



USULAN PERENCANAAN PRODUKSI UNTUK MENGURANGI BULLWHIP EFFECT PADA PT. XYZ DENGAN MODEL HOLT-WINTERS

PENULIS

¹⁾Amelia Aura Ghania, ²⁾Tatang Permana, ³⁾Hanissa Okitasari

ABSTRAK

Fenomena *bullwhip effect* yang menyebabkan ketidakstabilan permintaan dalam rantai pasok sering menjadi tantangan bagi sebuah perusahaan, seperti yang terjadi pada PT. XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi *bullwhip effect* pada rantai pasok PT. XYZ melalui metode peramalan *Holt-Winters*. Data primer berupa volume produksi dan penjualan selama tahun 2023 dianalisis untuk mendeteksi *bullwhip effect*, yang ditunjukkan dengan nilai $BE > 1,039$ pada semua produk. Setelah penerapan peramalan *Holt-Winters*, nilai BE menurun secara signifikan di bawah ambang batas, menunjukkan peningkatan stabilitas rantai pasok. Hasil uji akurasi peramalan melalui $MAPE$, MSE , dan SDE menunjukkan nilai *error* yang memenuhi standar, sementara validasi menggunakan grafik *moving range* menunjukkan hasil peramalan yang valid. Dengan demikian, metode ini terbukti efektif untuk meningkatkan efisiensi perencanaan produksi dan profitabilitas PT. XYZ.

Kata Kunci

Bullwhip Effect, Holt-Winters, Perencanaan Produksi, Peramalan Permintaan

ABSTRACT

Bullwhip effect phenomenon that causes demand instability in the supply chain is often a challenge for a company, as happened at PT XYZ. This study aims to reduce the bullwhip effect in the supply chain of PT XYZ through the Holt-Winters forecasting method. Primary data in the form of production and sales volumes for 2023 were analyzed to detect the bullwhip effect, which is indicated by the BE value > 1.039 for all products. After the application of Holt-Winters forecasting, the BE value decreased significantly below the threshold, indicating improved supply chain stability. The results of the forecasting accuracy test through MAPE, MSE, and SDE show error values that meet the standards, while validation using a moving range graph shows valid forecasting results. Thus method is proven to be effective for improving the efficiency of production planning and profitability of PT XYZ.

Keywords

Bullwhip Effect, Demand Forecast, Holt-Winters, Production Planning

AFILIASI

Program Studi

^{1,3)}Teknik Logistik, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

Nama Institusi

³⁾Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

Alamat Institusi

^{1,2,3)}Universitas Pendidikan Indonesia

^{1,2,3)}Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung, Jawa Barat 40154

KORESPONDENSI

Penulis

Amelia Aura Ghania

Email

ameliaag@upi.edu

LICENSE



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PENDAHULUAN

Efisiensi dalam manajemen rantai pasok ditunjukkan untuk titik akhir yaitu mendapatkan profit (Jain & Mishra, 2024). Bergantung pada keselarasan antara permintaan konsumen dan penjualan barang (Wang et al., 2024). Kompleksitas dalam rantai pasok sering kali memicu ketidakseimbangan antara kedua faktor tersebut. Dalam siklus rantai pasok, fenomena *bullwhip effect* merupakan sebuah tantangan yang terjadi karena adanya perbedaan signifikan antara produksi dan hasil penjualan (Essabbar et al., 2020).

Bullwhip effect (BE) memiliki ragam penyebab, menurut (Ojha et al., 2019), *bullwhip effect* dapat terjadi apabila terdapat distorsi informasi dalam rantai pasokan sehingga tidak lagi mencerminkan kondisi permintaan konsumen pada kenyataannya. Penelitian (Yang et al., 2021), menunjukkan bahwa *bullwhip effect* bisa hadir karena faktor-faktor perilaku individu dalam pengambilan keputusan yang dinamis. Riset (Ponte et al., 2020) membuktikan jika *bullwhip effect* dapat disebabkan ketidaktepatan rancangan program potongan harga (*discount*) pada penjualan produk sehingga meningkatkan variabilitas dalam rantai pasokan. Hasil studi (Jaipuria & Mahapatra, 2014), menunjukkan bahwa mayoritas kasus *bullwhip effect* pada perusahaan dikarenakan kurangnya peramalan dalam perencanaan produksi, hal ini juga ditunjukkan oleh peneliti sebelumnya (Michna et al., 2020), (Chiang et al., 2016), dan (Yin, 2021) yang menekankan pentingnya perencanaan berbasis data untuk mengurangi risiko *bullwhip effect*. Tanpa peramalan yang akurat, perusahaan cenderung membuat keputusan yang hanya didasarkan pada intuisi atau data historis yang tidak relevan, sehingga memperburuk variabilitas dalam rantai pasok.

Variabilitas permintaan dalam rantai pasok tidak hanya memengaruhi efektivitas operasional perusahaan, tetapi juga berdampak langsung pada biaya yang harus dikeluarkan (Gaalman et al., 2019). Permintaan yang tidak dapat diprediksi dengan akurat, akan menambah biaya penyimpanan pada perusahaan akibat kelebihan stok atau biaya kehilangan peluang akibat kekurangan barang (Ponte et al., 2020). Peramalan permintaan yang akurat menjadi urgensi perusahaan untuk periode mendatang. Peramalan juga dapat membantu perusahaan mengelola produksi, distribusi, dan inventarisasi dengan lebih efisien, sehingga mengurangi risiko *Bullwhip effect*.

Metode peramalan yang umum digunakan adalah *Holt-Winters*. Metode ini tepat digunakan untuk data yang memiliki pola atau tren pada musim tertentu (Kotsialos et al., 2005). Fleksibilitasnya terhadap penyesuaian data mampu menyeimbangkan variasi dalam jangka pendek (Kumar et al., 2024). Pemantauan secara rutin akan meningkatkan akurasi hasil peramalan dari metode ini. Efektivitas hasil peramalan bergantung pada model yang diterapkannya antara adaptif atau multiplikatif (Shao et al., 2023). Pemilihan antara kedua model ini didasarkan pada sifat data yang dianalisis. Jika pola musiman cenderung konstan, model adaptif lebih sesuai, sedangkan jika pola musiman bervariasi, model multiplikatif dapat memberikan hasil yang lebih akurat (Wiarco, 2024). Pemilihan model yang tepat, metode *Holt-Winters* dapat berfungsi secara optimal untuk membantu perusahaan mengelola permintaan dan produksi (He et al., 2024).

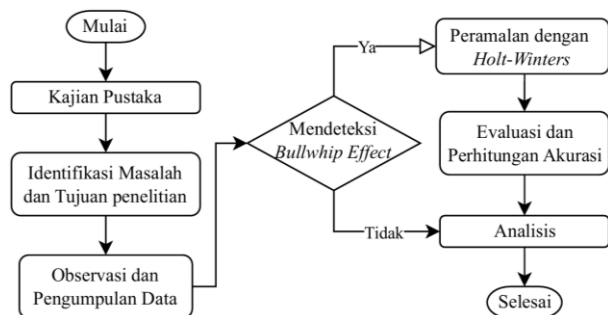
PT. XYZ merupakan salah satu produsen susu yang menghasilkan produk final berupa *yoghurt* dan susu pasteurisasi. Terdapat beberapa tipe dari kedua jenis produk tersebut diantaranya, Yoghurt Cup, Yoghurt Botol 250 ml, Yoghurt Botol 600 ml, Yoghurt Botol 1000 ml, Susu Pasteurisasi Cup, Susu Pasteurisasi Botol 250 ml, Susu Pasteurisasi Botol 600 ml, dan Susu Pasteurisasi Botol 1000 ml. PT. XYZ melakukan produksi tanpa adanya peramalan dan perencanaan yang terukur. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada kepala produksi, pengambilan keputusan hanya didasarkan pada perkiraan dan musim penjualan. Sistem ini belum optimal karena dapat menjadi penyebab terjadinya *bullwhip effect* pada PT. XYZ. Fenomena ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara produksi dan permintaan konsumen, yang pada akhirnya berdampak pada biaya operasional dan profitabilitas perusahaan.

Sehingga untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan langkah-langkah strategis untuk mengoptimalkan sistem perencanaan produksi dengan menggunakan metode peramalan yang lebih akurat. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah peramalan permintaan untuk periode mendatang menggunakan model *Holt-Winters* (Costantino et al., 2023). Model ini diharapkan dapat memberikan proyeksi yang lebih akurat mengenai kebutuhan produksi, sehingga PT. XYZ dapat mengurangi risiko *Bullwhip effect*. Hasil peramalan yang lebih baik,

perusahaan dapat menyusun strategi produksi yang lebih efisien, mengelola sumber daya dengan lebih optimal, dan meningkatkan profitabilitas secara keseluruhan. Implementasi metode ini juga diharapkan dapat membantu PT. XYZ dalam menghadapi tantangan dalam rantai pasok dan menciptakan sistem yang lebih terukur dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini tersusun dengan mengumpulkan berbagai sumber materi yang relevan dari literatur pendukung untuk mengolah data primer yang didapatkan yaitu, hasil produksi dan penjualan kategori final produk di PT. XYZ periode Jan 2023-Des 2023 melalui observasi serta wawancara. *Software* yang digunakan untuk melakukan pengolahan data adalah *Microsoft Excel*. Alur penyusunan artikel terlihat seperti pada gambar 1 berikut



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang bertujuan mendeteksi *Bullwhip Effect* dan menerapkan metode peramalan *Holt-Winters*. Alur penelitian diawali dengan tahap kajian pustaka sebagai dasar teori. Tahap berikutnya berupa identifikasi masalah dan tujuan penelitian untuk menentukan arah kajian. Proses berlanjut dengan observasi serta pengumpulan data yang digunakan dalam pendeteksian *Bullwhip Effect*. Hasil deteksi menjadi dasar untuk melanjutkan peramalan menggunakan metode *Holt-Winters* guna memprediksi pola permintaan. Evaluasi akurasi dilakukan untuk menilai keandalan hasil peramalan, kemudian dilanjutkan dengan analisis temuan. Seluruh rangkaian kegiatan diakhiri dengan kesimpulan sebagai penutup proses penelitian.

Pengolahan data pada penelitian ini diawali dengan perhitungan nilai *bullwhip effect* menggunakan data produksi dan penjualan tahun 2023 yang diperoleh dari PT. XYZ. Penetapan parameter nilai ambang *bullwhip*

effect didasarkan *lead time* dan periode penelitian. Rantai pasok terimbas *bullwhip effect* apabila nilai BE yang dimiliki lebih dari parameter, hal ini menunjukkan adanya amplifikasi permintaan sehingga manajemen dalam rantai pasok kurang efektif (Yin, 2021). Begitu pun sebaliknya, apabila nilai BE kurang dari nilai parameter maka, manajemen rantai pasok dalam kondisi stabil dan terkendali (Tai et al., 2019). Penilaian ini didasari dengan hasil perhitungan melalui persamaan berikut.

$$BE = \frac{CV(Q)}{CV(D)} = \frac{\frac{s \text{ order}}{\bar{x} \text{ order}}}{\frac{s \text{ demand}}{\bar{x} \text{ demand}}} \quad (1)$$

$$CV(Q) = \frac{s \text{ order}}{\bar{x} \text{ order}} \quad (2)$$

$$CV(D) = \frac{s \text{ demand}}{\bar{x} \text{ demand}} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum xi^2 - \sum(xi)^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

Berbagai informasi yang berkaitan penyelesaian kasus tersebut dikumpulkan dengan melakukan studi literatur dari berbagai artikel dan buku. Erica Pastore et al, menyampaikan hasil penelitiannya bahwa salah satu cara menekan *bullwhip effect* yang terjadi pada rantai pasokan adalah dengan melakukan peramalan permintaan untuk periode selanjutnya (Pastore et al., 2020). Berdasarkan kategori data yang diperoleh, metode peramalan permintaan yang sesuai yaitu *Holt-Winters* yang merupakan model deret waktu atau *time-series* (Ahmadi et al., 2023). *Holt-Winters* sesuai digunakan untuk data PT. XYZ yang memiliki fluktuasi secara periodik pada rekap produksi dan penjualannya. Formula yang digunakan sebagai berikut.

$$S_1 = \frac{Y_1}{\text{Average}(Y_1, Y_2, \dots, Y_{12})} \quad (5)$$

$$L_{13} = \frac{Y_{13}}{S_1} \quad (6)$$

$$T_{13} = \frac{Y_{13}}{S_1} - \frac{Y_{12}}{S_{12}} \quad (7)$$

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (9)$$

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (10)$$

$$F_{t+1} = (L_t - b_t) + S_{t-M+1} \quad (11)$$

Pengukuran kesalahan prediksi antara hasil peramalan dengan data aktual yaitu melihat nilai *error* dari metode peramalan yang digunakan melalui persamaan *Mean Percentage Error*

(MAPE), *Standard Deviation Error* (SDE), dan *Mean Square Error* (MSE). Metode MAPE digunakan untuk mengukur persentase kesalahan rata-rata dalam peramalan dibandingkan dengan nilai aktual, sehingga memberikan gambaran sejauh mana hasil peramalan dapat diandalkan (Arifin, 2018). Metode MSE menghitung rata-rata kuadrat kesalahan, yang berguna untuk memberikan penilaian terhadap besarnya penyimpangan absolut dari hasil peramalan (Lee et al., 2024). Metode SDE digunakan untuk mengukur sebaran kesalahan atau variabilitas dalam hasil peramalan, sehingga membantu dalam mengidentifikasi konsistensi model yang digunakan (Allenbrand, 2023). Standar akurasi yang baik untuk MAPE adalah tidak melebihi 20% (Oyatoye & Fabson, 2022). MSE bernilai lebih kecil dibandingkan dengan rentang atau standar deviasi data aktual maka model peramalan dianggap akurat (Liu et al., 2024). Untuk hasil peramalan dengan uji *error* SDE dianggap akurat apabila jauh lebih kecil dari rata-rata *error* (Fussone et al., 2025).

Validasi hasil peramalan juga diperhitungan dengan menganalisis grafik *Moving Range* (MR). Hasil peramalan dianggap valid jika nilai-nilai pada grafik MR berada dalam batas kendali atas *Upper Control Limit* (UCL) dan batas kendali bawah *Lower Control Limit* (LCL) (Ahmadi et al., 2023). Ketika semua titik data berada dalam batas tersebut, hal ini menunjukkan bahwa variasi dalam kesalahan peramalan adalah wajar dan hasil peramalan dapat dinilai valid (Vié et al., 2025). Sebaliknya, jika terdapat titik yang melebihi UCL atau LCL, hal tersebut dapat mengindikasikan adanya anomali, variabilitas yang tidak terkendali, atau kesalahan sistematis yang mengindikasikan hasil peramalan tidak valid dan data tidak dapat dijadikan acuan, persamaannya seperti berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - F_i)}{X_i} \times 100\%}{n} \quad (12)$$

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \quad (13)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (14)$$

$$Moving\ Range = \frac{\sum_{i=1}^n MR}{n - 1} \quad (15)$$

$$UCL = 2,66 \times MR \quad (16)$$

$$LCL = -2,66 \times MR \quad (17)$$

Keterangan rumus:

BE : *Bullwhip effect*

CV (Q) : Koefisien Variansi Order

CV (D) : Koefisien Variansi *Demand*

s : Standar Deviasi

S1 : *Initial Seasonal Factor*

Lt : Nilai pemulusan eksponensial periode t

α : Konstanta pemulusan data ($0 < \alpha < 1$)

β : Konstanta pemulusan estimasi *trend*

γ : ($0 < \beta < 1$)

yt : Nilai aktual pada periode t

bt : Estimasi *trend* periode t

St : Estimasi musiman periode t

t : Periode ke-t

s : Panjangnya musim

m : Jumlah periode ke depan yang akan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Data primer penelitian ini diperoleh melalui wawancara langsung dengan narasumber yang memiliki peran penting, yaitu Kepala Bagian Produksi di PT. XYZ. Narasumber memberikan data yang sangat relevan dan mendetail, mencakup informasi mengenai total volume produksi dan penjualan yang dilakukan pada periode bulan Januari hingga Desember tahun 2023. Data yang diberikan difokuskan pada kategori produk akhir PT. XYZ. Data tersebut menjadi landasan utama dalam analisis *bullwhip effect* yang dilakukan pada penelitian ini. Berikut adalah data tersebut:

Tabel 1. Data Produksi dan Penjualan Tahun 2023

Nama Produk		Produksi	Penjualan
Yoghurt Cup		74.076	68.217
	250 ml	91.959	89.068
Yoghurt Botol	600 ml	9.437	9.044
	1000 ml	64.869	61.223
Susu Pasteurisasi Cup		64.041	60.819
Susu Pasteurisasi Botol	250 ml	52.857	47.741
	600 ml	25.016	23.147
	1000 ml	19.390	17.444

Penelitian ini juga menggunakan data *lead time* dari semua kategori produk akhir PT. XYZ yaitu 7 hari. Data yang digunakan selama satu tahun, maka total untuk periode penelitian ini adalah 365 hari. Data ini digunakan untuk perhitungan parameter ketentuan *Bullwhip effect*.

Pengolahan Data

Berdasarkan data *lead time* dan periode penelitian yang didapatkan, maka parameter yang menjadi patokan untuk pengukuran

bullwhip effect yaitu sebesar 1,039. Produk dengan nilai $BE > 1.039$ berarti mengalami *bullwhip effect*, dan sebaliknya. Tabel 2 dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan *bullwhip effect* untuk semua kategori produk akhir yang ada di PT. XYZ sebelum dan sesudah hasil peramalan. Data yang digunakan pada BE sebelum menggunakan data primer yaitu data produksi dan penjualan pada tahun 2023, sedangkan data BE sesudah menggunakan data hasil peramalan produksi dan penjualan untuk tahun 2024.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai *Bullwhip Effect* Sebelum dan Sesudah Peramalan

Nama Produk		<i>Bullwhip Effect</i> Sebelum	<i>Bullwhip Effect</i> Sesudah
Yoghurt Cup		1,136	0,530
Yoghurt Botol	250 ml	1,076	0,549
	600 ml	1,052	0,983
	1000 ml	1,116	0,928
Susu Pasteurisasi Cup		1,122	0,486
Susu Pasteurisasi Botol	250 ml	1,081	0,889
	600 ml	1,126	0,805
	1000 ml	1,084	0,402

Tabel 3 di bawah ini menyajikan hasil peramalan untuk kategori produk akhir yang diproduksi oleh PT. XYZ. Peramalan ini dilakukan menggunakan metode *Holt-Winters*, yang merupakan salah satu model peramalan kuantitatif berbasis *time-series*. Model ini menggunakan tiga konstanta pemulusan, yaitu α (*alpha*), β (*beta*), dan γ (*gamma*), yang diperoleh secara otomatis melalui fitur *solver* pada *Microsoft Excel*. Konstanta-konstanta tersebut dioptimalkan dalam rentang nilai antara 0 hingga 1 untuk memastikan akurasi terbaik dalam peramalan (Turi, 2023). Data yang disajikan dalam tabel ini merupakan hasil proyeksi total produksi untuk periode Januari 2024 - Desember 2024.

Tabel 3. Data Peramalan Produksi dan Penjualan Tahun 2024

Nama Produk		Produksi	Penjualan
Yoghurt Cup		101.232	85.086
Yoghurt Botol	250 ml	116.012	105.137
	600 ml	6.077	5.677
	1000 ml	59.825	55.754
Susu Pasteurisasi Cup		75.533	62.001
Susu Pasteurisasi Botol	250 ml	67.790	63.241
	600 ml	85.553	58.672
	1000 ml	29.278	20.033

Data pada Tabel 3 menunjukkan hasil proyeksi produksi dan penjualan untuk tahun 2024 berdasarkan metode *Holt-Winters*. Nilai produksi pada setiap kategori produk terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan penjualan, yang mengindikasikan adanya potensi kelebihan stok atau penyesuaian kapasitas produksi yang perlu diperhatikan. Perbedaan ini dapat menjadi dasar evaluasi dalam pengendalian persediaan serta perencanaan produksi agar keseimbangan antara permintaan dan pasokan dapat tercapai secara optimal.

Pengujian dan Validasi *Error*

Berdasarkan hasil perhitungan peramalan yang telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap tingkat akurasi peramalan tersebut melalui pengujian *error*. Pengujian ini dilakukan menggunakan tiga metode utama, yaitu MAPE, MSE, dan SDE. Hasil dari uji *error* ini menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kualitas model peramalan yang diterapkan dan menentukan apakah model tersebut dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Hasil uji eror pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil peramalan ini akurat sebab nilai *error* MAPE tidak melebihi 20%. Pada MSE juga menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan standar deviasi data aktual. SDE nilainya lebih kecil dari rata-rata *error* dari masing-masing produk

Tabel 4. Hasil Uji *Error* Peramalan Produksi dan Penjualan Tahun 2024

Nama Produk		MAPE	MSE	SDE
Yoghurt Cup		18%	7396215,52	1004,71
Yoghur Botol	250 ml	16%	1844767,37	881,33
	600 ml	18%	837705,71	593,90
	1000 ml	16%	2053475,17	929,85
Susu Pasteurisasi Cup		14%	2584643,42	1043,20
Susu Pasteurisasi Botol	250 ml	14%	617113,10	509,74
	600 ml	14%	222499,87	306,08
	1000 ml	12%	62645,78	162,41

Hasil uji *error* divalidasi dengan melihat grafik *moving range* yang mempertimbangkan nilai UCL dan LCL. Pada semua grafik *moving range* dari produk final di PT. XYZ, dalam batas UCL dan LCL. Perhitungan peramalan dengan model *Holt-Winters* bernilai valid, serta data hasil peramalan dapat dijadikan sebagai acuan. Hasil uji validasi seperti pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji Validasi Peramalan Produksi dan Penjualan Tahun 2024

Nama Produk		MAPE	MSE	SDE
Yoghurt Cup		18%	7396215,52	1004,71
Yoghurt Botol	250 ml	16%	1844767,37	881,33
	600 ml	18%	837705,71	593,90
	1000 ml	16%	2053475,17	929,85
Susu Pasteurisasi Cup		14%	2584643,42	1043,20
Susu Pasteurisasi Botol	250 ml	14%	617113,10	509,74
	600 ml	14%	222499,87	306,08
	1000 ml	12%	62645,78	162,41

KESIMPULAN

Penerapan metode peramalan *Holt-Winters* terbukti efektif dalam mengurangi *Bullwhip effect* pada seluruh produk PT. XYZ. Hasil peramalan telah tervalidasi dan dinilai akurat dengan bukti bahwa pada grafik *moving range* tidak melebihi UCL dan LCL. Sebelum penerapan, seluruh produk memiliki nilai BE berada di atas batas parameter yaitu >1,039, menunjukkan adanya variabilitas yang tinggi. Setelah penerapan, nilai BE dibawah ambang batas yaitu <1,039, menandakan penurunan variabilitas yang signifikan. Penurunan ini mencerminkan bahwa metode *Holt-Winters* mampu meningkatkan akurasi perencanaan produksi, sehingga meminimalkan risiko kerugian penjualan. Sistem produksi di PT. XYZ yang sebelumnya hanya berbasis perkiraan dapat dioptimalkan untuk mendukung efisiensi operasional dan peningkatan profitabilitas perusahaan.

REFERENSI

Ahmadi, A., Daccache, A., Sadegh, M., & Snyder, R. L. (2023). Statistical and deep learning models for reference evapotranspiration time-series forecasting: A comparison of accuracy, complexity, and data efficiency. *Computers and Electronics in Agriculture*, 215(July), 108424. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108424>

Allenbrand, C. (2023). Smart contract-enabled consortium blockchains for the control of supply chain information distortion. *Blockchain: Research and Applications*, 4(3), 100134. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2023.100134>

Arifin, S. (2018). Analisa *Bullwhip effect* Dengan Pendekatan Metode Peramalan Exponential Smoothing Pada Produk Optimal. *Jurnal UII*, 4(6), 10–19.

Bhattacharya, R., & Bandyopadhyay, S. (2011). A review of the causes of *bullwhip effect* in a supply chain. *International Journal of Advanced*

Manufacturing Technology, 54(9–12), 1245–1261. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2987-6>

Chandraul, V. singh, & Shyam Kumar Barode. (2018). A REVIEW ON DEMAND AND FORECASTING IN IJOSTHE. *IJOSTHE*, 5(5).

Chiang, C. Y., Lin, W. T., & Suresh, N. C. (2016). An empirically-simulated investigation of the impact of demand forecasting on the *bullwhip effect*: Evidence from U.S. auto industry. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 177, pp. 53–65). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.04.015>

Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2023). Exploring the *bullwhip effect* and inventory stability in a seasonal supply chain. *International Journal of Engineering Business Management*, 5(SPL.ISSUE). <https://doi.org/10.5772/56833>

Essabbar, D., Zolghadri, M., & Zrikem, M. (2020). A framework to model power imbalance in supply chains: Situational analysis. *Asia Pacific Management Review*, 25(3), 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.09.001>

Fussone, R., Cannella, S., Dominguez, R., & Framinan, J. M. (2025). On the *bullwhip effect* in circular supply chains combining by-products and end-of-life returns. In *Applied Mathematical Modelling* (Vol. 137). <https://doi.org/10.1016/j.apm.2024.115670>

Gaalman, G., Disney, S. M., & Wang, X. (2019). When the *bullwhip effect* is an increasing function of the lead time. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 2297–2302. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.548>

He, X., Zhao, W., Gao, Z., Zhang, Q., & Wang, W. (2024). A hybrid prediction interval model for short-term electric load forecast using *Holt-Winters* and Gate Recurrent Unit. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 38, 101343. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2024.101343>

Himayumbula, L. K., & Mwanza, B. G. (2024). *The Effect of Production Planning Practices on Supply Chain Performance: A Case Study of Corteva Agriscience (Z) Ltd.* August, 68–77. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13368647>

Jain, P., & Mishra, N. K. (2024). Enhancing Supply Chain Efficiency with Blockchain: Addressing Information Sensitivity for Increased Manufacturer Profitability. *IFAC-PapersOnLine*, 58(19), 688–693. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.220>

Jaipuria, S., & Mahapatra, S. S. (2014). An improved demand forecasting method to reduce *bullwhip effect* in supply chains. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2395–2408. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.09.038>

- Kotsialos, A., Papageorgiou, M., & Poulimenos, A. (2005). *Holt-Winters* and Neural-Network methods for medium-term sales forecasting. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 16, Issue 1). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20050703-6-cz-1902.01506>
- Kumar, L., Khedlekar, S., & Khedlekar, U. K. (2024). A comparative assessment of holt winter exponential smoothing and autoregressive integrated moving average for inventory optimization in supply chains. *Supply Chain Analytics*, 8(September), 100084. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2024.100084>
- Lee, S. Y., Klassen, R. D., Furlan, A., & Vinelli, A. (2024). The green bullwhip effect: Transferring environmental requirements along a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 156, 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.05.010>
- Liu, D., Gong, X., Hu, X., Wang, H., Zheng, W., & Niu, L. (2024). Displacement field reconstruction in landslide physical modeling by using a terrain laser scanner – Part 1: Methodology, error analysis and validation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 16(10), 4066–4076. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.04.022>
- Michna, Z., Disney, S. M., & Nielsen, P. (2020). The impact of stochastic lead times on the bullwhip effect under correlated demand and moving average forecasts. *Omega (United Kingdom)*, 93(xxxx), 102033. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.02.002>
- Ojha, D., Sahin, F., Shockley, J., & Sridharan, S. V. (2019). Is there a performance tradeoff in managing order fulfillment and the bullwhip effect in supply chains? The role of information sharing and information type. *International Journal of Production Economics*, 208, 529–543. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.021>
- Oyatoye, E., & Fabson, T. V. O. (2022). A comparative study of simulation and time-series model in quantifying bullwhip effect in supply chain. *Serbian Journal of Management*, 6(2), 145–154. <https://doi.org/10.5937/sjm1102145o>
- Pastore, E., Alfieri, A., Zotteri, G., & Boylan, J. E. (2020). The impact of demand parameter uncertainty on the bullwhip effect. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.10.031>
- Ponte, B., Puche, J., Rosillo, R., & de la Fuente, D. (2020). The effects of quantity discounts on supply chain performance: Looking through the Bullwhip lens. In *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (Vol. 143, p. 102094). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102094>
- Shao, Q., Aldhafeeri, A., Qiu, S., & Khuder, S. (2023). A multiplicative Holt-Winters model and autoregressive moving-average for hyponatremia mortality rates. *Healthcare Analytics*, 4(September), 100262. <https://doi.org/10.1016/j.health.2023.100262>
- Tai, P. D., Duc, T. T. H., & Buddhakulsomsiri, J. (2019). Measure of bullwhip effect in supply chain with price-sensitive and correlated demand. In *Computers and Industrial Engineering* (Vol. 127, pp. 408–419). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.027>
- Turi, A. (2023). REVERSE BULLWHIP EFFECT IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: CASE STUDY FROM ROMANIA. 36(2), 361–371.
- Vié, M. S., Zufferey, N., & Coelho, L. C. (2025). A production and distribution scheduling matheuristic for reducing supply chain variations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 194(December 2024), 103905. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103905>
- Wang, W., Feng, L., Chen, X., Yang, L., & Choi, T. M. (2024). Impacts of selling models: Who should offer trade-in programs in e-commerce supply chains? *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 186(May), 103524. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103524>
- Wiarco, F. Y. (2024). BULLWHIP EFFECT ANALYSIS ON SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (CASE STUDY: YOGYAKARTA CITY HEALTH DEPARTMENT AND YOGYAKARTA CITY PHARMACY INSTALLATION) [strathprints.strath.ac.uk]. In *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Issue 8). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Yang, Y., Lin, J., Liu, G., & Zhou, L. (2021). The behavioural causes of bullwhip effect in supply chains: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 236, 108120. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108120>
- Yin, X. (2021). Measuring the bullwhip effect with market competition among retailers: A simulation study. *Computers and Operations Research*, 132, 105341. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105341>