



## Analisis *Bullwhip Effect* Pada *Supply Chain Product High Purity Acrylic Acid* Dengan Menggunakan Metode Peramalan

Christian Agil Agustinus, Supriyadi

Program Studi Teknik Industri, Universitas Serang Raya, Jl. Raya Cilegon Km. 5, Kota Serang, Banten 42162, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Kata kunci

*Bullwhip Effect*  
*Exponential Smoothing*  
 Metode Peramalan  
*Moving Average*  
*Supply Chain*

#### Keywords

*Bullwhip Effect*  
*Exponential Smoothing*  
*Forecasting Method*  
*Moving Average*  
*Supply Chain*

### ABSTRAK

Permasalahan *bullwhip effect* yang terjadi akibat ketidakmampuan merespon permintaan konsumen dengan baik, kurangnya koordinasi dan kemampuan dalam membaca situasi *supply chain* produk yang ada, menyebabkan munculnya ketidakakuratan permintaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya *bullwhip effect* (BE), biaya tambahan yang muncul akibat adanya fenomena tersebut pada produk dan mencari cara pengendaliannya. Penelitian ini dilakukan dengan *forecasting method* atau metode peramalan. Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan petrokimia tentang produk *High Purity Acrylic Acid* (HPAA). Data yang dikumpulkan kemudian diramalkan dengan metode peramalan *moving average*, dan *exponential smoothing*, dimana data diolah dengan software Minitab yang mana metode peramalan *exponential smoothing* yang terpilih dengan nilai  $\alpha$  0,4 memperoleh nilai MAPE paling kecil yaitu 1,711%. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan nilai BE atau ketidakpastian permintaan konsumen menurun dari 1,024 menjadi 0,988 dengan tingkat persentase penurunan sebesar 3,5%, dan total produksi aktual tahun 2022 sebesar 1092,35 ton, selisih 0,46 ton dari hasil peramalan yaitu 1091,89 ton, berdasarkan hasil peramalan tersebut didapat hasil efisiensi biaya produksi sebesar Rp 19.176.478 dari periode tahun 2021.

### ABSTRACT

The *bullwhip effect* problem that occurs due to the inability to respond well to consumer demand, lack of coordination and ability to read the existing product *supply chain* situation, causes inaccurate demand. This study aims to determine the causes of the *bullwhip effect* (BE), the additional costs that arise due to the phenomenon on the product and find ways to control it. This research was conducted using *forecasting method*. This research was conducted at one of the petrochemical companies on *High Purity Acrylic Acid* (HPAA) products. The data collected is then forecasted using the *moving average forecasting method*, and *exponential smoothing*, where the data is processed with Minitab software where the selected *exponential smoothing forecasting method* with an  $\alpha$  value of 0.4 obtains the smallest MAPE value of 1.711%. Based on the results of the study, it can be concluded that the results of forecasting the value of BE or the uncertainty of consumer demand decreased from 1.024 to 0.988 with a percentage rate of decrease of 3.5%, and the actual total production in 2022 was 1092.35 tons, a difference of 0.46 tons from the forecasting results, namely 1091.89 tons, based on the forecasting results, the production cost efficiency result was IDR 19,176,478 from the 2021 period.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

christianagil12@gmail.com



© 2024. Some rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri pada era globalisasi sekarang ini semakin pesat, tingkat persaingan antar perusahaan semakin meningkat dan ketat. Menandai hal tersebut setiap perusahaan harus mampu beradaptasi untuk tetap mendapatkan tempat para pelanggan. Perusahaan dituntut harus terus mampu mempertahankan usaha yang dikelolanya. Perkembangan teknologi komunikasi dan informasi menuntut perusahaan merubah cara pandang dalam bisnisnya untuk menjadi yang terdepan dalam merebut hati konsumen dan mempunyai keunggulan kompetitif (*competitive advantages*) dari perusahaan pesaing.

Perhitungan dan perencanaan yang cukup perlu dilakukan sebelum perusahaan memulai produksi atau memasarkan produknya guna menghasilkan produk yang mampu bersaing di pasaran (Prihastono & Amirudin, 2017).

Pengelolaan persediaan produk menjadi hal yang sangat penting dan krusial bagi suatu perusahaan (Karuniawan et al., 2017; Suryani & Can, 2018). Sebuah perusahaan petrokimia di Banten dirancang dan dibangun dengan tujuan untuk memenuhi 60% kebutuhan dunia akan *Acrylic Acid* dan *Acrylic Ester*, menerapkan model bisnis *make to stock* dimana produksi dilakukan sebelum adanya *order* atau

pesanan dari *customer*. Permasalahan yang kerap dihadapi perusahaan dalam proses pemenuhan target tersebut, salah satunya adalah *supply chain* produk yang tidak berjalan dengan baik yang disebabkan oleh perubahan *sales* yang tidak sesuai dengan jadwal produksi yang direncanakan sebelumnya dan juga *sales* yang di *postpone* atau *cancel* sehingga untuk kontrol stok dan jadwal produksi sulit diprediksi. Terhitung pada periode 2021 terjadi 9 kali perubahan jadwal produksi karena masalah tersebut dan beberapa diantaranya menyebabkan 2 kali *plant stop* sementara karena kapasitas tangki produk tidak memadai jika produksi tetap berjalan. Kondisi *bullwhip effect* terjadi akibat adanya ketidakmampuan merespon permintaan konsumen dengan baik, kurangnya koordinasi dan kemampuan dalam membaca situasi *supply chain* produk yang ada, menyebabkan munculnya ketidakakuratan permintaan.

Pilihan perbaikan yang tepat guna mengatasi permasalahan *bullwhip effect* adalah dengan penerapan metode peramalan (*forecasting*) (Zhang, 2004) sehingga dapat memperkirakan penjualan secara akurat dari waktu ke waktu yang dapat digunakan untuk rencana produksi kedepan sesuai dengan hasil peramalan penjualan yang dilakukan. Data peramalan penjualan yang digunakan sebagai landasan perencanaan produksi diharapkan dapat mengatasi terjadinya *overproduction* yang mengakibatkan perusahaan mengalami *idle capital* maupun *under production* yang dapat menyebabkan perusahaan kehilangan kesempatan dalam menjual hasil produksinya. Dalam perencanaan di suatu instansi baik itu pemerintah maupun swasta, peramalan merupakan kebutuhan yang sangat mendasar. Dimana baik maupun buruknya peramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian instansi karena waktu tenggang untuk pengambilan keputusan dapat berkisar dari beberapa tahun. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Baik tidaknya suatu peramalan yang disusun, ditentukan oleh metode, informasi, maupun data yang digunakan ataupun ketepatan peramalan yang dibuat. Walaupun demikian perlu disadari bahwa suatu peramalan adalah masih suatu perkiraan (estimasi), dimana selalu ada unsur kesalahannya (*error*), sehingga yang penting diperhatikan adalah usaha untuk memperkecil kesalahan tersebut. Untuk peramalan jangka pendek, menengah maupun jangka panjang, metode yang umum digunakan adalah metode peramalan *moving average* dan *exponential smoothing* karena tingkat kecocokan data dan hasil peramalan yang dihasilkan dapat dipertanggung jawabkan, maka pada penelitian ini metode peramalan yang digunakan adalah metode *moving average* dan *exponential smoothing*.

Metode *Exponential Smoothing*, dan *Moving Average* merupakan metode peramalan yang cukup baik digunakan untuk peramalan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang dengan keunggulannya masing-masing, terutama pada tingkat operasional suatu perusahaan (Habibi & Suryansah, 2020; Tjandra *et al.*, 2021). Fristha (2019) dalam penelitiannya di PT. Armstrong Industri Indonesia menggunakan metode

*Single Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing* untuk melakukan peramalan, sedangkan untuk perencanaan agregat strategi yang digunakan antara lain *Chase Strategy*, *Level Strategy* dan *Mixed Strategy* yang kemudian dipilih strategi terbaik yang memberikan biaya produksi paling minimum. Latuny & Picauly (2019) menggunakan perhitungan *bullwhip effect* menggunakan pendekatan model *Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing* yang akan dipilih berdasarkan *Mean Absolute Deviation* dan *Tracking Signal* yang menunjukkan penurunan nilai *bullwhip effect* pada Sub Distributor yang sebelumnya 1.02 nilainya menjadi 0.18 dengan tingkat persentase penurunan sebesar 82.4%, Yanti *et al* (2016) dalam penelitiannya yang dilakukan di Perusahaan Kecap Manalagi Denpasar Bali, didapatkan metode peramalan terbaik untuk meramalkan penjualan kecap manis botol dan kecap manis refill ukuran 625 ml. Metode peramalan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan produksi untuk mencegah terjadinya *over production* yang dapat merugikan perusahaan berupa biaya penyimpanan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan terlebih dahulu melakukan penelitian pendahuluan di perusahaan untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah dan tujuan penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif, yang mengeksplorasi masalah-masalah yang mengakibatkan aliran distribusi menjadi tidak optimal, sehingga menyebabkan terjadinya ketidakefisienan dalam hal biaya dan penjualan.

Berdasarkan perhitungan nilai *Bullwhip Effect*, terjadi amplifikasi atau kenaikan produksi dalam jumlah yang cukup besar dari penjualan, yaitu sebesar  $1105,39 \text{ m}^3 > 1094,81 \text{ m}^3$ , berdasarkan koefisien variansi order lebih besar dibandingkan dengan koefisien variansi *demand* ( $0,0224 > 0,0219$ ) yang mengakibatkan kenaikan BE yang cukup besar yaitu 1,024 pada produk HPAA, selanjutnya berdasarkan perhitungan BE produk HPAA yang sudah dilakukan, maka dibuat parameter perhitungan *bullwhip effect* untuk dapat membandingkan apakah terjadi BE dan jika nilai BE lebih besar dari parameter yang ditetapkan maka perlu adanya penekanan *bullwhip effect*.

Berdasarkan data historis penjualan produk yang telah dikumpulkan, dapat dilakukan pengolahan data untuk mengetahui perkiraan penjualan produk selama 12 periode kedepan. Pengolahan data dilakukan dengan uji kecukupan data kemudian melakukan plot data, peramalan kebutuhan dengan metode peramalan, melakukan uji *verifikasi*, melakukan uji *validitas*, dan selanjutnya mengimplementasikan hasil peramalan untuk perencanaan produksi kedepannya (Arief & Supriyadi, 2018; Supriyadi & Riskiyadi, 2016).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengumpulan data penjualan produk High Purity Acrylic Acid (HPAA) periode 2021 (Tabel 1). Data penjualan produk HPAA berisi catatan jumlah penjualan produk dan *sales cancel* atau *postpone* yang dilakukan oleh

divisi *Production Planning Schedule* (PPS) selama periode tersebut. Data yang didapat diharapkan dapat digunakan untuk mencari nilai *bullwhip effect* terhadap penjualan produk, khususnya di masa pandemi covid-19 ini yang sangat mempengaruhi kestabilan perusahaan mulai dari penjualan produk, distribusi produk bahan proses produksi pun ikut terganggu dengan adanya gangguan distribusi bahan baku.

**Tabel 1.** Data Sales Produk HPAA Periode Januari-Desember 2021

Tanggal	Remark
17 Februari 2021	Sales Cancel
09 April 2021	Sales Cancel
29 April 2021	Sales Postpone
04 Juni 2021	Sales Postpone
05 Juli 2021	Sales Cancel
11 Agustus 2021	Sales Postpone
28 September 2021	Sales Cancel
01 November 2021	Sales Postpone
22 November 2021	Sales Postpone

Pada tahapan pengolahan data, semua data yang telah diperoleh akan diolah dan dianalisis. Pengolahan data sendiri yaitu pengolahan data *bullwhip effect* I (sebelum Peramalan), pengolahan permintaan produk untuk mendapatkan model peramalan, kemudian data *bullwhip effect* II (setelah peramalan). *Bullwhip effect* merupakan bentuk gambaran kondisi adanya distorsi informasi dan permintaan konsumen yang fluktuatif pada rantai distribusi industri, dimana adanya deviasi antara jumlah produksi dan penjualan yang menyebabkan nilai *bullwhip effect* menjadi tinggi.

**Tabel 2.** Data Perhitungan *Bullwhip Effect* Produk HPAA

Periode	Produksi m3	Penjualan m3
Januari	92,63	90,35
Februari	90,70	89,27
Maret	89,41	88,61
April	91,73	90,69
Mei	92,44	89,31
Juni	89,99	92,73
Juli	95,66	94,97
Agustus	90,32	92,53
September	91,25	89,99
Oktober	91,46	90,22
November	95,18	92,27
Desember	94,62	93,87
SUM	1105,39	1094,81
AVERAGE	92,1	91,2
SD	2,067	2,000
KV	0,0224	0,0219
BE		1,024

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 2), terjadi amplifikasi atau kenaikan produksi dalam jumlah yang cukup besar dari penjualan, yaitu sebesar 1105,39 m<sup>3</sup>

> 1094,81 m<sup>3</sup>, berdasarkan koefisien variansi order lebih besar dibandingkan dengan koefisien variansi *demand* (0,0224 > 0,0219) yang mengakibatkan kenaikan BE yang cukup besar yaitu 1,024 pada produk HPAA, selanjutnya berdasarkan perhitungan BE produk HPAA yang sudah dilakukan, maka dibuat parameter perhitungan *bullwhip effect* untuk dapat membandingkan apakah terjadi BE dan jika nilai BE lebih besar dari parameter yang ditetapkan maka perlu adanya penekanan *bullwhip effect*.

Lead time (L) = 1 hari

Periode pengamatan (P) = 12 bulan /360 hari

Parameter *bullwhip effect* (BE) :

$$1 + \frac{2 \times 1}{360} + \frac{2 \times 1^2}{360^2} = 1,01$$

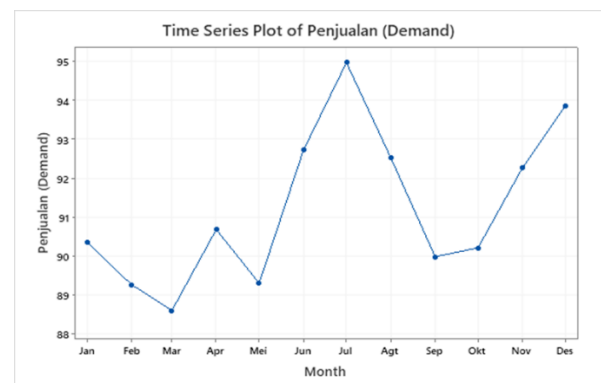
Dari hasil perhitungan diatas dapat dilakukan perbandingan, yaitu nilai BE berada di atas nilai parameter BE sebesar 1,024 > 1,01, maka perlu melakukan penanganan yang secara intensif dan berkala untuk menekan peningkatan nilai BE pada tahun-tahun selanjutnya agar nilai *bullwhip effect* tidak semakin besar.

Data yang diperoleh dari hasil pengumpulan dokumen di bagian *Production Planning Service* yaitu sebanyak 12 periode atau 1 tahun penjualan produk HPAA selama tahun 2021. Kemudian data diolah agar data tersebut diketahui untuk cukup atau tidak.

$$N' = \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum_{j=1}^N X_j^2 - (\sum_{j=1}^N X_j)^2}}{\sum_{j=1}^N X_j} \tag{1}$$

Dimana k = Tingkat kepercayaan dalam pengamatan, s = Derajat ketelitian dalam pengamatan. Untuk tingkat keyakinan sebesar 95%, maka nilai k = 2 dan nilai s = 5%. Penentuan k/s disandarkan bahwa data yang dikumpulkan adalah 95%, yakin akan kebenarannya sehingga *error* yang ditimbulkan hanyalah 5%. Hasil perhitungan mendapatkan hasil N' = 1,76, dimana 1,76 < 12 sehingga data cukup untuk diolah ke tahap selanjutnya.

Penentuan pola data atau Ploting data dilakukan guna menentukan pola data yang terjadi sebelum melakukan peramalan. Dengan data yang ada diperoleh diagram pencarnya. Dari data Gambar 1, dapat diketahui pola data yang terjadi adalah pola data *seasonal* (musiman), dimana fluktuasi permintaan suatu produk naik turun di sekitar garis *trend* dan biasanya berulang tiap tahun.



**Gambar 1.** Grafik *Plotting* Data Aktual Penjualan

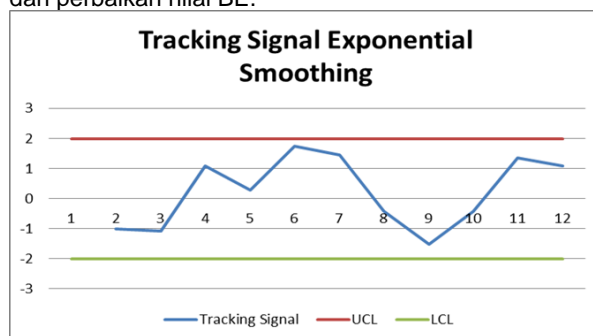
Berdasarkan data historis penjualan produk yang telah dikumpulkan, dapat dilakukan pengolahan data untuk mengetahui perkiraan penjualan produk selama 12 periode kedepan. Pengolahan data dilakukan dengan uji kecukupan data kemudian melakukan plot data, peramalan kebutuhan dengan metode peramalan, melakukan uji verifikasi, melakukan uji validitas, dan selanjutnya mengimplementasikan hasil peramalan untuk perencanaan produksi kedepannya.

Hasil pengolahan data dengan metode peramalan pada aplikasi Minitab. Pada tahap ini seluruh *error* pada semua metode dibandingkan dan diambil satu metode terbaik untuk dilakukan berdasarkan nilai *error* terkecil untuk kemudian dilakukan validasi. Hasil *error* pada seluruh metode dapat dilihat lewat Nilai MAPE dan MAD yang didapat (Tabel 3).

Metode	Alpha	MAD	MAPE
Moving	0,2	2,088	2,267%
Average	0,4	2,076	2,241%
	0,6	1,962	2,109%
Exponential	0,1	1,602	1,734%
Smoothing	0,4	1,574	1,711%
	0,9	1,645	1,791%

Tabel 3. Nilai Error Peramalan

Setelah melakukan verifikasi, didapatkan hasil peramalan terbaik adalah dengan metode exponential smoothing, untuk itu perlu dilakukan uji validasi terhadap hasil peramalan metode terpilih. Uji validitas menggunakan peta *Tracking signal* (Gambar 2). Dari hasil pengolahan data metode yang dipilih untuk selanjutnya digunakan untuk metode peramalan adalah metode *exponential smoothing* yang memberikan nilai *error* terkecil, dengan hasil peramalan penjualan produk dan perbaikan nilai BE.



Gambar 2. Grafik Uji Validitas *Tracking Signal*

Berdasarkan Tabel 4. perbandingan hasil perhitungan *bullwhip effect* sebelum diterapkan model peramalan dan sesudah diterapkan model peramalan *exponential smoothing* yang telah dipilih didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan nilai BE atau ketidakpastian permintaan konsumen menurun dari peramalan yang digunakan dimana sebelumnya dari 1,024 menjadi 0,988 dengan tingkat persentase penurunan sebesar 3.5%, dapat diartikan bahwa penerapan model peramalan dengan pemilihan model *exponential smoothing* pada penjualan produk HPAA

tersebut merupakan salah satu pendekatan yang bisa diterapkan untuk menekan terjadinya *bullwhip effect*.

Tabel 4. Data Perbaikan Nilai *Bullwhip Effect*

Periode	Produksi (Order) m3	Peramalan Penjualan m3
Januari	92,63	90,53
Februari	90,7	90,31
Maret	89,41	89,02
April	91,73	88,51
Mei	92,44	91,21
Juni	89,99	88,86
Juli	95,66	93,65
Agustus	90,32	95,28
September	91,25	91,88
Oktober	91,46	89,54
November	95,18	90,38
Desember	94,62	92,72
SUM	1105,39	1091,892138
AVERAGE	92,1	91,0
SD	2,067	2,066
KV	0,0224	0,0227
BE		0,988

Berdasarkan data historis tahun 2021 dimana terjadi 2 kali *plant stop* diluar jadwal produksi yang sudah dibuat, maka dapat dihitung efisiensi biaya produksi (Tabel 5) dari perhitungan *total cost lost* (Tabel 6).

Tabel 5. Biaya Produksi

Biaya Produksi	Nilai	Unit
Steam Cost	47,03	USD/Ton
Waste Water Cost	82,25	USD/Ton
Overtime Man Power Cost	40.000	IDR/Jam

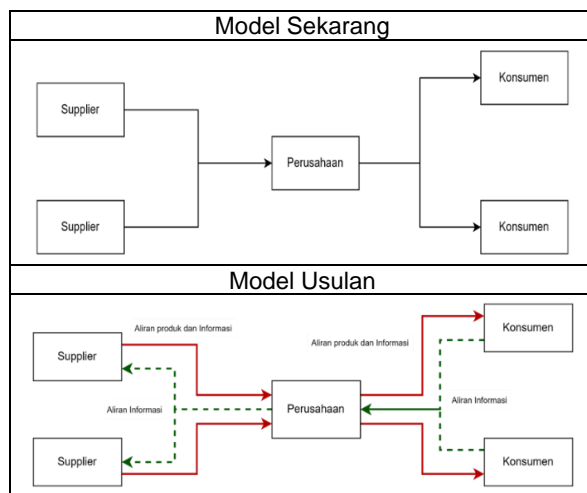
Tabel 6. Total Production Cost Lost

Biaya Produksi	Biaya
Steam Cost	Rp 9.954.100,-
Waste Water Cost	Rp 8.198.738,-
Overtime Man Power Cost	Rp 1.760.000,-
Total	Rp 19.412.837,-

Menurut Pujawan (2005), salah satu langkah untuk mengurangi *bullwhip effect* adalah dengan menerapkan *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR). CPFR merupakan bentuk kerja sama antar anggota rantai pasok dalam mengelola perencanaan bersama melalui berbagi informasi terkait tingkat persediaan dan kegiatan strategi penjualan di masa yang akan datang (Seifert, 2003). Perusahaan dapat bersama-sama melakukan perencanaan, pengembangan, dan koreksi melalui pembagian informasi dalam perencanaan operasional (Hill *et al.*, 2018). Bentuk kolaborasi ini sangat membantu dalam efisiensi perencanaan produksi, tingkat pemesanan,

persediaan, durasi pengiriman dan mengurangi akurasi peramalan. CPFR juga efektif dalam mengurangi terjadinya BWE yang disebabkan oleh ketidakakuratan estimasi permintaan di tingkat konsumen sehingga produsen memiliki tingkat persediaan yang lebih tinggi (Goodwin, 2015).

Model implementasi CPFR dengan fokus utama pada kolaborasi peramalan dan sistem persediaan (Gambar 3). Model satu arah yang terjadi selama ini dikembangkan menjadi model arah untuk mengurangi tingkat ketepatan informasi yang selama ini hanya satu arah. Informasi kebutuhan konsumen akan menjadi dasar perencanaan industri yang bisa diakses oleh supplier untuk menyediakan bahan baku yang diperlukan.



**Gambar 3.** Model Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment

Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam melakukan Peramalan kolaboratif adalah:

1. Prakiraan penjualan  
Data titik penjualan konsumen, informasi penyebab, dan informasi tentang peristiwa yang direncanakan digunakan oleh satu pihak untuk membuat perkiraan penjualan awal. perkiraan ini kemudian dikomunikasikan kepada pihak lain dan digunakan sebagai dasar untuk membuat perkiraan pesanan.
2. Mengidentifikasi untuk peramalan penjualan  
Mengidentifikasi item-item produk sebagai dasar batasan ramalan penjualan yang ditetapkan dalam perjanjian awal.
3. Berkolaborasi pada peramalan produk.  
Kebutuhan produk mudah diidentifikasi dan pesanan dapat dikirim sesuai dengan perjanjian. Setiap kontributor (*supplier*, pemasok, dan konsumen) menjadi bagian integral dari proses kolaboratif real-time. Perkiraan akhir perusahaan merupakan kombinasi dari informasi yang paling akurat dan waktu yang tepat. Para pihak bernegosiasi dan menghasilkan perkiraan yang telah disesuaikan.
4. Buat perkiraan pesanan  
Perkiraan pesanan bergantung pada data *point-of-sale* (POS), informasi penyebab, dan strategi

inventaris untuk menghasilkan perkiraan spesifik yang mendukung perkiraan penjualan bersama.

5. Mengidentifikasi perkiraan pesanan  
Produk perkiraan pesanan yang ditetapkan bersama oleh pihak-pihak yang terlibat telah diidentifikasi.
6. Menyelesaikan / berkolaborasi pada produk  
Para pihak bernegosiasi (jika perlu) untuk menghasilkan perkiraan pesanan yang disesuaikan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai *bullwhip effect* produk HPAA pada tahun 2021 memperoleh nilai 1,024. Hasil ini menunjukkan produk HPAA mengalami *bullwhip effect*. Hasil perbaikan metode peramalan menunjukkan metode peramalan *Exponential Smoothing* dengan nilai alpha 0,4 memperoleh nilai MAPE paling kecil yaitu 1,711%. Nilai ini sudah sesuai dengan batas minimal tingkat akurasi peramalan yang baik yaitu maksimal 10%. Hasil peramalan dengan menggunakan metode peramalan *Exponential Smoothing* yang telah dilakukan didapatkan hasil peramalan nilai BE atau ketidakpastian permintaan konsumen menurun dari 1,024 menjadi 0,988 dengan tingkat persentase penurunan sebesar 3.5%. Nilai ini menunjukkan produk HPAA tidak terjadi *bullwhip effect* karena nilai BE dibawah 1,01. Total Produksi aktual tahun 2022 sebesar 1092,35 ton, selisih 0,46 ton dari hasil peramalan yaitu 1091,89 ton. Dari data tersebut maka perencanaan produksi tahunan produk HPAA dapat dilakukan dengan menggunakan metode peramalan yang sudah diterapkan pada penelitian ini, dengan hasil efisiensi biaya produksi sebesar Rp 19.176.478 dari periode tahun 2021. Langkah perbaikan untuk meminimalkan *bullwhip effect* yang terjadi adalah dengan mengimplementasikan CPFR melalui peramalan kolaboratif dan perbaikan persediaan melalui informasi sharing di antara pihak yang terlibat dalam proses produk HPAA. Penelitian selanjutnya dapat membuat sistem informasi terpadu yang dapat diakses dan mempermudah akses informasi dan data yang terbaharui secara berkala sehingga kontrol stok produk dan proses produksi dapat berjalan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M., & Supriyadi, S. (2018). Analisis Perencanaan Persediaan Batubara FX Dengan Metode Material Requirement Planning. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, 1(2), 133–139. <https://doi.org/10.30988/jmil.v1i2.13>
- Fristha (2019). Analisis Perencanaan Produksi pada PT. Armstrong Industri Indonesia dengan metode Forecasting dan Agregat Planing. *Skripsi*, Jakarta : Universitas Al-Azhar Indonesia.
- Goodwin, P. (2015). *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment*. Wiley Encyclopedia of Management
- Habibi, R., & Suryansah, A. (2020). *Aplikasi prediksi jumlah kebutuhan perusahaan*. Kreatif. <https://books.google.co.id/books?id=sjDwDwAAQBAJ>

- Hill, C. A., Zhang, G. P., & Miller, K. E. (2018). Collaborative planning, forecasting, and replenishment & firm performance: An empirical evaluation. *International Journal of Production Economics*, 196, 12–23.
- Karuniawan, A., Supriyadi, S., & Ramayanti, G. (2017). Optimalisasi Sistem Persediaan Bahan Baku Natrium Persulfate Dengan Metode Lot Sizing. *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan/ SENASSET*, 151–157.
- Latuny, W., & Picauly, W. M. (2019). Analisis Bullwhip Effect dengan menggunakan Metode Peramalan pada Supply Chain di Distributor PT. Semen Tonasa. *Arika*, 13(2), 113-126.
- Prihastono, E., & Amirudin, H. (2017). Pengendalian Kualitas Sewing di PT. Bina Busana Internusa III Semarang. *Dinamika Teknik Industri*, 10(1), 1–15. <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/ft1/article/view/4943>
- Pujawan, I. N. (2005). The Effect of Different Payment Terms on Order Variability in a Supply Chain. In *Successful Strategies in Supply Chain Management* (pp. 90-108). IGI Global.
- Seifert, D. (2003). *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment: How to Create a Supply Chain Advantage*. AMACOM
- Supriyadi, S., & Riskiyadi, R. (2016). Penjadwalan Produksi IKS-Filler pada Proses Ground Calcium Carbonat Menggunakan Metode MPS pada Perusahaan Kertas. *SINERGI*, 20(2), 157–164.
- Suryani, S., & Can, D. (2018). Analisis Pengendalian Persediaan Sistem Manajemen Persediaan Bahan Baku Kemasan. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 4(2), 65–70. <https://doi.org/10.30656/intech.v4i2.977>
- Tjandra, E., Limanto, S., & Liliana, L. (2021). Modified Moving Average (MoMoA) Untuk Peramalan Penjualan Dengan Studi Kasus Sistem Retail. *Teknika*, 10(1), 27-36.
- Yanti, N. P. L. P., Tuningrat, I. M., & Wiranatha, A. A. P. A. (2016). Analisis peramalan penjualan produk kecap pada perusahaan kecap Manalagi Denpasar Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustry*, 4, 72-81.
- Zhang, X. (2004). The impact of forecasting methods on the bullwhip effect. *International Journal of Production Economics*, 88(1), 15–27. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00128-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00128-2)