

Analisis Jumlah Pelanggan dan Tingkat Produksi Listrik di Kota Salatiga Menggunakan *Triple Exponential Smoothing*

Dominus Alfin Tolanda^{1*}, Magdalena A. Ineke Pakereng²

Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: alfin.tolanda@gmail.com

Abstract

Indonesia, amidst rapid economic growth, confronts challenges in meeting the escalating demand for electrical energy. Salatiga, located in Central Java and part of this dynamic landscape, experiences significant pressure on its electrical infrastructure due to substantial economic and population growth. The Triple Exponential Smoothing (TES) methodology is adopted in this study to estimate future customer numbers and power production levels. The research results indicate that the MAPE (Mean Absolute Percentage Error) for the number of electricity customers is 4.64% < 10%, indicating that the forecasting is very accurate. For the electricity production level, the MAPE is 16.63%, which is considered good for forecasting. These outcomes can be utilized as a framework for making decisions regarding electricity in the city of Salatiga.

Kata kunci: *Electricity Customers; Electricity Production Levels; Forecasting; Triple Exponential Smoothing*

Abstrak

Indonesia, dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat, menghadapi tantangan pemenuhan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Kota Salatiga, Jawa Tengah, sebagai bagian dari dinamika ini, mengalami tekanan besar pada infrastruktur energi listrik akibat pertumbuhan ekonomi dan populasi yang signifikan. Penerapan metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) untuk menganalisis dan memprediksi jumlah pelanggan serta tingkat produksi listrik di masa depan. Temuan penelitian menyatakan didapatkan bahwa MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk jumlah pelanggan listrik adalah 4,64% < 10% dimana hasilnya adalah peramalan sudah sangat akurat dan untuk tingkat produksi listrik adalah 16,63% dimana hasil ini adalah baik untuk peramalan sehingga hal ini dapat menjadi panduan bagi pengambilan keputusan terkait energi listrik di Kota Salatiga.

Kata kunci: *Pelanggan Listrik; Tingkat Produksi Listrik; Peramalan; Triple Exponential Smoothing*

1. Pendahuluan

Indonesia, negara dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat, menghadapi tantangan serius terkait pemenuhan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Kota-kota, termasuk Kota Salatiga di Provinsi Jawa Tengah turut terlibat dalam dinamika ini. Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk di Kota Salatiga memiliki dampak langsung terhadap kebutuhan energi listrik sebagai pendorong utama pembangunan.

Dalam beberapa tahun terakhir, Kota Salatiga mengalami perkembangan signifikan di beberapa sektor. Pertumbuhan ini menciptakan tekanan yang cukup besar terutama pada infrastruktur dan sumber daya, khususnya dalam hal penyediaan energi listrik [1]. Namun, analisis jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik bukanlah tugas yang mudah karena data yang dihasilkan oleh data jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik seringkali tidak stabil dan sulit diprediksi.

Oleh karena itu, diperlukan metode analisis *time series* yang dapat membantu untuk memprediksi jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik di masa depan dengan akurasi yang tinggi. Metode *time series Triple Exponential Smoothing* (TES) terkenal sebagai pendekatan yang efektif dalam memprediksi data *non-stationer* [14].

Mengacu pada latar belakang, penelitian ini dimaksudkan guna menganalisis jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing*. Temuan penelitian ini diinginkan menjadi rujukan ketika menganalisis jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik di Kota Salatiga.

2. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang berjudul “Peramalan Tingkat Pengangguran Terbuka Provinsi Banten Dengan Metode *Triple Exponential Smoothing*”, membahas tentang tingkat pengangguran yang ada di Banten selama 7 periode mendatang dimana hasil dari prediksi ini menjelaskan bahwa Strategi *Triple Exponential Smoothing* sungguh-sungguh masuk akal untuk dipakai sebagai suatu teknik mengingat fakta bahwa statistik tersebut menggunakan contoh kasus yang jarang terjadi dan hasil MAPE yang diberikan dari statistik smoothing adalah 8,858859%, itu di bawah 10%, yang menyatakan ekspektasi atau dugaan itu sangat unik terhadap hasil-hasilnya [2].

Pada penelitian terdahulu yang berjudul “Perbandingan Analisis Peramalan *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing* Pada Indeks Harga Konsumen di Yogyakarta Tahun 2012-2022”, menjelaskan mengenai indeks harga konsumen dengan perbandingan dari 2 metode yang dimana dari hasil yang diperoleh bahwa metode *Double Exponential Smoothing* menawarkan performa lebih efisien daripada *Triple Exponential Smoothing* mengingat hasil perhitungan MAPE yang diperoleh melalui *Double Exponential Smoothing* memiliki nilai MAPE bernilai 0,976 yaitu $< 10\%$, sehingga estimasi melalui *Double Exponential Smoothing* dinyatakan sangat baik setra boleh diaplikasikan. [3].

Pada penelitian terdahulu yang berjudul “*Forecasting* Penjualan Obat Menggunakan Metode *Single, Double, dan Triple Exponential Smoothing* (Studi Kasus : Apotek Mandiri Medika)”, membahas tentang meramalkan penjualan obat menerapkan tiga teknik *Exponential Smoothing* untuk memutuskan mana yang paling akurat. Metode *Triple Exponential Smoothing* digunakan untuk mencapai hasil dengan SSE 3306.302 [4].

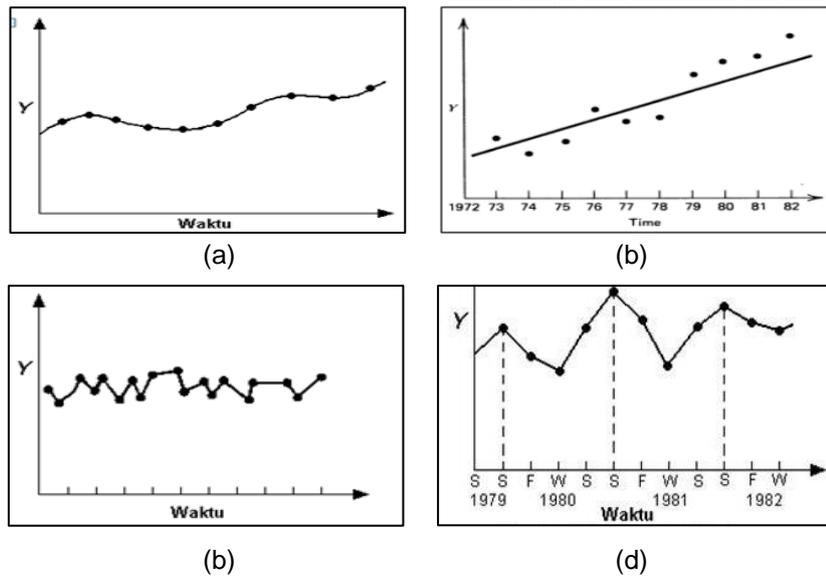
Pada penelitian terdahulu yang berjudul “Penerapan Metode *Triple Exponential Smoothing* Dalam Prediksi Penanaman Bibit Kelapa Sawit pada PT. Palmanco Inti Sawit”, membahas tentang prediksi Penggunaan metode *Triple Exponential Smoothing* pada penanaman bibit kelapa sawit, informasi penanaman bibit kelapa sawit dari tahun 2019 - April 2020 digunakan untuk penelitian. Hasil ramalan periode 17 bernilai 149,9 yang setara 149 unit [9].

Pada penelitian terdahulu yang berjudul “Penerapan Metode *Exponential Smoothing* Untuk Peramalan Penjualan Pada Toko Gitar”, yang membahas mengenai peramalan untuk memfasilitasi perusahaan dalam menetapkan volume persediaan barang yang perlu dipesan. membantu perusahaan menentukan berapa banyak stok yang ingin mereka simpan. Metode *Exponential Smoothing*, dalam $\alpha 0,8$ dan standar error mean Absolute Deviation (MAD), diterapkan untuk peramalan. Pengambilan data stok tahun 2018 menjadi sumber. Kemudian, pada faktor tersebut, hasil pengukuran menerapkan MAD, untuk secara khusus meramalkan beban berbagai jenis produk dan mendapatkan kesalahan yang diinginkan di atas setengahnya [10].

Berdasarkan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan yang membahas mengenai metode *Exponential Smoothing*. Sebagai hasil akhirnya, pengujian ini memiliki sejumlah kesamaan dengan pengujian sebelumnya, termasuk menerapkan teknik yang sama tetapi menerapkan sampel data dan objek penelitian yang tak serupa maka akan dilakukan penelitian yang membahas tentang analisis ataupun prediksi jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik menerapkan metode *Triple Exponential Smoothing*.

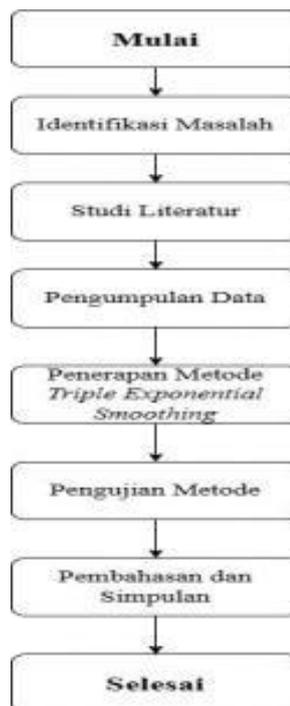
3. Metodologi

Data time series merupakan kumpulan data yang diatur berdasarkan urutan waktu dan tetap konsisten, baik dalam interval tahunan, semesteran, bulanan, mingguan, maupun harian [15]. Inti dari analisis deret waktu adalah untuk menemukan hukum dari data dan memprediksi nilai-nilai masa depan berdasarkan pengamatan historis, yang dapat memberikan referensi dan dasar untuk pengambilan keputusan [5]. Dalam data deret waktu, biasanya ada empat jenis pola. [6] tertera dalam Gambar 1.



Gambar 1 Pola Siklis; (a) Pola Horizontal; (b) Pola Musiman; (c) Pola Data Runtun Waktu; Pola Tren; (d)

Metode penelitian deskriptif kuantitatif digunakan dalam kajian ini, di mana statistik yang dianalisis disajikan dengan bantuan angka. Gambar 2 menggambarkan tingkatan penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 2 Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah rancangan penelitian yang ditunjukkan pada gambar 2. Tahapan penelitian dilaksanakan secara bertahap, sehingga akan memberikan hasil yang dapat dipahami sebagai presisi atau grafik.

3.1 Identifikasi Masalah

Tahapan mendefinisikan masalah, kendala penelitian, tujuan penelitian, dan evaluasi kebermanfaatannya akan menghasilkan identifikasi permasalahan terkait kuantitas pelanggan listrik dan produksi energi di Kota Salatiga.

3.2 Studi Literatur

Hal ini dilaksanakan pada langkah studi literatur melalui mencari sejumlah teori dan teknik-teknik relevan pada beberapa penelitian sebelumnya untuk mencari jawaban-jawaban atas permasalahan-permasalahan yang tersedia

3.3 Pengumpulan Data

Sebagai langkah untuk pengumpulan informasi maupun data, dimana peneliti menerapkan teknik untuk memperoleh data untuk mencapai tujuan penelitian, pada tahap pengumpulan data ini dilakukan melalui pengambilan data sekunder dari badan pusat statistik.

3.4 Penerapan Metode Exponential Smoothing

Setelah mengumpulkan data dalam bentuk time series, kemudian akan dihitung dengan menerapkan metode Triple Exponential smoothing. *Triple Exponential Smoothing* (TES) ialah teknik meramalkan guna memprediksi tren maupun pola pada data *time series*[12]. Pendekatan ini dikembangkan dari metode *Exponential Smoothing* yang lebih sederhana Metode TES menghitung prediksi peramalan dengan menerapkan data historis dan memperbarui prediksi setiap kali ada data baru[7].Metode Parameter *alpha*, *beta*, dan *gamma* harus diinisialisasi terlebih dahulu sebelum peramalan *Triple Exponential Smoothing* dapat dimulai. Dalam sejumlah persamaan, parameter ini digunakan untuk memulai perhitungan smoothing tunggal, tren, dan musiman [8]. Proses ini berlanjut hingga sistem selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan biaya akhir yang diantisipasi atau diperkirakan:

$$St' = \alpha Xt + (1 - \alpha)St'-1 \quad (\text{pemulusan pertama}) \quad (1)$$

$$St'' = \alpha St' + (1 - \alpha)St''-1 \quad (\text{pemulusan kedua}) \quad (2)$$

$$St''' = \alpha St'' + (1 - \alpha)St'''-1 \quad (\text{pemulusan ketiga}) \quad (3)$$

Setelah data telah dilakukan pemulusan maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai pemulusan yang diberi simbol a, b, dan c. Rumus untuk mencari nilainya dapat dilihat seperti pada rumus 4 sampai rumus 6 :

$$at = 3s_{,1} + 3s''t + s'''t \quad (5)$$

$$bt = a/2(1-a)^2[(6 - 5c)s_{,t} - (10 - 8c)s''t + (4 - 3c)s'''t] \quad (6)$$

$$ct = a/2(1-a)^2 (s_{,t} - 2s''t + s'''t) \quad (7)$$

$$F_{t+m} = s_{,t} + btm + 1/2 ct m^2 \quad (8)$$

Keterangan :

$s_{,t}$ = Nilai pemulusan pertama.

$s''t$ = Nilai pemulusankedua.

$S'''t$ = Nilai pemulusan ketiga.

$X_{t+(1-c)}$ = Nilai aktual time series

α = konstanta perataan antara 0 -1

F_{t+m} = peramalan pada waktu t + 1

3.5 Pengujian Metode

Penelitian ini melakukan pengujian menerapkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Teknik MAPE diterapkan guna menentukan seberapa akurat estimasi atau prediksi[13]. Tingkat kesalahan perkiraan dalam kaitannya dengan harga riil koleksi ditunjukkan dengan MAPE. Rumus untuk mencari MAPE [9]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \left| \frac{F_t - y_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (9)$$

dimana:

F_t = Nilai peramalan

y_i = Nilai aktual

n = Banyak data

Tabel 1 Analisa Variasi Nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai	Kemampuan Program
0% - 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Layak
>50%	Tidak Layak

Dari Tabel 1 dinyatakan jika nilainya semakin kecil berarti semakin baik akurasi peramalannya, dan peramalan sudah tidak berfungsi jika nilai MAPE > 50% [11].

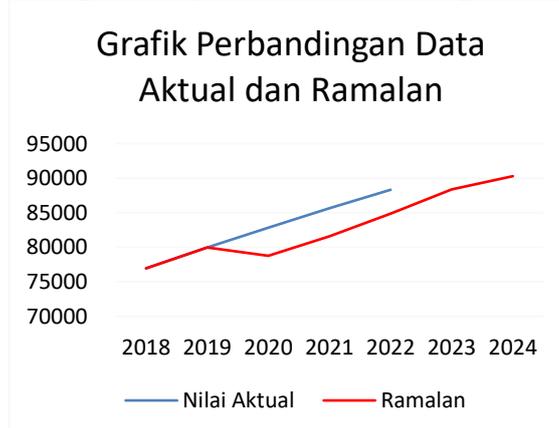
4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menerapkan data, didapatkan melalui *website* resmi Kota Salatiga sumber data yang dipakai diambil dari rentang waktu 2018 - 2022. Berdasarkan data yang telah diolah dari jumlah pelanggan listrik di Kota Salatiga dengan menerapkan metode *Triple Exponential Smoothing* dari tahun 2018 - 2022 dan forecasting untuk tahun 2023 - 2024 tertera dalam tabel berikut :

Tabel 2 Analis Jumlah Pelanggan Listrik

Periode	LTS	S'	S''	S'''	Nilai a	Nilai b	Nilai c	Ramalan
2018	76946	76946	76946	76946				76946
2019	79961	77549	77067	76970	78417	326	24	79961
2020	82850	78609	77375	77051	80753	792	57	78755
2021	85635	80014	77903	77221	83556	1287	89	81574
2022	88325	81676	78658	77509	86565	1748	117	84888
2023								88372
2024								90295

Dari Tabel 2 adalah tabel dari jumlah pelanggan listrik dimana kemudian dapat digambarkan dalam sebuah grafik dimana berdasarkan grafik yang didapatkan dapat dianalisis bahwa terjadi sebuah *Upward* tren dimana data mengalami kenaikan yang konsisten meskipun pada hasil ramalan terdapat perbedaan dengan data aktual pada tahun 2020 sehingga untuk ramalan pada tahun 2019 - 2020 mengalami penurunan, tetapi secara konsisten mengalami kenaikan hingga hasil *forecasting* pada tahun 2023 dan 2024. Perbandingan data aktual dengan hasil prediksi tertera dalam grafik berikut:



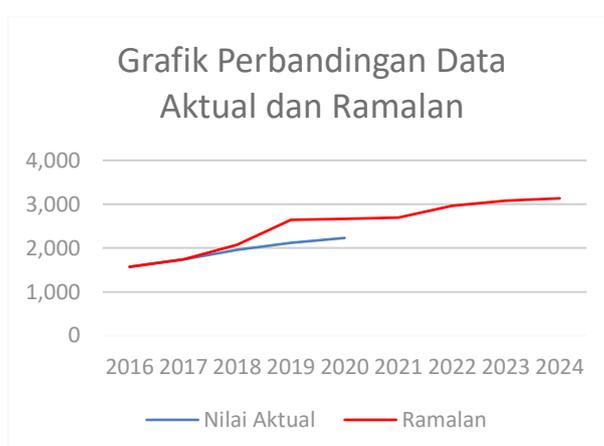
Gambar 3 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Ramalan Jumlah Pelanggan

Dalam penelitian juga menerapkan data tingkat analisis perbandingan dengan jumlah pelanggan sumber data yang dipakai diambil dari rentang waktu 2018 – 2022 di Kota Salatiga, data tertera dalam tabel berikut:

Tabel 3 Tingkat Produksi Listrik Berdasarkan Garda

Periode	LTS	S'	S''	S'''	Nilai a	Nilai b	Nilai c	Ramalan
2016	1571	1571	1571	1571				
2017	1740	1740	1605	1578	1983	91	7	
2018	1962	1962	1676	1597	2455	181	13	2078
2019	2121	2121	1765	1631	2698	207	14	2643
2020	2230	2230	1858	1676	2792	194	12	2662
2021								2694
2022								2967
2023								3081
2024								3134

Dari Tabel 3 kemudian didapatkan grafik bahwa tingkat produksi listrik mengalami peningkatan pertahunnya sehingga dalam grafik bisa dilihat bahwa data ramalan mengalami *Upward* tren dimana untuk data ramalannya secara konsisten mengalami peningkatan seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 4 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Ramalan Tingkat Produksi

Kemudian dari hasil perhitungan data berdasarkan data yang sudah diolah, didapatkan bahwa MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk jumlah pelanggan listrik adalah $4,64\% < 10\%$ dimana hasilnya adalah peramalan sudah sangat akurat atau sangat baik dan untuk tingkat produksi listrik adalah $16,63\%$ dimana hasil ini adalah baik untuk peramalan.

Setelah melakukan penghitungan didapatkan bahwa dari jumlah pelanggan dan tingkat produksi listrik yang ada berdasarkan ramalan karena tingkat ramalannya sudah akurat berdasarkan MAPE yang telah dihitung maka data untuk tahun atau periodenya akan tetap sama dengan nilai ramalan tersebut, sehingga hal ini dapat dijadikan sebuah referensi untuk mengambil keputusan dimasa depan. Data ini bisa digunakan untuk referensi menambah tingkat produksi listrik berdasarkan jumlah pelanggan listrik diperiode berikutnya untuk persiapan yang lebih matang khususnya dibidang energi listrik di Kota Salatiga.

5. Simpulan

Ada berbagai kesimpulan dari sejumlah temuan penelitian yang sudah dilaksanakan: 1) Karena potensinya untuk menampilkan konsekuensi prediksi untuk sejumlah durasi di masa depan, metode *Triple Exponential Smoothing* merupakan pilihan yang luar biasa untuk *time series* seperti yang diterapkan; 2) Hasil penelitian menyatakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dihasilkan untuk pelanggan listrik adalah $4,64\% < 10\%$ yang berarti sangat akurat dan tingkat produksi listrik $16,63\%$ yang berarti sudah baik untuk *forecasting* dan dari hasil MAPE ini berarti ramalan sudah bisa digunakan untuk panduan bagi pengambilan keputusan terkait energi listrik di Kota Salatiga.

Daftar Referensi

- [1] I. N. Darmawan and Kholistianingsih, "Perencanaan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Salatiga," *Jurnal Teodolita*, vol. 22, no. 2, pp.102 - 110, 2021.
- [2] R.N Puspita, "Peramalan Tingkat Pengangguran Terbuka Provinsi Banten Dengan Metode Triple Exponential Smoothing," *Jurnal Lebesgue*, vol. 3, no. 2, pp. 358 - 366, 2022.
- [3] L. I. Effendie, U. P. Wynawati and Q. Ainunnisa, "Perbandingan Analisis Peramalan Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing Pada Indeks Harga Konsumen di Yogyakarta Tahun 2012 - 2022," *Jurnal Bayesian*, vol. 3, no. 1, pp. 122 - 131, 2023.
- [4] J. Vimala and A. Nugroho, "Forecasting Penjualan Obat Menggunakan Metode Single, Double, Dan Triple Exponential Smoothing (Studi Kasus : Apotek Mandiri Medika)," *Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 1, no 2, pp. 90 - 99, 2022.
- [5] Z. Liu , Z. Zhu, J. Gao, and C. Xu, "Forecast Methods for Time Series Data: A Survey," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 91896 - 91912, 2021.
- [6] M. Arumsari and A. T. R. Dani, "Peramalan Data Runtun Waktu menggunakan Model Hybrid Time Series Regression – Autoregressive Integrated Moving Average," *Jurnal Siger Matematika*, vol. 2, no. 1, pp. 1 - 12, 2021.
- [7] H. Hassydiyy and Hasdiana, "Analisis Peramalan (Forecasting) Penjualan Dengan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Pada Huebee Indonesia," *Jurnal Data Science Indonesia*, vol. 2, no. 2, pp. 92 - 100, 2021.
- [8] M. Olivia and Amelia, "Metode Exponential Smoothing Untuk Forecasting Jumlah Penduduk Miskin Di Kota Langsa," *Jurnal Gamma-Pi*, vol. 3, no. 1, pp. 47 - 52, 2021.
- [9] D. Santika, R. S. Hayati and I. Lazuli, "Penerapan Metode Triple Exponential Smoothing Dalam Prediksi Penanaman Bibit Kelapa Sawit Pada PT. Palmanco Inti Sawit," *Jurnal InfoSys*, vol. 5, no. 1, pp. 12 - 24, 2020.
- [10] N. P. L. Santiarinand and I. G. S. Rahayuda, "Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Pada Toko Gitar," *JOINTECS*, vol. 5, no. 3, pp. 203, 2020, doi: 10.31328/jointecs.v5i3.1520.
- [11] R. B. Saputro, K. P. Kartika, and W. D. Puspitasari, "Implementation of the Triple Exponential Smoothing Method for Predicting Helmet Sales," *Network, Comput. Sci*, vol. 4, no. 2, pp. 30–34, 2022.
- [12] M. Abdy, Irwan and F. Lukman, "Penggunaan Metode Double Exponential Smoothing dalam Meramalkan Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kota Makassar," *JOMTA*, vol. 5, no. 2, pp. 61 -66, 2023.
- [13] D. M. Khairina, Y. Daniel and P. P. Widagdo, "Comparison of double exponential smoothing and triple exponential smoothing methods in predicting income of local water company," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1943, pp. 1 - 10, 2021, doi: doi:10.1088/1742-6596/1943/1/012102
- [14] Bustami, A. M. Yolanda and N. Thahira, "Forecasting Non-Oil and Gas Exports in Indonesia Using Double and Triple Exponential Smoothing Methods," *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management (IJIEEM)*, vol. 5, no. 1, pp. 45 - 49, 2023.
- [15] G. Agiyani, Malahayati and A. S. Wati, "Perbandingan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Untuk Prediksi Jumlah Polis Asuransi Kendaraan Pada PT X Kota Palembang," *Journal of Information Technology Ampera*, vol. 3, no. 3, pp. 382 -390, 2022.