesanan barang hingga penerimaan barang dan P merupakan periode pengamatan atau observasi yang dilakukan. Secara sederhana pada persamaan 4 menjelaskan bahwa apabila nilai BE lebih besar atau sama dengan nilai parameter maka nilai BE tidak terlalu baik atau terjadi peningkatan variabilitas antara produksi dan penjualan (Arifin, 2018).

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *double moving average* dan *double exponential smoothing brown*, metode tersebut merupakan metode peramalan yang dapat digunakan. Studi Sinaga (2018) menyebutkan mengenai rumus *double exponential smoothing brown* digambarkan secara matematis:

1. Menentukan smoothing pertama.

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (5)$$

2. Menentukan smoothing kedua.

$$S''_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (6)$$

3. Menentukan besarnya konstanta a.

$$\alpha_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (7)$$

4. Menentukan besarnya slope.

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (8)$$

5. Menentukan besarnya *forecast*

$$F_{t+p} = \hat{Y}_{t+p} = \alpha_t + b_t P \quad (9)$$

Keterangan dari setiap simbol pada persamaan 5, 6, 7, 8 dan 9 antara lain F_{t+m} adalah mencari peramalan di periode berikutnya, a_t adalah Nilai konstanta a, X_t adalah Data aktual dari periode ke-t, $S't$ adalah nilai pemulusan tunggal, $S''t$ adalah Nilai pemulusan ganda, b_t adalah Nilai konstanta b, m merupakan periode masa mendatang, t merupakan waktu atau periode dan α adalah konstanta dengan nilai antara 0 dan 1.

Kajian Sari (2021) menyebutkan bahwa metode *double moving average* adalah metode yang dapat mengatasi kekurangan metode *moving average* karena pada metode ini lebih memperhitungkan pola trend dan 2 kali melakukan *moving average*. Metode *double moving average* dirancang untuk data deret waktu dengan pola berkecenderungan atau adanya *trend* linier (Hatimah et al., 2013).

Adapun rumus matematis yang dapat digunakan pada penelitian ini didasarkan pada kajian Sinaga (2018) sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata bergerak pertama

$$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n-1}}{n} \quad (10)$$

2. Menghitung rata-rata bergerak kedua.

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-n-1}}{n} \quad (11)$$

3. Menentukan besarnya nilai konstanta.

$$\alpha_t = 2M_t - M'_t \quad (12)$$

4. Menentukan besarnya slope.

$$b_t = \frac{2}{n-1}(M_t - M'_t) \quad (13)$$

5. Menentukan besarnya *forecast*

$$\hat{Y} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n-1}}{n} \quad (14)$$

M'_t merupakan rata-rata bergerak kedua pada periode t, P adalah jumlah periode ke depan yang akan diramalkan, M_t adalah rata-rata bergerak periode t, Y_t adalah nilai

sebenarnya pada periode t, n adalah jumlah periode dalam *moving average*. \hat{Y} adalah peramalan pada periode berikutnya. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n} \quad (15)$$

Selain menghitung MSE, perhitungan lainnya adalah dengan menghitung nilai dari MAPE adapun rumus yang digunakan adalah:

$$MAPE = \sum_{i=1}^n \frac{|PE_i|}{n} \quad (16)$$

Adapun keterangan dari kedua rumus 15 dan 16 adalah e merupakan *error* yang terjadi pada periode ke i, n merupakan jumlah data, PE merupakan persentase *error* yang terjadi pada periode ke i.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan metode peramalan terbaik, maka diperlukan sekumpulan data yang merepresentasikan kondisi aktual suatu perusahaan. Pada penelitian ini menggunakan data penjualan dan data produksi CPO dari PTPN VII unit Bekri yang diperoleh, dikumpulkan dan didokumentasikan dari hasil observasi yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Dikarenakan pada data yang didapat terjadi kekosongan sehingga dilakukan imputasi. Pada kajian Mukaromah (2015) diketahui bahwa terdapat berbagai cara mengatasi kekosongan data yaitu imputasi, *listwise deletion* dan *pairwise deletion*. Merujuk pada kajian Mukaromah (2015) maka peneliti kemudian memutuskan untuk menerapkan imputasi dengan metode *means* dalam rangka mengatasi permasalahan kekosongan data tersebut.

Setelah melakukan imputasi, selanjutnya adalah melakukan uji normalitas. Dalam proses ini uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penjualan CPO PTPN VII unit Bekri terdistribusi secara normal atau tidak. Pada uji normalitas pada penelitian ini menggunakan metode *one*

sample kolomogorov smirnov test dengan batas nilai α 0,05. Jika nilai normalitas berada di bawah nilai α maka dapat dikatakan bahwa data tersebut tidak terdistribusi secara normal, sebaliknya jika nilai uji normalitasnya berada diatas nilai α yang digunakan maka dapat dikatakan bahwa seri data terdistribusi secara normal (Mehta & Patel, 2015). Hasil uji normalitas pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Table 2. Hasil uji normalitas

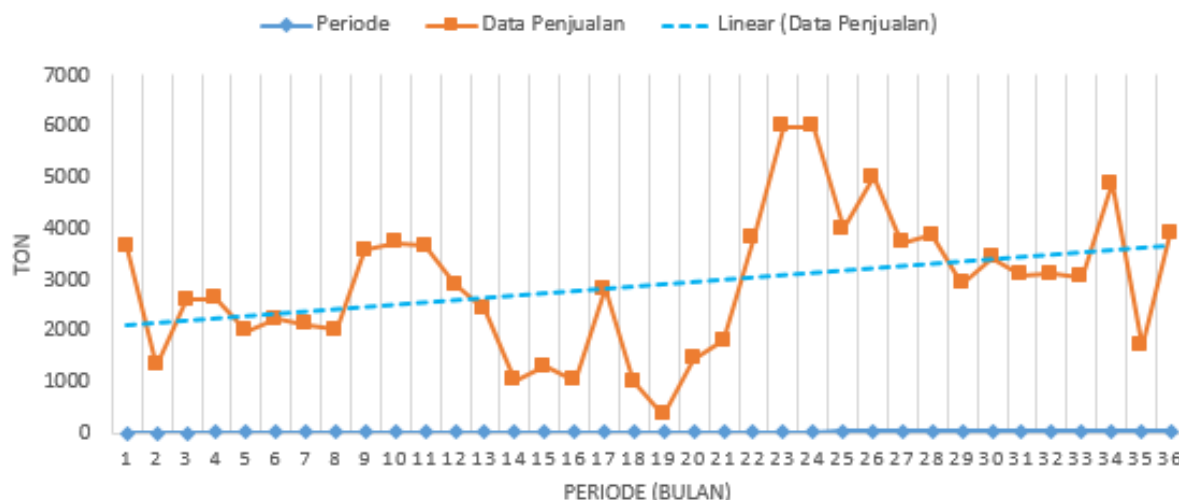
Keterangan		Hasil	
N		36	
Normal Parameters	Mean	2891,08	
	Std. Deviation	1362,29	
	Most Absolute	0,097	
Extreme Differences	Positive	0,097	
	Negative	0,055	
Test Statistic		0,097	
Asym. Sig. (2-tailed)		0,200	
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig 99%	0,944	
	Confidence Interval	Lower Bound	0,846
		Upper Bound	1000
		Bound	

Menurut Mehta & Patel (2015) terdapat 3 pendekatan yang dapat digunakan untuk normalitas data yaitu *Exact p values*, *monte carlo p values* dan *Asymptotic p values*. Lebih lanjut (Mehta & Patel, 2015) menjelaskan bahwa pendekatan *Asymptotic p values* dilakukan apabila data yang diberikan cukup besar. Adapun kelemahan pendekatan ini adalah tidak terlalu baik untuk mengolah

kumpulan data kecil, kumpulan data besar tetapi tidak seimbang, dan kumpulan data jarang. Selanjutnya karakteristik pendekatan *Exact p values* adalah lebih akurat digunakan untuk data yang besarnya kecil, namun jika besaran datanya besar maka akan terjadi gangguan saat pengujian p values. Berbeda dari kedua pendekatan sebelumnya, dalam menggunakan pendekatan *monte carlo* tidak memerlukan syarat dalam menggunakannya (Mehta & Patel, 2015). Pada Tabel 2 didapatkan hasil pengujian normalitas dengan nilai $0,94 > 0,05$ Sehingga data tersebut dianggap sudah berdistribusi normal.

Pola data merupakan informasi yang cukup penting yang dibutuhkan untuk dapat melihat *trend* yang terjadi pada suatu data. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pola data penjualan berfluktuasi sepanjang periode yang digunakan pada penelitian ini. Penjualan terkecil terjadi pada periode ke sembilan belas tepatnya pada bulan juli tahun 2020 dengan jumlah 354 ton, kemudian penjualan terbesar terjadi pada periode kedua tiga dan dua empat atau pada bulan November dan Desember tahun 2020 dengan jumlah 5.998 ton.

Gambar 1 juga menggambarkan bahwa meskipun data penjualan mengalami fluktuasi, namun secara linear mengalami *trend* peningkatan. Berdasarkan dari pola *trend* peningkatan ini maka disimpulkan bahwa metode *Double moving average* dan *double exponential smoothing* dapat diaplikasikan untuk peramalan.



Gambar 1. Pola data penjualan

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh nilai parameter sebesar 1,04. Hasil tersebut didapatkan dari total waktu pengamatan dua tahun terakhir atau 730 hari. Parameter tersebut digunakan sebagai tolak ukur terjadinya BE pada suatu perusahaan (Bestariani, 2019). Apabila nilai BE lebih kecil dari 1,04 menandakan permintaan masih stabil atau *TRUE*, sebaliknya jika nilai BE melebihi 1,04 maka dapat dikatakan bahwa terjadi *amplifikasi* permintaan pada produk CPO atau *FALSE* (Bestariani, 2019). Setelah menentukan parameter, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai BE.

Pada tahapan ini pengukuran nilai BE dengan menggunakan data bulanan jumlah produksi dan penjualan selama periode 2020 hingga 2021. Nilai BE merupakan hasil perbandingan nilai koefisien variansi *order* (produksi) dan koefisien variansi *demand* (penjualan) yang diperoleh dari hasil perhitungan persamaan 2. Kemudian berdasarkan perhitungan dengan persamaan 1 diperoleh nilai BE sebesar 1,08.

Tabel 3. Perbandingan nilai BE

Keterangan	Rata-rata	Stadev	Koef	BE
Produksi	2.842	1.590	0,56	1,08
Penjualan	2.985	1.543	0,52	

Hasil perbandingan nilai BE pada Tabel 3. Perbandingan nilai BE menunjukkan bahwa nilai BE lebih besar dibandingkan

nilai parameter BE ($1,08 > 1,04$). Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan terjadi *amplifikasi* permintaan pada produk CPO di PTPN VII unit Bekri. Selanjutnya dilakukan proses peramalan menggunakan metode DES dan DMA. Pada metode *Double moving average* (DMA) penerapan pemulusan atau rata-rata bergerak dilakukan sebanyak dua kali. Metode DMA dapat digunakan bila data deret waktu menunjukkan *trend* pergerakan. Tahap awal dalam menggunakan metode DMA untuk peramalan adalah menentukan *orde* yang akan digunakan. Penentuan *orde* yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik *trial and error* menggunakan aplikasi Zaitun *time series*. Perbandingan nilai error dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan nilai error DMA

Orde Waktu	Nilai MSE
2	2.150.631
3	2.209.243
4	2.681.806
5	3.077.900
6	3.324.230
7	3.856.122
8	4.142.000
9	4.714.008
10	4.859.414

Pada Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa nilai *Mean Square Error* (MSE) didapatkan dari persamaan 15. Adapun nilai terkecil

berada pada orde kedua dengan nilai MSE sebesar 2.150.631. Nilai MSE mencerminkan nilai MAPE pada metode DMA, dimana nilai ini diperoleh dari selisih jumlah peramalan dengan jumlah aktual pada bulan-bulan sebelumnya (Hudiyanti et al., 2019). Pedoman kriteria penilaian MAPE dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria nilai MAPE

Nilai Mape	Kriteria
<10	Sangat baik
10 - 20	Baik
20-50	Cukup
>50	Buruk

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa jika MAPE lebih besar dari 50, maka metode tersebut masuk ke dalam kriteria buruk dan secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa hasil peramalan yang dihasilkan oleh metode tersebut buruk.

Metode selanjutnya yang digunakan dalam melakukan data *time series* (data penjualan CPO pada tiga tahun terakhir) adalah metode DES menggunakan persamaan 9. Dalam metode DES terdapat koefisien pemulusan yaitu koefisien α . Dalam menentukan α pada metode DES berbeda dengan cara menentukan orde pada metode DMA. Pada DES dapat menggunakan aplikasi zaitun *time series* sehingga secara otomatis *software* tersebut akan memilih nilai α yang menghasilkan MSE atau MSD terkecil, dapat dilihat pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai α yang digunakan adalah 0,3. Hal tersebut didasarkan karena pada MSE terkecil yaitu dengan nilai 1.673.924 yang jauh lebih kecil dibandingkan nilai α pada MSE lainnya. Dengan nilai α sebesar 0,3 didapatkan hasil MAPE sebesar 47,8. Langkah selanjutnya adalah memilih metode terbaik berdasarkan nilai MSE terkecil. Berdasarkan kriteria penilaian MAPE pada Tabel 5 maka dapat disimpulkan bahwa nilai MAPE pada Tabel 6 masuk dalam kriteria cukup bagus.

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan metode terbaik berdasarkan nilai MSE dan MAPE terkecil dari hasil perhitungan atau peramalan menggunakan metode DMA dan DES. Nilai MSE didapatkan dari hasil penjumlahan kuadrat *error*, dimana kuadrat *error* didapatkan dari perbedaan hasil peramalan dengan kondisi aktual yang kemudian dirata-ratakan. Adapun nilai MAPE didapatkan dari nilai tengah persentase kesalahan absolut. Hasil analisis metode DMA dengan menggunakan orde kedua menghasilkan nilai MAPE sebesar 59, sedangkan hasil analisis menggunakan metode DES diperoleh nilai MAPE sebesar 47,8. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai MAPE dan MSE dari *output* analisis menggunakan metode DES lebih kecil daripada nilai MAPE dan MSE dari *output* analisis menggunakan metode DMA.

Table 6. Penentuan nilai α terkecil

No	Alpha	MAE	MSE	MPE	MAPE
1	0,1	1012,55	1747672	(34,2)	55,66
2	0,2	1055,59	1721567	(26,29)	51,68
3	0,3	1013,06	1673924	(20,82)	47,8
4	0,4	974,73	1689213	(18,04)	46,4
5	0,5	1007,99	1790587	(16,71)	49,4
6	0,6	1081,06	1990412	(15,68)	52,3
7	0,7	1159	2306663	(14,33)	54
8	0,8	1244,76	2770158	(12,48)	54,9
9	0,9	1410,23	3429214	(10,09)	65,9

Tabel 7 menunjukkan hasil analisis dari metode DES, yaitu metode yang direkomendasikan sebagai metode yang tepat digunakan untuk peramalan permintaan CPO pada PTPN VII unit Bekri.

Table 7. Perbandingan nilai *error* antara hasil metode DMA dan DES.

Metode	MSE	MAPE
DMA	4.859.414	59,0
DES	1.673.924	47,8

Berdasarkan metode DES menggunakan nilai α 0,3 maka diperoleh hasil peramalan untuk tahun 2022 dengan

menggunakan aplikasi zaitun *time series* sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil peramalan

Periode	Forecasted
Jan-22	3.304
Feb-22	3.284
Mar-22	3.264
Apr-22	3.244
May-22	3.224
Jun-22	3.204
Jul-22	3.184
Aug-22	3.163
Sep-22	3.143
Oct-22	3.123
Nov-22	3.103
Dec-22	3.083

Berdasarkan hasil peramalan pada Tabel 8. Hasil peramalandiperoleh hasil bahwa nilai permintaan mengalami penurunan sepanjang periode tahun 2022. Jumlah permintaan CPO tertinggi diprediksi terjadi pada bulan januari 2022 yaitu sebesar 3.304 ton CPO, sementara jumlah permintaan CPO terendah diprediksi terjadi pada bulan desember 2022 dengan jumlah permintaan sebesar 3.083 ton.

Dalam rangka melihat dampak atau pengaruh dari penerapan peramalan permintaan terhadap BE maka langkah selanjutnya adalah melihat perubahan BE yang terjadi jika perencanaan produksi CPO sesuai dengan *output* dari peramalan. Perencanaan produksi CPO sesuai dengan hasil peramalan maka nilai BE yang diperoleh adalah sebesar 0,99. Nilai ini jauh dibawah nilai parameter BE yaitu sebesar 1,04 (Lihat Tabel 9), sehingga dapat digambarkan bahwa jika perencanaan produksi CPO sesuai dengan nilai peramalan maka tidak terjadi *amplifikasi* permintaan produksi CPO pada PTPN VII unit Bekri.

Table 9. Nilai parameter

<i>Lead Time</i> (L)	14	Hari
Periode (P)	730	Hari
Nilai Parameter	1,04	

Adapun perubahan nilai BE dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan nilai BE

Keterangan	Rata-rata	stadev	Koef	BE
Produksi	2.842	1.590	0,564	0,99
Forecast	2.977	1.679	0,560	

Berdasarkan hasil Tabel 10 maka disimpulkan bahwa penerapan metode peramalan, khususnya dengan menggunakan metode DES, penting untuk dilakukan dalam rangka meminimalisir dan menghindari terjadinya *over production* atau *bullwhip effect* terhadap jumlah permintaan. Lebih lanjut, penerapan peramalan permintaan juga berfungsi untuk mengefisienkan biaya dan kegiatan produksi CPO pada PTPN VII unit Bekri. Dengan kata lain, PTPN VII unit Bekri mampu untuk melakukan proses produksi sesuai dengan jumlah permintaan dan kapasitas penyimpanan CPO yang dimiliki.

SIMPULAN

Hasil perhitungan dan analisis nilai BE dengan data produksi dan penjualan CPO PTPN VII unit Bekri menunjukkan bahwa nilai BE melebihi nilai parameter BE. Hasil ini menunjukkan adanya *amplifikasi* atau terjadinya kelebihan jumlah produksi CPO di PTPN VII unit Bekri selama periode 2019-2021. Berdasarkan peramalan menggunakan metode DMA dan DES diperoleh temuan bahwa nilai MSE dan nilai MAPE dari metode DES lebih kecil dari nilai MSE dan MAPE dari metode DMA. Hasil ini menjawab tujuan kedua pada penelitian ini dengan kesimpulan bahwa peramalan menggunakan metode DES jauh lebih baik daripada metode DMA. Berdasarkan hasil peramalan menggunakan metode DES, diperoleh nilai BE jauh lebih rendah apabila PTPN VII unit Bekri menerapkan perencanaan produksi CPO sesuai dengan nilai yang direkomendasikan dari hasil peramalan menggunakan metode tersebut. Dengan kata lain, peramalan dengan metode DES

secara tidak langsung meminimalisir resiko terjadinya *amplifikasi* atau kelebihan produksi CPO pada PTPN VII unit Bekri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, A. S. (2015). Efek Domino Bullwhip Effect Supply Chain Management pada Manajemen Perguruan Tinggi (Studi Kasus: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Lombok). *Jurnal Sentra Penelitian Engineering Dan Edukasi*, 7(4), 63–69.
- Arief, S. (2021). Pengurangan Bullwhip Effect Pada Sistem Rantai Pasok Menggunakan Peramalan Deret Berkala. *Jurnal Teknik Industri UNISI*, 5(1), 1–7.
- Arifin, S. (2018). Analisa Bullwhip Effect Dengan Pendekatan Metode Peramalan Exponential Smoothing Pada Produk Optimal. *Jurnal UII*, 4(6), 10–19.
- Bestariani, R. (2019). Bullwhip Effect Pada Produk Springbed Di Ritel Ardhie. *Jurnal ITN*, 2(4), 144–148.
- BPS. (2020). Indonesian Oil Palm Statistics 2020. *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian*.
- Ervinasari, R. Y. (2008). *Analisis Pelatihan Dalam Upaya Mengoptimalkan Kinerja Pada Daarul Jannah Cottage Syariah* [Pasundan]. [http://repository.unpas.ac.id/30612/7/Skripsi BAB III - Wuri.pdf](http://repository.unpas.ac.id/30612/7/Skripsi%20BAB%20III%20-%20Wuri.pdf)
- Fadlillah, B. (2011). Upaya Meminimasi Bullwhip Effect Pada Supply Chain Dengan Perbaikan Sistem Pemesanan Guna Mendapatkan Biaya Pemesanan Yang Optimal. *Jurnal UII*, 11(2), 1–21.
<http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>
- Hatimah, I., Wahyuningsih, S., & Sifriyani. (2013). Perbandingan Metode Double Moving Average dan Pemulusan Eksponensial Ganda dari Holt dalam Peramalan Harga Saham. *Jurnal ISNUL*, 6(8), 103–107.
- Hudiyanti, C. V., Bachtiar, F. A., & Setiawan, B. D. (2019). Perbandingan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara di Bandara Ngurah Rai. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2667–2672.
- Mehta, C. R., & Patel, N. (2015). SPSS exact tests. *Journal IBM SPSS*, 8(1), 3–27.
- Mukarromah, Ilhamsyah, & Martha, S. (2015). Perbandingan Imputasi Missing Data Menggunakan Metode Mean Dan Metode Algoritma K-Means. *Jurnal Buletin Ilmiah Mat. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 04(3), 305–312.
- Nugraha, A. T., Fitri, H., Widiyanti, M., Guntoro, R., & Sulastri. (2019). The role of the risk management committee in managing supply chain risk and enhancing supply chain performance: An emerging market perspective. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(1), 319–327.
<https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/2898/1409>
- Parwati, C. I., Wisnubroto, P., & Kahfi, R. A. N. (2020). Pengurangan Bullwhip Effect Dengan Menggunakan Metode Periodic Review. *Gaung Informatika*, 13(4), 97–106.
- Perdana, Y. R. (2015). Analisis Permintaan Produk Dengan Menggunakan Metode Bullwhip Effect Di Industri Kecil Obat Tradisional. *Jurnal Seminar Nasional IENACO*, 296(2000), 289–294.
- PT Perkebunan Nusantara VII. (2020). *Annual Report 2020*.
- Rahayu, S., & Yuliana, P. E. (2019). Analisis Pengaruh Penerapan Metode DRP Terhadap Bullwhip Effect Pada Rantai Suplai. *Journal of Information*

System, Graphics, Hospitality and Technology, 1(2), 42–46.

- Sari, I. K. (2021). Perbandingan Metode Double Moving Average Dan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Jumlah Penduduk Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Walisongo*, 7(3), 4–89.
- Setijadi. (2017). Karakteristik dan permasalahan rantai pasok. *Jurnal Supply Chain Indonesia*, 8(2), 1–10.
- Sinaga, H. D. E., & Irawati, N. (2018). Perbandingan Double Moving Average Dengan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan. *Jurnal Stmikroyal*, 4(2), 197–204.
- Wahyudi, R., Iqbal, M., & Sunarti, S. (2021). Enhancing Textile Industry's Employee Satisfaction through Market Sensing Capability and Internal Marketing Practice. *Bina Teknika*, 17(1), 23–35.
<https://doi.org/10.54378/bt.v17i1.2872>
- Wang, X. (2019). The Bullwhip Effect is an Increasing Function of the Lead Time. *Journal IFAC Papers OnLine*, 52(13), 2297–2302.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.548>