

Refining Sugar Production Forecasts: Analyzing Forecasting Techniques for Operational Precision

Prakiraan Produksi Gula Penyulingan: Menganalisis Teknik Peramalan untuk Ketepatan Operasional

Muhammad Faisal Andreyanto^{1*}, Hana Catur Wahyuni²
Email coresponding author: faisalandreyanto@gmail.com

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Raya Gelam No. 250, Pagerwaja, Gelam, Kec. Candi, Sidoarjo, Jawa Timur

Abstract. *This study compares the efficacy of moving averages and double exponential smoothing (Holt's method) in predicting sugar production, using historical data. Results reveal that double exponential smoothing outperforms moving averages, offering more accurate forecasts, particularly in contexts requiring responsiveness to data trends. These findings hold significant implications for enhancing operational efficiency and readiness in the sugar industry, guiding maintenance scheduling and production target achievement.*

Keywords - Forecasting; Moving Average; Sugar Production

Abstrak. *Penelitian ini membandingkan kemampuan rata-rata bergerak dan pemulusan eksponensial ganda (metode Holt) dalam memprediksi produksi gula, dengan menggunakan data historis. Hasilnya menunjukkan bahwa pemulusan eksponensial ganda mengungguli rata-rata bergerak, menawarkan prakiraan yang lebih akurat, terutama dalam konteks yang membutuhkan responsif terhadap tren data. Temuan ini memiliki implikasi yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan kesiapan operasional di industri gula, memandu penjadwalan pemeliharaan dan pencapaian target produksi.*

Kata Kunci - Peramalan; Rata-rata Bergerak; Produksi Gula

I. PENDAHULUAN

Gula sebagai komoditi yang memiliki peranan yang sangat vital, tidak hanya menjadi kebutuhan pokok masyarakat Indonesia, tetapi juga merupakan unsur yang tak terpisahkan dari berbagai sektor industri. Selain berperan sebagai bahan dasar dalam pembuatan makanan, minuman, dan pengawetan produk pangan, gula pasir menjadi elemen krusial dalam menjawab kebutuhan konsumsi yang terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia. Keberadaan gula pasir, sebagai sumber energi yang penting, menjadi elemen kunci dalam menyokong ketahanan pangan dan industri makanan. Permintaan yang terus menerus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk, menjadikan gula sebagai komoditi strategis dalam mendukung stabilitas pangan dan perkembangan industri di Indonesia. Tak hanya itu, Indonesia sebagai negara dengan potensi geografis yang sangat menguntungkan, mampu menjelma sebagai salah satu produsen gula terbesar. Kondisi geografis yang memadai untuk pertumbuhan tanaman tebu yang berkualitas [1].

Perencanaan produksinya bukan hanya sekadar sebuah kegiatan, melainkan suatu proses yang melibatkan penilaian mendalam terhadap data historis dan situasi saat ini. Lebih dari itu, perencanaan produksi juga mencakup kemampuan untuk meramalkan perubahan dan kecenderungan yang mungkin terjadi di masa depan, dengan tujuan mengidentifikasi strategi dan menyusun jadwal produksi yang optimal. Perencanaan produksi mengharuskan penaksir untuk mengidentifikasi dan memproyeksikan permintaan atas produk atau jasa yang diantisipasi akan disediakan oleh perusahaan dalam periode mendatang. Oleh karena itu, peramalan dianggap sebagai elemen esensial dalam kerangka perencanaan produksi, dimana keberhasilan dan keefektifan perencanaan tersebut sangat tergantung pada kemampuan akurat penaksir dalam memproyeksikan kebutuhan dan permintaan pasar yang akan datang [2]. Perencanaan produktivitas adalah langkah dalam menyusun rencana untuk meningkatkan efisiensi perusahaan, didasarkan pada hasil analisis produktivitas yang diperoleh selama tahap evaluasi produktivitas. Perencanaan ini mencakup langkah-langkah yang akan diambil oleh perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam periode selanjutnya [3]. Peramalan dalam produksi gula diperlukan untuk mengetahui apakah bulan selanjutnya dapat memenuhi target atau tidak. Besarnya produksi gula dijadikan sebagai acuan penyelenggaraan *maintenance* yang dilakukan sebelum datangnya masa giling.

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan sistem peramalan produksi gula dengan cara membandingkan dua metode yang menggunakan *moving average* dan *double exponential smoothing (holt's method)*. Hasil penelitian ini

diharapkan mampu memberikan kontribusi secara akademis pada pemahaman tentang perbandingan antar kedua metode tersebut dalam meramalkan produksi gula.

II. METODE

A. Peramalan

Peramalan adalah proses penting dalam manajemen yang memungkinkan untuk merencanakan ke depan dengan lebih efisien. Dengan melakukan estimasi kebutuhan di masa mendatang, baik dalam hal kuantitas, kualitas, waktu, maupun lokasi. Peramalan membantu dalam memenuhi permintaan barang atau jasa. Peramalan adalah proses memproyeksikan atau meramalkan peristiwa masa depan dengan pendekatan perencanaan yang terstruktur. Dalam konteks ini, peramalan melibatkan penyusunan rencana yang didasarkan pada evaluasi kapasitas serta kemampuan permintaan dan produksi yang telah dianalisis di perusahaan [4].

Peramalan merupakan gabungan keterampilan artistik dan pengetahuan ilmiah untuk meramal peristiwa-peristiwa yang akan terjadi dengan menggunakan data historis. Proses ini melibatkan proyeksi ke masa depan dengan memanfaatkan berbagai jenis model matematis [5].

B. Metode *Moving Average*

Moving Average adalah rata-rata bergerak yaitu suatu metode peramalan yang menggunakan nilai rata-rata dari data masa lalu, seperti rata-rata bergerak 3 tahun, 4 bulan, 5 minggu, dan sebagainya. Untuk melakukan prediksi, diperlukan data historis selama periode tertentu. Semakin lama periode perataan, prediksi yang dihasilkan akan menjadi lebih halus. Rumus yang digunakan [6].

$$S_{t+1} = \frac{X_1 + X_{t-1} + \dots + X_{t-n+1}}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

S_{t+1} : *forecasting* untuk periode ke $t+1$

X_n : data pada periode t

n : jangka waktu *moving average*

C. Metode *Double Exponential Smoothing (Holt's Method)*

Double Exponential Smoothing (DES) menggambarkan sebuah teknik peramalan yang melibatkan sukseksi perhitungan berkelanjutan, di mana data masa lalu yang paling baru diambil sebagai landasan perhitungan untuk menghasilkan rata-rata penghalusan secara eksponensial. Model *Holt*, sebagai contoh lain, menggunakan dua parameter kunci, yaitu α (alpha) yang mengontrol tingkat pemulusan eksponensial, dan β (beta) yang bertanggung jawab atas pemulusan trend. *Holt* memanfaatkan prinsip dasar pemulusan eksponensial, yang sejalan dengan metode Brown, meskipun pendekatannya lebih kompleks dan tidak menggunakan rumus pemulusan secara langsung. Dengan demikian, DES dan model *Holt* menawarkan pendekatan matematis yang berkelanjutan dan iteratif dalam meramalkan data berdasarkan informasi historis terkini [7]. Metode ini menggunakan parameter α , yang memiliki nilai di antara 0 dan 1. Semakin banyaknya data yang digunakan dalam perhitungan ramalan, maka kesalahan persentase ramalannya akan semakin berkurang, begitu pula sebaliknya [8]. Metode *Holt* menggunakan tiga persamaan, yaitu:

1. Menentukan nilai *single exponential smoothing* (S_t)

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

2. Menentukan nilai *double exponential smoothing* (T_t)

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (3)$$

3. Menentukan nilai peramalan atau *forecast* f_{t+m}

$$f_{t+m} = S_t + T_t \cdot m \quad (4)$$

Keterangan:

S_t' : nilai *Single Exponential Smoothing* periode ke- t

X_t : nilai aktual periode ke- t

α dan β : parameter *smoothing* ($0 < \alpha < 1$)
 T_t : nilai *Trend* periode ke- t
 $F_t + m$: hasil peramalan atau *forecast*
 m : jumlah periode yang akan diramalkan

D. Uji Kesalahan Peramalan

Akurasi hasil peramalan diukur dengan mengestimasi tingkat kesalahan peramalan, yang mencerminkan perbedaan antara hasil permintaan yang diprediksi dan permintaan yang sebenarnya terjadi. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi sejauh mana keakuratan data peramalan yang telah dihasilkan, yang dapat diukur dengan menghitung perbedaan antara data aktual dan data peramalan menggunakan metrik seperti *mean square error* (MSE), *mean absolute percentage error* (MAPE), dan *mean absolute deviation* (MAD). Dengan demikian, penilaian akurasi peramalan dilakukan melalui analisis kesalahan yang melibatkan perhitungan nilai sebenarnya dan nilai peramalan menggunakan metode-metode evaluasi tersebut [9].

E. Mean Square Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi hasil perhitungan peramalan. Dalam menggunakan *Mean Squared Error* (MSE), proses ini melibatkan langkah-langkah pengkuadratan dari seluruh nilai kesalahan yang dihasilkan, yang kemudian dibagi oleh total jumlah periode pada perhitungan peramalan tersebut [10]. Berikut Persamaannya:

$$MSE = \frac{\sum |A_t - F_t|^2}{n} \quad (5)$$

Keterangan:

A_t : permintaan aktual pada periode t
 F_t : peramalan permintaan pada periode t
 n : jumlah periode peramalan yang terlibat

F. Mean Absolute deviation (MAD)

Mean absolute deviation merupakan hasil pengurangan antara nilai aktual dan nilai ramalan untuk setiap periode, yang selanjutnya diambil nilai absolutnya, dan akhirnya dilakukan penjumlahan terhadap seluruh hasil tersebut [9]. Persamaan untuk menghitung *mean absolute deviation* dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n} \quad (6)$$

Keterangan:

A_t : *actual*
 F_t : hasil peramalan
 n : jumlah periode

G. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Setelah mengabsolutkan hasil pengurangan antara nilai aktual dan nilai peramalan, langkah berikutnya adalah membagi setiap hasil tersebut dengan nilai aktual pada masing-masing periode, dan akhirnya, melakukan penjumlahan seluruh hasil tersebut. Semakin rendah nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dapat diartikan bahwa model peramalan dianggap baik [9]. Persamaan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum (\text{Deviiasi Absolute}) / (\text{Nilai Actual}) \times 100\%}{n} \quad (7)$$

Berikut range nilai MAPE

Tabel 1. Range Nilai MAPE

Nilai	Keterangan
<10%	Kemampuan Peramalan Sangat baik
10-20%	Kemampuan Peramalan yang baik
20-50%	Kemampuan peramalan yang wajar
>50%	Kemampuan peramalan yang buruk

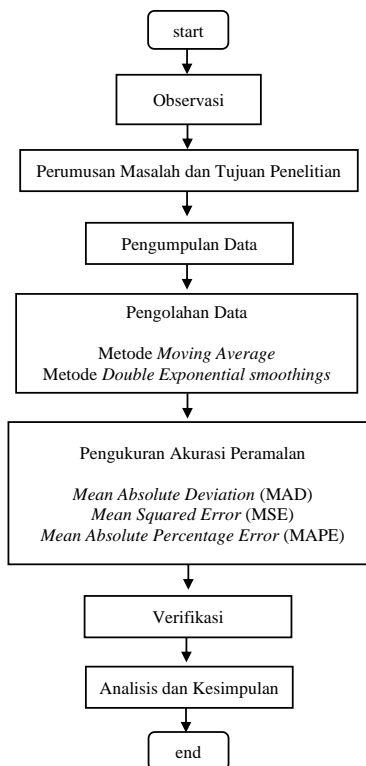
Sumber : [9].

Metode kuantitatif merupakan pendekatan penelitian yang mengharuskan penggunaan data historis atau empiris, metode ini menekankan pengumpulan dan analisis data yang dapat diukur atau memiliki satuan ukuran tertentu.

Peramalan *time series* memiliki signifikansi yang tinggi. Dalam *time series*, aspek waktu sering menjadi variabel krusial dalam pengambilan keputusan atau peramalan. Para pemimpin perusahaan atau individu yang melakukan peramalan umumnya memanfaatkan data historis untuk memproyeksikan berbagai jenis variabel, seperti perubahan dalam harga saham, penjualan produk, dan dalam konteks ini, perubahan pendapatan dari periode ke periode. Penggunaan *time series* biasanya ditujukan untuk meramalkan masa depan dan dibentuk dengan memanfaatkan data terperinci yang terkumpul dari beberapa waktu di masa lalu untuk memahami perubahan dalam *tren* [11].

Metode komparatif adalah suatu bentuk penelitian yang difokuskan pada perbandingan keberadaan satu variabel atau lebih di antara dua atau lebih sampel dan dilakukan pada waktu yang berbeda [4].

Metode pengumpulan data sekunder proses produksi perusahaan yang didapat melalui *quality assurance* selama kurun waktu yang ditentukan. Data yang sudah di dapat kemudian diolah menggunakan software pengolah data, dan pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan aplikasi *POM QM for Windows*. Diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data

Adapun data yang akan diolah dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari *quality assurance* yang berupa jumlah hasil produksi gula dari tahun 2021 sampai 2023 yang dapat dilihat pada tabel 2. Dari hasil grafik produksi dapat diidentifikasi bahwa pola perubahan adalah Pola Horizontal. Pola data horizontal merujuk pada fluktuasi data yang bergerak sekitar nilai rata-rata. Jenis pola ini mencakup produk yang penjualannya stabil atau mengalami penurunan selama periode tertentu [12].

Tabel 2. Data Historis Produksi Gula.

No	Bulan	Data Produksi
1	Mei-21	1735
2	Jun-21	3136,5
3	Jul-21	1285,5
4	Agu 21	3021
5	Sep-21	1367,5
6	Mei-22	1154,5
7	Jun-22	4291
8	Jul-22	4435
9	Agu-22	5542
10	Sep-22	5126,5
11	Okt-22	2745
12	Mei-23	875
13	Jun-23	4183,5
14	Jul-23	4710,5
15	Agu-23	4612
16	Sep-23	1744

Sumber: Data Produksi Gula 2023

Penelitian ini menggunakan metode *moving average* dan *double exponential smoothing (holt's method)*. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil analisis data dengan metode *double exponential smoothing (holt's method)*

Tabel 3. Hasil Peramalan Menggunakan Metode

<i>double exponential smoothing (holt's method).</i>	
α	<i>Forecasting</i>
0,1	2268,84
0,2	3226,25
0,3	3011,82
0,4	2950,85
0,5	2840,19
0,6	2600,35
0,7	2333,50
0,8	2161,59
0,9	2261,47

Sumber: Pengolahan Data

Hasil peramalan pada Tabel 3 dimulai dari parameter $\alpha = 0,1$ sampai $\alpha = 0,9$. Dari hasil analisis tersebut akan dibandingkan dari $\alpha = 0,1$ sampai $\alpha = 0,9$ dan dipilih yang memiliki kesalahan (*error*) terkecil yang merupakan metode *double exponential smoothing (holt's method)* terbaik untuk meramalkan jumlah produksi gula.

Tabel 4. Perbandingan Kesalahan (*error*) pada setiap α .

α	MAD	MSE	MAPE
0,1	2043,418	6117187	1,145
0,2	1463,468	2891470	0,8348
0,3	1082,887	1947787	0,6395
0,4	1030,75	1694312	0,5772
0,5	1066,337	1830923	0,5884
0,6	1149,15	2187855	0,6335
0,7	1290,025	2655737	0,7102
0,8	1429,637	3182440	0,8024
0,9	1607,491	3839823	0,9299

Sumber: Pengolahan Data

Setelah diperoleh hasil analisis metode *double exponential smoothing (holt's method)* nilai MAD, MSE, dan MAPE terbaik didapatkan nilai terbaik yaitu $\alpha = 0,4$ yang memiliki nilai MAD 1030,75, nilai MSE 1694312, dan nilai MAPE 0,5772. Nilai tersebut diperoleh dari perbandingan nilai MAD, MSE, dan MAPE dari masing-masing α . Untuk melihat keseleruhan hasil nilai kesalahan tiap α dilihat dari analisis pada Tabel 4.

Perhitungan peramalan dengan metode *moving average* dengan menghitung rata-rata 3, 6, dan 12 dari data aktual terakhir untuk mencari nilai *forecasting*-nya. Dengan menggunakan rumus [6] dan berdasarkan data aktual pada tabel

2. Berikut ini perhitungannya:

$$S_{11} = \frac{(4710,5+4612+1744)}{3}$$

$$S_{11} = \frac{11.066,5}{3}$$

$$S_{11} = 3688,8$$

Tabel 5. Hasil Peramalan Menggunakan Metode *Moving Average*.

Periode	Forecasting
3 bulanan	3688,8
6 bulanan	3145
12 bulanan	3398,8

Sumber: Pengolahan Data

Maka didapatkan hasil dari perhitungan *forecasting* metode *moving average* seperti pada tabel 5. untuk periode 3, 6, dan 12 bulanan pada jumlah produksi gula.

Tabel 6. Perbandingan Kesalahan (*error*) pada Setiap Periode.

Periode	MAD	MSE	MAPE
3 bulanan	1801,692	4018665	0,83682
6 bulanan	1704,275	3695518	0,72271
12 bulanana	1512,354	2321685	0,49026

Sumber: Pengolahan Data

Setelah diperoleh hasil analisis metode *moving average* nilai MAD, MSE, dan MAPE terbaik didapatkan nilai terbaik yaitu terdapat pada periode perhitungan 12 bulanan yang memiliki nilai MAD 1513,354, nilai MSE 2321685, dan nilai MAPE 0,49026. Dapat dilihat perbandingan nilai MAD, MSE, dan MAPE pada setiap periode pada tabel 6.

Tabel 7. Perbandingan Nilai MAD, MSE dan MAPE pada Metode *Moving Average* dan *Double Exponential Smoothing (holt's method)*

Metode	MAD	MSE	MAPE
--------	-----	-----	------

<i>Moving average</i>	1512,35	2321685	0,4902
<i>double exponential smoothing (holt's method)</i>	1030,75	1694312	0,5772

Sumber: Pengolahan Data

Selanjutnya, dibandingkan nilai kesalahan (*error*) antara metode *moving average* dan *double exponential smoothing (holt's method)* untuk mendapatkan metode yang paling efektif untuk peramalan produksi gula di bulan Mei 2024.

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat metode *double exponential smoothing (holt's method)* memberikan nilai yang lebih baik daripada *moving average* 12 bulanan. Jadi, metode yang sesuai dan memiliki nilai kesalahan dominan kecil untuk meramalkan jumlah produksi gula Kremboong adalah metode *double exponential smoothing (holt's method)* $\alpha = 0,4$ dengan peramalan pada bulan Mei 2024 sebesar 2950,85 karung.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, metode yang sesuai untuk meramalkan jumlah produksi gula bulan selanjutnya menggunakan metode *double exponential smoothing (holt's method)* dikarenakan memiliki perbandingan nilai kesalahan (*error*) unggul dalam dua indikator yaitu MAD dan MSE dengan nilai 1030,75 dan 1694312. Keputusan ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional pabrik gula dan memastikan kesiapsiagaan yang optimal menjelang musim giling. Selanjutnya, penelitian lebih lanjut dan pengembangan model peramalan yang lebih kompleks dapat menjadi langkah berikutnya dalam upaya meningkatkan akurasi dan ketepatan peramalan untuk pengelolaan produksi gula yang lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pelatihan di lapangan. Pengalaman ini telah memperluas wawasan saya tentang industri gula dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang proses produksi gula, perencanaan pemeliharaan, serta penggunaan teknik peramalan yang telah menjadi fokus penelitian saya.

REFERENSI

- [1] A. Ridhwan, D. E. Ratnawati, and B. Rahayudi, "Peramalan Produksi Gula Pasir Menggunakan Fuzzy Time Series dengan Optimasi Algoritma Genetika (Studi Kasus PG Candi Baru Sidoarjo)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 8, pp. 2542–2548, 2018.
- [2] S. Mardiyah, M. Y. Fajar, and F. H. Badruzzaman, "Penggunaan Forecasting dan Goal Programming dalam Optimasi Perencanaan Produksi Beras," *Bandung Conf. Ser. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 83–93, 2022.
- [3] H. C. Wahyuni and S. Setiawan, "Implementasi Metode Objective Matrix (OMAX) Untuk Pengukuran Produktivitas Pada PT.ABC," *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 1, no. 1, pp. 17–21, 2017.
- [4] R. Awaluddin, R. Fauzi, and D. Harjadi, "Perbandingan Penerapan Metode Peramalan Guna Mengoptimalkan Penjualan (Studi Kasus Pada Konveksi Astaprint Kabupaten Majalengka)," *J. Bisnisan. Ris. Bisnis dan Manaj.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–18, 2021.
- [5] R. Ariyanto, D. Puspitasari, and F. Ericawati, "Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan," *J. Inform. Polinema*, vol. 4, no. 1, p. 57, 2017.
- [6] E. Siswanto, E. Satria Wibawa, and Z. Mustofa, "Implementasi Aplikasi Sistem Peramalan Persediaan Barang Menggunakan Metode Single Moving Average Berbasis Web," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 14, no. 2, pp. 224–233, 2021.
- [7] S. Raihan, E. Sanggala, and M. A. Bisma, "Peramalan Kebutuhan Footwear di PT XYZ Osl Idn Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Holt dengan Genetic Algorithm (One Point Crossover & One Point Mutation) Sebagai Parameter Nilai Alpha dan Beta," vol. 7, pp. 27897–27907, 2023.
- [8] C. V. Hudyanti, F. A. Bachtiar, and B. D. Setiawan, "Perbandingan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara di Bandara Ngurah

- Rai," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 2667–2672, 2019.
- [9] R. Y. Hayuningtyas and R. Sari, "Aplikasi Peramalan Alat Kesehatan Menggunakan Single Moving Average," *J. Infotech*, vol. 3, no. 1, pp. 40–45, 2021.
- [10] A. Putrasyah and Sukemi, "Perhitungan Peramalan Harga Emas Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing Dan Single Moving Average," *Annu. Res. Semin.*, vol. 5, no. 1, pp. 237–241, 2019.
- [11] M. A. Maricar, "Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ," *J. Sist. Dan Inform.*, vol. 13, no. 2, pp. 36–45, 2019.
- [12] N. Hudaningsih, S. Firda Utami, and W. A. Abdul Jabbar, "Perbandingan Peramalan Penjualan Produk Aknil Pt.Sunthi Sepurimenggunakan Metode Single Moving Average Dan Single Exponential Smooting," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 15–22, 2020.