

PERAMALAN DOUBLE MOVING AVERAGE DAN DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING JUMLAH PENUMPANG DI STASIUN KOTABARU MALANG

Zahrah Ambar Sari¹, Mardiana Andarwati²

^{1,2}Universitas Merdeka Malang

¹20083000124@student.unmer.ac.id, ²mardiana.andarwati@unmer.ac.id

Received: 20-01-2024

Revised: 25-01-2024

Approved: 29-01-2024

ABSTRAK

Peramalan sangat penting menggunakan data historis untuk memprediksi hasil di masa depan. Penelitian ini berfokus pada transportasi umum, sebuah layanan yang dirancang untuk mengangkut orang atau barang antar tempat dengan jadwal dan rute yang telah ditentukan. Studi ini secara khusus berusaha meramalkan jumlah penumpang kereta api bulanan di Stasiun Kotabaru, Malang. Penelitian ini mengevaluasi keakuratan prediksi dengan melakukan analisis kesalahan dengan menggunakan Error Rata-rata Square (MSE) dan Error Rata-rata Persentase (MAPE). Hasil penelitian ini dapat memprediksi jumlah penumpang kereta api di Stasiun Kotabaru Malang dengan perhitungan Double Moving Average karena telah terbukti lebih efektif daripada perhitungan Double Exponential Smoothing. Berdasarkan perhitungan uji Mean Square Error dan Mean Absolute Percentage Error. Dengan MSE 832672151, nilai error yang lebih rendah diperoleh dengan nilai MAPE terendah sebesar 13%, dan hasil peramalan sebesar 177565.

Kata Kunci : Peramalan, Double Moving Average, Double Exponential Smoothing

PENDAHULUAN

Angkutan kereta api merupakan transportasi yang dapat mengangkut banyak penumpang atau barang. Kereta api dapat menghemat energi, ruang dan memiliki keamanan yang cukup tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah, dan lebih efisien daripada jalan raya untuk bepergian jarak jauh dan daerah dengan lalu lintas yang padat. Masyarakat sangat menyukai kereta api, terutama di Pulau Jawa Timur. Kota Malang adalah salah satu kota di Jawa Timur yang memiliki stasiun. Volume penumpang di kereta api Kotabaru Malang berubah setiap bulan, menurut data BPS Kota Malang. Dari Januari 2022 hingga Desember 2022, kereta ekonomi menerima 1.381.137 penumpang, kereta bisnis menerima 24.752 penumpang, dan kereta eksekutif menerima 270.220.

Gusfadilah (2019) menggunakan Exponential Smoothing, sebuah teknik yang secara konsisten meningkatkan akurasi prediksi dengan menghaluskan nilai masa lalu seiring dengan penurunan nilai dalam rangkaian data deret waktu. Prediksi dievaluasi dengan menggunakan MAPE. Selama periode lima tahun, dengan nilai $\alpha = 0,9$, $\alpha = 0,1$, dan $\alpha = 0,1$, nilai MAPE yang paling kecil diperoleh dalam perhitungan Triple Exponential Smoothing, yang menghasilkan nilai 13,563. Metode ini dianggap efektif karena nilai MAPE berada di kisaran 10–20.

Dalam studi lain yang dilakukan oleh Sarumaha (2021), metode pengembangan sistem, terutama metode Double Moving Average, digunakan untuk mengatur barang yang diperlukan di bagian gudang. Metode ini digunakan untuk memprediksi penjualan tiket masa depan dengan fluktuasi acak, terutama ketika perusahaan memperkirakan peningkatan permintaan tiket pada bulan berikutnya. Studi Hudyanti (2019), yang

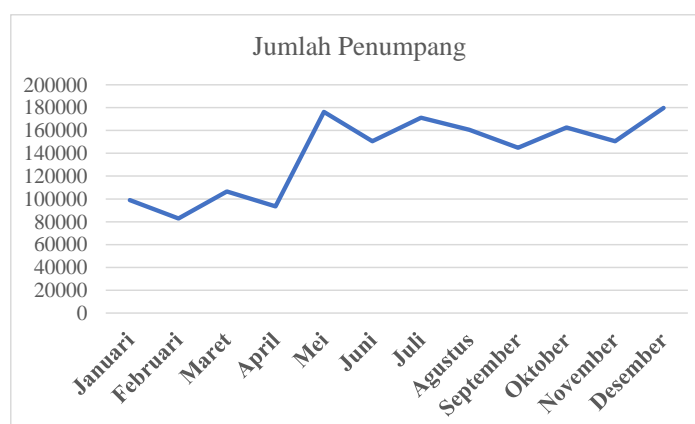
menggunakan teknik peramalan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing, menemukan bahwa metode Double Exponential Smoothing sangat baik dalam perhitungan ramalan jumlah wisatawan asing yang datang ke Bandar Udara Ngurah Rai.

Penelitian Setia Budi & Susilo (2022) menemukan bahwa sistem mereka yang menggunakan situs web yang dibangun di atas kerangka kerja CodeIgniter memiliki akurasi 98%. Akurasi ini didukung oleh pola data yang relevan, terutama pola jumlah penumpang tahunan yang memiliki data tren dan statis. Sebuah nilai kurang dari 25% dihasilkan ketika data diuji dengan metode pengujian kesalahan rata-rata persen. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Listiowarni (2020), metode yang paling efektif untuk memprediksi harga beras dibandingkan dengan dua perhitungan peramalan yaitu Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing. Sebagai hasil dari perhitungan yang dihasilkan, perhitungan Double Moving Average mendapatkan hasil perhitungannya

Penelitian ini dibuat dan disesuaikan untuk kasus khusus berdasarkan penelitian sebelumnya. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah menentukan metode peramalan yang paling akurat dengan menggunakan metode Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing. Tujuan utamanya untuk memprediksi jumlah penumpang di bulan mendatang, memberikan informasi yang bermanfaat bagi PT KAI atau masyarakat lainnya yang membutuhkan informasi tentang prediksi jumlah penumpang di masa mendatang. Menilai ketepatan masing-masing metode dalam meramalkan jumlah penumpang, dua jenis pengukuran digunakan: MSE dan MAPE.

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, data yang digunakan merupakan data sekunder dari website resmi milik BPS (Badan Pusat Statistik). Populasi pada penelitian ini merupakan jumlah kedatangan penumpang di Stasiun Kota Baru dari PT Kereta Api Indonesia (Persero). Data yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari kedatangan penumpang di stasiun Malang Kotabaru dari Januari 2022 hingga Desember 2022. Setelah menganalisis data penumpang perbulan disajikan pada Tabel 1, peneliti menemukan bahwa pola tren yang jelas ditandai dengan periode peningkatan dan penurunan di Gambar 1.



Gambar 1. Data Penumpang Kedatangan Kereta Api

Tabel 1.
Data Penumpang Kereta

Bulan	Data
Januari	98933
Februari	82908
Maret	106553
April	93422
Mei	176219
Juni	150560
Juli	171109
Agustus	160535
September	144935
Oktober	162613
November	150599
Desember	179723

Double Moving Average

Perhitungan menggunakan Double Moving Average memiliki beberapa keuntungan, termasuk menggunakan jumlah data yang cukup kecil, parameter yang cukup sedikit, dan pemrosesan data yang mudah. Metode ini menghilangkan kebutuhan untuk analisis autoregresi dan memungkinkan transformasi data yang tidak stasioner. Dengan kurang dari lima puluh titik data observasi dan pola data non-stasioner serta tidak ada pola musiman yang terlihat, ini adalah pilihan yang baik untuk peramalan jangka pendek [7]. Berikut langkah perhitungan mencari nilai Double Moving Average:

$$S' = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-k-1}}{k} \quad (1)$$

Nantinya k merupakan orde waktu sedangkan X_t masukkan data primer. Apabila sudah melakukan perhitungan S' , gunakan persamaan (2) untuk menghitung Double Moving Average dari hasil Moving Average yang bisa dilihat menggunakan rumus S'' .

$$S'' = \frac{S_t + S_{t-1} + S_{t-2} + \dots + S_{t-k-1}}{k} \quad (2)$$

Langkah selanjutnya adalah apabila sudah mendapatkan nilai S'' , maka mencari nilai konstanta (a_t) dan b_t dengan perhitungan rumus seperti (3) dan (4) di bawah ini:

$$a_t = 2S't - S''t \quad (3)$$

$$b_t = \frac{2}{k-1} (S't - S''t) \quad (4)$$

Langkah terakhir yakni menentukan dengan menggunakan persamaan (5), jumlahkan untuk menentukan perhitungan yang akan datang. Periode peramalan yang diinginkan di masa depan diwakili oleh variabel m .

$$F_{t+m} = \alpha_t + \beta_t^m \quad (5)$$

Double Exponential Smoothing

Apabila data historis menjadi pola tren, maka Double Exponential Smoothing dapat diterapkan. Perhitungan termasuk menentukan konstanta alpha dan beta, memilih nilai dalam rentang 0–1, dan membandingkan kesalahan untuk menemukan hasil prakiraan yang paling akurat. Nilai kesalahan yang lebih rendah menghasilkan perkiraan yang lebih tepat. [8].

Langkah menghitung Double Exponential Smoothing yang pertama adalah dimulai dengan persamaan (6) yakni menghitung nilai S_t , kemudian menghitung pemulusan kedua pada persamaan (7) atau T_t

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) (S_{t+1} + T_{t-1}) \quad (6)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t+1} \quad (7)$$

Setelah mendapatkan nilai S_t dan T_t Langkah selanjutnya perhitungan forecasting pada persamaan (8)

$$F_{t+m} = S_t + T_{t-m} \quad (8)$$

Pada perhitungan awal untuk menentukan S_1 dan T_1 menggunakan persamaan (9) dan persamaan (10)

$$S_1 = X_t \quad (9)$$

$$T_1 = X_2 - X_1 \quad (10)$$

Mean Square Error

Metode peramalan alternatif adalah Mean Squared Error (MSE). Metode ini sangat penting karena metode ini cenderung lebih menyukai peramalan dengan kesalahan moderat daripada peramalan dengan kesalahan yang sangat besar [9].

$$MSE = \sum (t - Ft)^2 \quad (11)$$

$$e_t = X_t - F_t \quad (12)$$

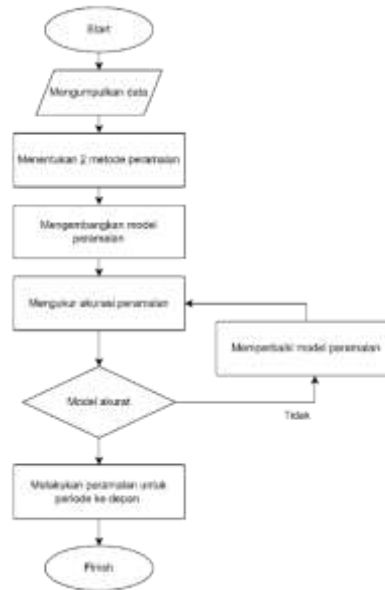
Mean Absolute Percentage Error

Mean Percentage Absolut Error (MAPE) perhitungan ini menggunakan dengan cara kesalahan absolut tiap periode dibagi dengan data primer atau aktual, kemudian merata-ratakan kesalahan absolut. Mean Absolute Percentage Error dibuat untuk menghitung persentase perbedaan yang diramalkan dengan data aktual atau data primer [10].

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=0}^n \left| \frac{Y_i - X_i}{X_i} \right| \quad (13)$$

Flowchart

Tahapan desain alur penelitian menggunakan *flowchart* seperti berikut ini:



Gambar 2. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi dan membandingkan perhitungan peramalan yakni Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing dengan menentukan perhitungan mana yang paling efektif guna memprediksi jumlah kedatangan penumpang yang akan datang di Kotabaru Malang adalah tujuan dari penelitian ini.

Perhitungan Double Moving Average

Perhitungan jumlah penumpang kereta api di Tabel 2 dilakukan menggunakan Microsoft Excel dengan data yang diekstrak dari Tabel 1. Kolom "S" menunjukkan peramalan rata-rata bergerak tunggal, yang dihitung dengan persamaan 1. Kolom "at" menunjukkan konstanta, dapat dinilai dengan persamaan 3, dan kolom "bt" menunjukkan koefisien tren, yang diperhitungkan dengan persamaan 4. Pada kolom "ft+m" menunjukkan hasil prediksi, yang dihitung dengan persamaan 5.

Tabel 2.
 Metode DMA

Bulan	Data	S'	S''	at	bt	F_{t+m}
Januari	98933					
Februari	82908					
Maret	106553	96131,33				
April	93422	94294,33				
Mei	176219	125398	105274,6	145521,4	20123,44	
Juni	150560	140067	119919,8	160214,2	20147,22	165644,9
Juli	171109	165962,7	143809,2	188116,1	22153,44	180361,4
Agustus	160535	160734,7	155588,1	165881,2	5146,556	210269,6
September	144935	158859,7	161852,3	155867	-2992,67	171027,8
Oktober	162613	156027,7	158540,7	153514,7	-2513	152874,3
November	150599	152715,7	155867,7	149563,7	-3152	151001,7
Desember	179723	164311,7	157685	170938,3	6626,667	146411,7
						177565

Perhitungan Double Exponential Smoothing

Perhitungan jumlah penumpang yang dilakukan menggunakan Microsoft Excel disajikan dalam tabel 3, yang menggunakan data dari tabel 1. Kolom X_t menunjukkan data aktual atau data primer, kolom S_t menunjukkan kolom level yang dihitung dengan persamaan 6, kolom T_t menunjukkan kolom tren yang dihitung dengan persamaan 7, dan persamaan 8 menentukan kolom peramalan.

Tabel 3.
 Metode DES

X_t	S_t	T_t	F_{t+m}
98933	98933	-16025	
82908	90921	-12019	82908
106553	80905	-11017	78902
93422	88220	-1851	69888
176219	89896	-88	86369
150560	133014	21515	89808
171109	152544	20523	154529
160535	172088	20033	173067
144935	176328	12137	192121
162613	166700	1254	188465
150599	165284	-81	167954
179723	157901	-3732	165203
			154169

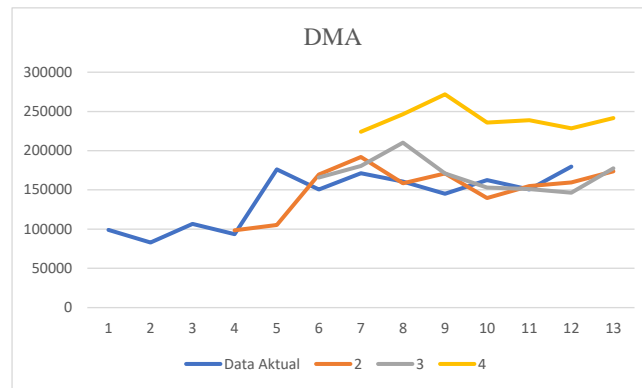
Uji MSE dan MAPE Moving Average

Dalam persamaan 11, Kolom MSE diperoleh dari kesalahan perkiraan rata-rata yang dikuadratkan. Sebelum menjalankan perhitungan persamaan 11 untuk mengetahui nilai error (e_t) dilakukan perhitungan persamaan 12. Kolom MAPE diperoleh dari rata-rata kesalahan absolute error merupakan perhitungan persamaan 13. Kolom orde waktu menggunakan periode 2,3 dan 4.

Pada tabel 4 sesuai dengan hasil pengujian perhitungan Double Moving Average mendapatkan bahwa Mean Square Error dan Mean Absolute Percentage Error pada orde waktu 2 adalah 1039368864 dan 16%, nilai MSE dan MAPE pada orde waktu 3 adalah 3832672151 dan 13%, nilai MSE dan MAPE pada orde waktu 4 adalah 5964287548 dan 50%.

Tabel 4.
 Uji Mean Square Error dan
 Mean Absolute Percentage Error Moving Average

Peramalan	MSE	MAPE	Orde Waktu
173716	1039368864	16%	2
177565	3832672151	13%	3
241435	5964287548	50%	4



Gambar 4. Grafik MSE dan MAPE Moving Average

Berdasarkan grafik gambar 4, grafik berwarna biru menunjukkan data aktual, grafik berwarna oranye menunjukkan hasil peramalan DMA orde waktu 2, grafik berwarna abu-abu menunjukkan hasil nilai peramalan DMA orde waktu 3, grafik berwarna kuning menunjukkan hasil nilai peramalan DMA orde waktu 4.

Uji MSE dan MAPE Exponential Smoothing

Kolom MSE diperoleh dari rata-rata kesalahan forecast yang dikuadratkan, atau jika dituliskan dalam bentuk persamaan 11. Sebelum menjalankan perhitungan persamaan 11 untuk mengetahui nilai error (e_t) dilakukan perhitungan persamaan 12. Kolom MAPE diperoleh dari rata-rata kesalahan absolute error merupakan perhitungan persamaan 13. Kolom α dan β merupakan penentu metode Double Exponential Smoothing.

Pada tabel 5 nilai perhitungan dengan alpha 0,5 dan beta 0,5 memperoleh hasil peramalan 154169 dengan nilai MSE dan MAPE bernilai 1538281021 dan 22%, nilai untuk $\alpha = 0.6$ dan $\beta = 0,2$ memperoleh hasil peramalan 150250 dengan nilai MSE dan MAPE bernilai 1549532899, nilai untuk $\alpha = 0,2$ dan $\beta = 0,5$ memperoleh hasil peramalan 194529 dengan nilai MSE dan MAPE bernilai 2987802728 dan 29%.

Tabel 5.

Perhitungan MSE dan MAPE Exponential Smoothing

Peramalan	MSE	MAPE	α dan β
154169	1538281021	22%	0,5 dan 0,5
150250	1549532899	20%	0,6 dan 0,2
194529	2987802728	29%	0,2 dan 0,5



Gambar 5. Grafik Data peramalan DES

Berdasarkan grafik gambar 4, grafik berwarna biru menunjukkan data aktual, grafik berwarna oranye menunjukkan hasil peramalan DES $\alpha = 0,5$ $\beta = 0,5$, grafik berwarna abu-abu menunjukkan hasil nilai peramalan DES $\alpha = 0,6$ $\beta = 0,2$, grafik berwarna kuning menunjukkan hasil nilai peramalan DES $\alpha = 0,2$ $\beta = 0,5$.

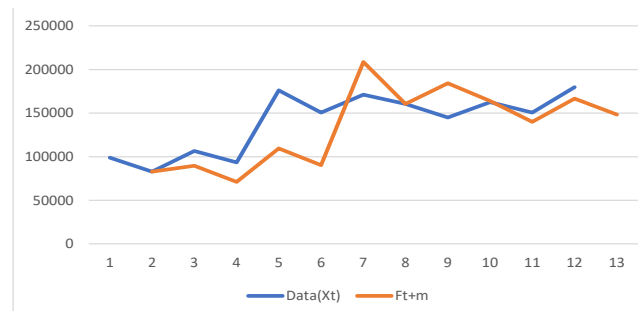
Uji Solver pada Exponential Smoothing

Pada aplikasi Microsoft Excel solver dapat membantu dalam menentukan nilai α dan β yang terbaik untuk mendapatkan perhitungan MSE dan MAPE yang sangat kecil, semakin rendah nilai kesalahan yang diperoleh semakin tinggi pula tingkat akurasi dari perhitungan peramalan tersebut.

Solver dilakukan untuk mencari nilai α dan β beserta nilai error otomatis dari sistem excel untuk mendapatkan nilai yang terkecil dengan syarat $0 < \alpha < 1$ dan $0 < \beta < 1$. Hasil solver pada perhitungan ini mendapatkan nilai MSE dan MAPE yakni 1101629389 dan 17%, nilai α dan β berupa 1 dan 0,4 dengan hasil peramalan 151827.

Tabel 6.
Data Perhitungan Solver

MSE	MAPE	α dan β
1101629389	17%	1 dan 0,4



Gambar 6. Grafik data DES menggunakan solver

Pada grafik diatas menunjukkan hasil dari perhitungan F_{t+m} Double Exponential Smoothing dan data aktual dengan nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 0,4$. Grafik seperti pada gambar mengalami perhitungan naik turun dari data aktual dimana hasil peramalan menunjukkan pola trend.

Perbandingan Hasil Peramalan

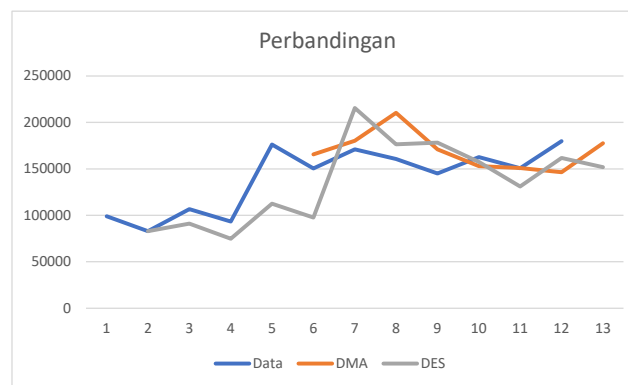
Kolom F_t dalam tabel 7 mencerminkan perhitungan prediksi data aktual untuk bulan berikutnya dengan menggunakan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing. Tabel di bawah ini mencakup perhitungan uji pengukuran kesalahan dengan menggunakan Mean Squared Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Tabel 7.
Data Perbandingan Hasil Peramalan

Metode	F_t	MSE	MAPE
--------	-------	-----	------

DMA	173716	1039368864	16%
	177565	832672151	13%
	241435	5964287548	50%
DES	154169	1538281021	22%
	157831	1549532899	20%
	194529	2987802728	29%
	148426	1101629389	17%

Untuk membandingkan hasil peramalan kedua metode ini, kita perlu menemukan nilai optimal untuk orde waktu dan parameter α , $\alpha = 1$, $\alpha = 0,4$. Hasil perbandingan ini digambarkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Metode

Hasilnya menunjukkan grafik yang membandingkan hasil peramalan dengan data aktual tentang jumlah kedatangan penumpang kereta api memiliki pola data identik.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan peramalan dengan memanfaatkan data jumlah penumpang kereta api yang tiba di Stasiun Kotabaru Malang serta membandingkan Double Moving Average dengan Double Exponential Smoothing, peneliti mencapai kesimpulan diantaranya:

1. Perhitungan Metode Double Moving Average menghasilkan peramalan jumlah penumpang kereta api lebih akurat dibandingkan metode Double Exponential Smoothing. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kesalahan peramalan (MSE dan MAPE) yang lebih kecil pada metode Double Moving Average.
2. Pada metode Double Moving Average, orde waktu 3 menghasilkan peramalan paling akurat dengan nilai MSE 832672151 dan MAPE 13%. Semakin besar nilai orde waktu, semakin besar nilai kesalahan peramalannya.
3. Pada metode Double Exponential Smoothing, nilai parameter alpha dan beta berpengaruh terhadap akurasi hasil peramalan. Semakin besar nilai alpha dan beta, semakin besar nilai kesalahan peramalannya. Parameter terbaik diperoleh melalui pengoptimalan dengan Solver, yaitu $\alpha = 1$ dan $\beta = 0,4$ yang menghasilkan nilai MSE 1101629389 dan MAPE 17%.
4. Untuk memprediksi jumlah volume pengguna angkutan kereta api di Stasiun Kotabaru Malang, perhitungan Double Moving Average disarankan karena telah terbukti lebih efektif daripada perhitungan Double Exponential Smoothing.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Gusfadilah, B. Darma Setiawan, and B. Rahayudi, "Implementasi Metode Exponential Smoothing Untuk Prediksi Bobot Kargo Bulanan Di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai," 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- D. Sarumaha, "Penerapan Metode Double Moving Average Untuk Memprediksi Penjualan Tiket Kereta Api," 2021.
- 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," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 3, pp. 2667–2672, 2019.
- A. Setia Budi and P. H. Susilo, "Sistem Prediksi Jumlah Penumpang di Bandar Udara Juanda Surabaya dengan Metode Double Exponential Smoothing," 2022.
- I. Listiowarni, N. P. Dewi, and A. K. W. Hapantenda, "Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing Dan Double Moving Average Untuk Peramalan Harga Beras Eceran Di Kabupaten Pamekasan," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 158–169, 2020.
- A. Hajjah and Y. N. Marlim, "Analisis error terhadap peramalan data penjualan," *Techno Com*, vol. 20, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- J. N. A. Aziza, "Perbandingan Metode Moving Average, Single Exponential Smoothing, dan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Permintaan Tabung Gas LPG PT Petrogas Prima Services," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2022.
- J. Vimala and A. Nugroho, "FORECASTING PENJUALAN OBAT MENGGUNAKAN METODE SINGLE, DOUBLE, DAN TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING (STUDI KASUS: APOTEK MANDIRI MEDIKA)," *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 1, no. 2, pp. 90–99, 2022.
- N. Hudaningsih, S. F. Utami, and W. A. A. Jabbar, "Perbandingan Peramalan Penjualan Produk Aknil Pt. Sunthi Sepurimenggunakan Metode Single Moving Average Dan Single Exponential Smoothing," *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, vol. 2, no. 1, pp. 15–22, 2020.
- A. Krisma, M. Azhari, and P. P. Widagdo, "Perbandingan metode double exponential smoothing dan triple exponential smoothing dalam parameter tingkat error mean absolute percentage error (mape) dan means absolute deviation (mad)," in *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 2019.