

Peramalan Penjualan AMDK Galon 19 Liter Menggunakan Model Hibrida Fuzzy Time Series-Single Exponential Smoothing

Bambang Suryo Prabowo¹, Deny Andesta²

^{1,2}) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatera No. 101 GKB, Kabupaten Gresik

Email: bambangoleng@gmail.com, deny_andesta@umg.ac.id

ABSTRAK

Fluktuasi permintaan produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) galon 19 liter menjadi tantangan utama dalam perencanaan produksi berbasis sistem Make to Stock di PT XYZ. Metode peramalan tunggal seperti Single Exponential Smoothing (SES) yang umum digunakan terbukti menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup tinggi pada data dengan pola fluktuasi yang kuat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model hibrida Fuzzy Time Series-Single Exponential Smoothing (FTS-SES) yang menggabungkan kemampuan FTS dalam menangkap pola linguistik pada data non-stasioner dengan kemampuan SES dalam penghalusan nilai prediksi, serta membandingkan akurasi terhadap SES murni. Data historis penjualan periode Januari–November 2025 (11 titik observasi) digunakan sebagai dasar peramalan. Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil menunjukkan bahwa SES murni dengan parameter $\alpha=0,1$ menghasilkan MAPE sebesar 11,13% (kategori Baik), sedangkan model hibrida FTS-SES dengan parameter yang sama menghasilkan MAD=1.109, MSE=2.375.624, dan MAPE=3,73% (kategori Sangat Akurat). Peramalan penjualan Desember 2025 menggunakan model hibrida menghasilkan estimasi 30.662 pcs. Penelitian ini berkontribusi sebagai referensi penerapan model hibrida FTS-SES pada industri AMDK di Indonesia dengan periode data yang terbatas.

Kata kunci: Peramalan, Fuzzy Time Series, Single Exponential Smoothing, Model Hibrida, AMDK, MAPE

ABSTRACT

Demand fluctuations for 19-liter gallon bottled drinking water (AMDK) represent a core challenge in Make-to-Stock production planning at PT XYZ. Conventional single-method forecasting, particularly Single Exponential Smoothing (SES), has demonstrated relatively high error rates when applied to highly volatile sales data. This study develops a Fuzzy Time Series-Single Exponential Smoothing (FTS-SES) hybrid model that integrates the linguistic pattern-recognition capacity of FTS with the smoothing mechanism of SES, and benchmarks its accuracy against standalone SES. Historical monthly sales data from January to November 2025 (11 observations) were used as the basis for forecasting. Accuracy was evaluated using Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Results indicate that standalone SES at $\alpha=0.1$ yields a MAPE of 11.13% (Good category), whereas the FTS-SES hybrid model at the same α produces MAD=1,109, MSE=2,375,624, and MAPE=3.73% (Highly Accurate category). The hybrid model forecasts December 2025 sales at 30,662 units. This study provides a practical reference for applying the FTS-SES hybrid framework in the Indonesian AMDK industry under limited data conditions.

Keywords: Forecasting, Fuzzy Time Series, Single Exponential Smoothing, Hybrid Model, AMDK, MAPE

Pendahuluan

Sektor Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) merupakan salah satu komoditas primer yang mencatatkan tren peningkatan konsumsi secara berkelanjutan di pasar Indonesia.[1] Besarnya ketergantungan masyarakat terhadap produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) telah memicu persaingan industri yang semakin ketat, sehingga perusahaan berkewajiban untuk senantiasa menjaga stabilitas stok produk secara maksimal.[2] Sebagai kebutuhan pokok, air minum dalam kemasan memicu persaingan industri yang semakin kompetitif. Oleh karena itu, perusahaan bersaing untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik yang diinginkan konsumen.[3]

Fluktuasi dan variabilitas permintaan konsumen sering kali menyulitkan perusahaan dalam melakukan perencanaan produksi yang presisi. Diperlukan strategi penentuan jumlah output yang tepat guna menjaga keseimbangan antara ketersediaan barang dan pemenuhan kebutuhan pasar, sehingga menghindari kelebihan maupun kekurangan stok.[4] Demi menjamin ketersediaan produk sesuai waktu dan kuantitas yang diinginkan pasar, perusahaan harus menyusun strategi perencanaan produksi yang matang. Fokus utamanya terletak pada optimalisasi kapasitas operasional untuk memacu efisiensi.

PT XYZ merupakan salah satu produsen AMDK dengan sistem produksi *Make to Stock* yang menghadapi tantangan krusial: ketidakmampuan memprediksi fluktuasi permintaan secara akurat berpotensi menimbulkan kondisi *overstock* yang meningkatkan biaya penyimpanan, maupun *understock* yang berdampak pada hilangnya peluang penjualan. [4][5]

Peramalan penjualan menjadi solusi kunci dalam perencanaan produksi untuk mencegah terjadinya kekurangan atau kelebihan persediaan di pasar.[6] Peramalan adalah metode estimasi kejadian masa depan yang mengandalkan keakuratan data historis serta analisis berbagai faktor relevan untuk memperoleh gambaran yang mendekati kenyataan.[7] Terdapat dua pendekatan dalam peramalan, yaitu pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Walaupun keduanya berujung pada hasil numerik, cara kerja dan implementasi masing-masing metode tersebut berbeda secara signifikan.[8]

Peramalan memegang peranan krusial bagi perusahaan dalam memproyeksikan kondisi masa depan melalui beragam metode. Selain memberikan panduan mengenai tren penjualan, proses ini juga melibatkan penyusunan, pemantauan, serta evaluasi tingkat akurasi prediksi. Intinya, peramalan berfungsi sebagai instrumen perencanaan yang efektif untuk mengestimasi kebutuhan sumber daya dan memperkuat dasar pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran.[9] Metode peramalan terbagi menjadi dua jalur. Pendekatan kualitatif digunakan saat kita tidak memiliki referensi data dari masa lalu. Sementara itu, pendekatan kuantitatif dipilih ketika tersedia data historis yang dapat diolah untuk melakukan estimasi.[10] Estimasi penjualan memegang peranan krusial dalam ekspansi bisnis, terutama di tengah tingginya volume transaksi saat ini. Di sisi lain, proyeksi ini berfungsi sebagai landasan ilmiah untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang akan terjadi di masa depan.[11]

Single Exponential Smoothing (SES) menjadi salah satu pendekatan peramalan yang kerap digunakan pada data berpola stasioner. Popularitas metode ini didorong oleh strukturnya yang sederhana namun efektif dalam mengolah deret waktu tanpa tren atau musiman.[8]. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi operasional dan mencegah kerugian akibat manajemen stok yang buruk melalui estimasi kebutuhan bahan baku yang lebih akurat.[12] Namun, pada data fluktuasi tinggi—seperti penjualan AMDK galon yang dipengaruhi oleh faktor musiman informal dan variasi permintaan institusional—SES murni seringkali menghasilkan tingkat kesalahan yang signifikan.[13]

Variasi model peramalan kini menjadi perhatian besar dalam ranah riset operasional karena kemampuannya memprediksi masa depan secara ilmiah. Penelitian di bidang ini bertujuan untuk memperkuat landasan akademis dan membantu perusahaan dalam mengambil keputusan strategis melalui perencanaan berbasis data.

Sementara itu, metode *Fuzzy Time Series* (FTS) yang dipelopori oleh Song dan Chissom memiliki kemampuan unggul dalam mengelola data historis dengan variabel linguistik yang tidak pasti. Selain itu, metode ini lebih fleksibel karena tidak mewajibkan asumsi stasioneritas yang terlalu kaku. Beberapa penelitian telah menggunakan FTS untuk peramalan di berbagai domain, termasuk penjualan makanan[5], reservasi hotel[14], dan peramalan harga komoditas[15]. Perbandingan antara SES dan FTS secara terpisah telah dilakukan oleh Anggraeni dan Wachidah[16] pada data penjualan pakaian thrift shop, yang menemukan bahwa FTS menghasilkan error lebih kecil dibandingkan SES, meskipun kedua metode diterapkan secara independen.

Kesenjangan penelitian ini terletak pada keterbatasan studi terdahulu yang belum mengintegrasikan kapabilitas *Fuzzy Time Series* (FTS) dalam menangkap pola linguistik dengan efisiensi algoritma *Single Exponential Smoothing* (SES) ke dalam sebuah model hibrida yang terpadu. Beberapa studi terkini menunjukkan bahwa model hibrida berbasis FTS dengan mekanisme pembobotan tambahan cenderung menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan masing-masing metode tunggal.[12][9]

Penelitian ini diawali dengan pengujian pola data sebagai prosedur prapemrosesan. Setelah karakteristik data teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menerapkan sejumlah metode peramalan yang sesuai untuk memproyeksikan nilai pada periode mendatang.[13] Studi ini mengusulkan sebuah model hibrida FTS-SES yang mengintegrasikan nilai defuzzifikasi dari *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) ke dalam struktur perhitungan SES. Pendekatan ini memungkinkan hasil proyeksi akhir merepresentasikan pola linguistik historis sekaligus menghasilkan hasil yang lebih presisi melalui mekanisme pembobotan eksponensial. Untuk menentukan metode mana yang paling presisi, hasil peramalan diuji melalui analisis tingkat kesalahan. Evaluasi ini umumnya menggunakan tiga indikator standar: MAD untuk melihat deviasi absolut rata-rata, MSE untuk meninjau rata-rata kuadrat kesalahan, dan MAPE untuk mengukur persentase rata-rata kesalahan absolut.[16]

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menerapkan SES murni dan model hibrida FTS-SES pada data penjualan AMDK galon 19 liter PT XYZ periode Januari–November 2025; (2) membandingkan akurasi kedua metode berdasarkan nilai MAD, MSE, dan MAPE; dan (3) menghasilkan prediksi penjualan untuk bulan Desember 2025 sebagai dasar perencanaan produksi.

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif, di mana data numerik digunakan untuk menyajikan gambaran fenomena secara presisi. Seluruh tahapan riset—mulai dari pengumpulan data, analisis, hingga interpretasi dan presentasi hasil—dilakukan secara sistematis dengan pendekatan kuantitatif.[17] Pendekatan deskriptif kuantitatif bertujuan untuk melihat bagaimana pola data bergerak dan membandingkan hasil akhir dari dua metode peramalan yang berbeda guna menilai efektivitasnya.[15]

Single Exponential Smoothing

Single Exponential Smoothing merupakan metode peramalan time series yang menerapkan pembobotan eksponensial secara menurun pada data masa lalu, di mana observasi paling mutakhir diberikan bobot prioritas tertinggi dalam perhitungan.[18] Metode ini umumnya diterapkan untuk peramalan jangka pendek, dengan cakupan proyeksi yang biasanya terbatas pada 1 bulan ke depan.[19] Metode ini digunakan untuk mencari nilai α terbaik guna meminimalkan margin kesalahan. Pemilihan α yang tepat akan secara langsung meningkatkan akurasi hasil perhitungan dengan menekan tingkat error hingga minimum.[20] Parameter kunci adalah konstanta pemulusan α ($0 < \alpha < 1$), dimana nilai α mendekati 1 memberikan dominan pada data terkini, sedangkan nilai α mendekati 0 cenderung meratakan fluktuasi. Formula dasar SES dinyatakan sebagai;

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (1)$$

Di mana rumus (1) F_{t+1} adalah nilai ramalan periode berikutnya, A_t adalah nilai aktual periode t , F_t adalah nilai ramalan pada periode t , dan α adalah konstanta pemulusan.

Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series (FTS) adalah teknik proyeksi data yang berlandaskan pada prinsip logika fuzzy. Metode ini mengolah data masa lalu guna mengidentifikasi pola tren tertentu, yang kemudian digunakan sebagai basis untuk mengestimasi nilai atau kondisi di periode yang akan datang.[21] Konsep *Fuzzy Time Series* awalnya diinisiasi oleh Song dan Chissom, yang kemudian mendapatkan pengembangan lebih lanjut secara signifikan oleh Chen untuk meningkatkan efisiensi perhitungannya[22] FTS menawarkan pendekatan yang lebih sederhana dan hemat komputasi dibandingkan metode statistik klasik. Dengan merepresentasikan data historis ke dalam himpunan fuzzy linguistik, metode ini mampu mengatasi batasan-batasan konvensional dalam analisis data. Prosedur standar FTS model Chen mencakup: (1) penentuan semesta pembicaraan dan partisi interval; (2) fuzzifikasi data historis; (3) pembentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR); (4) pengelompokan FLR menjadi Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG); dan (5) defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai prediksi numerik[22].

Model Hibrida FTS-SES

Integrasi FTS dan SES dalam kerangka hibrida merupakan pendekatan yang memanfaatkan nilai defuzzifikasi FLRG sebagai komponen F_t dalam formula SES [16]. Secara fundamental, model hibrida FTS-SES mensinergikan nilai defuzzifikasi FTS yang merepresentasikan pola transisi logika antahimpunan fuzzy dengan mekanisme penghalusan eksponensial SES berbasis data aktual. Integrasi ini memungkinkan model menangkap karakteristik non-stasioner sekaligus mempertahankan sifat adaptif terhadap fluktuasi tren jangka pendek. Formula hibrida yang diajukan adalah:

$$F_{t+1} = (0,1 \times A_t) + (0,9 \times \text{Nilai FLRG}_t) \quad (2)$$

Akurasi Peramalan

a. Mean Absolute Deviation (MAD)

MAD adalah metode statistik untuk menghitung rata-rata jarak absolut antara data individu dan nilai rata-rata kelompoknya. Teknik ini efektif digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan karena memberikan gambaran mengenai seberapa jauh variasi data menyimpang dari pusatnya secara konsisten.[23]

b. Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) berfungsi sebagai indikator statistik yang mengukur rata-rata selisih kuadrat antara hasil estimasi model dengan nilai observasi aktual. Karena proses perhitungannya yang efisien dan interpretasi yang lugas, metrik ini menjadi instrumen evaluasi yang sangat umum diimplementasikan dalam berbagai studi di bidang rekayasa, statistika, maupun pengembangan kecerdasan buatan.[24]

c. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ditentukan dengan cara membagi kesalahan absolut setiap periode dengan nilai aktual pada periode yang sama, kemudian menghitung rata-rata dari seluruh persentase tersebut. Sebagai metrik evaluasi, MAPE merepresentasikan besarnya penyimpangan antara data aktual dan hasil prediksi dalam bentuk persentase, sehingga memudahkan perbandingan skala kesalahan.[25] Kategori akurasi berdasarkan MAPE: <10% = sangat akurat, 10-20% = baik, 20-50% = layak, >50% = tidak akurat.

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif terhadap data penjualan AMDK galon 19 liter di PT XYZ selama periode Januari hingga November 2025 ($n = 11$ bulan). Data sekunder ini bersumber dari catatan distribusi perusahaan. Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis, dimulai dari pengumpulan data dan analisis pola, diikuti dengan implementasi metode SES (melalui optimasi α) serta model hibrida FTS-SES.

Tahap akhir melibatkan evaluasi akurasi menggunakan indikator MAD, MSE, dan MAPE untuk membandingkan performa model sebelum ditarik kesimpulan.

Optimasi parameter α pada metode SES dilakukan melalui teknik grid search dengan rentang nilai 0,1 hingga 0,9 dan interval sebesar 0,1, di mana kriteria pemilihannya didasarkan pada nilai MAPE yang paling minimum. Parameter α optimal tersebut kemudian diimplementasikan secara konsisten dalam model hibrida FTS-SES. Sementara itu, penentuan jumlah interval FTS merujuk pada Aturan Sturges ($K = 1 + 3,322 \log(n)$) yang menetapkan $K=5$ untuk jumlah observasi $n=11$. Proses defuzzifikasi dikalkulasi menggunakan metode rata-rata nilai tengah dari himpunan fuzzy yang terdapat dalam FLRG.

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan, yakni penggunaan sampel selama 11 bulan yang belum memenuhi ambang batas ideal untuk analisis deret waktu (time series) yang tangguh—di mana umumnya diperlukan 24 hingga 36 observasi. Mengingat sifatnya yang eksploratori dan tanpa validasi out-of-sample, generalisasi atas temuan ini harus dilakukan secara cermat dan terbatas.

Hasil Dan Pembahasan

Data Penjualan Galon 19 liter Periode Januari 2025 Hingga November 2025

Tabel 1 menyajikan data penjualan AMDK kemasan galon 19 liter untuk periode Januari hingga November 2025. Observasi terhadap data tersebut mengungkap adanya fluktuasi yang dinamis, dengan titik terendah sebesar 23.554 unit pada bulan Februari dan titik tertinggi mencapai 34.662 unit pada September. Selisih sebesar 11.108 unit atau setara dengan 47,2% dari nilai minimum ini mengindikasikan bahwa meskipun data cenderung bersifat stasioner tanpa tren linier yang konsisten, terdapat variabilitas yang cukup tinggi dalam pola permintaannya

Tabel 1. Data penjualan AMDK galon 19 liter periode Januari - November 2025

Bulan	Penjualan	Keterangan
Januari	28.642 pcs	2025
Februari	23.554 pcs	2025
Maret	28.641 pcs	2025
April	24.611 pcs	2025
Mei	29.324 pcs	2025
Juni	25.466 pcs	2025
Juli	34.561 pcs	2025
Agustus	27.941 pcs	2025
September	34.662 pcs	2025
Oktober	28.661 pcs	2025
November	24.616 pcs	2025

Sumber : data perusahaan (2025)

Pengolahan Data Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing

Melalui pengujian grid search terhadap sembilan variasi nilai parameter α , diperoleh hasil evaluasi akurasi yang beragam sebagaimana tertera pada Tabel 2. Nilai $\alpha=0,1$ ditetapkan sebagai parameter optimal karena menghasilkan nilai MAPE terendah sebesar 11,13% dan MAD sebesar 3.145, yang menempatkan model dalam kategori akurasi 'Baik'. Kecenderungan peningkatan nilai MAPE pada $\alpha > 0,1$ mengindikasikan bahwa karakteristik data tidak didominasi oleh fluktuasi jangka pendek yang ekstrem, sehingga penggunaan bobot yang lebih besar pada data historis jauh lebih representatif untuk pola penjualan ini.

Tabel 2 Hasil optimasi parameter α pada metode SES

Parameter α	MAD	MSE	MAPE
0,1	3145	15306033	11,13%
0,2	15599	326504925	53,63%
0,3	3629	17543909	12,79%
0,4	11746	175161895	40,53%
0,5	11159	153081758	39,35%
0,6	11562	166729206	41,71%
0,7	11965	216104239	44,07%
0,8	13233	301206858	48,93%
0,9	15708	422037061	57,54%

Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya pada domain peramalan sejenis, yang menunjukkan bahwa data penjualan AMDK umumnya memiliki pola permintaan yang teratur namun tetap disertai dengan fluktuasi

acak pada tingkat moderat.[4][13] Parameter $\alpha=0,1$ selanjutnya digunakan sebagai konstanta pembobotan pada tahap model hibrida FTS-SES.

Pengolahan Data Menggunakan Metode Fuzzy Time Series

Tahap awal implementasi *Fuzzy Time Series* (FTS) dimulai dengan penetapan semesta pembicaraan (U) berdasarkan nilai ekstrem data aktual, yakni $D_{min} = 23.554$ dan $D_{max} = 34.662$, sehingga diperoleh rentang $U = [23.554, 34.662]$. Berdasarkan Aturan Sturges untuk ukuran sampel $n = 11$, ditentukan jumlah kelas sebanyak $K = 5$ (hasil pembulatan dari 4,45) dengan lebar interval sebesar 2.222. Rincian mengenai batas-batas kelas tersebut secara sistematis disajikan pada Tabel 3

Tabel 3 Partisi himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan

Himpunan	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah (m_i)
u_1	23.554	25.776	24.665
u_2	25.777	27.999	26.888
u_3	28.000	30.222	29.111
u_4	30.223	32.445	31.334
u_5	32.446	34.668	33.557

Fuzzifikasi dilakukan dengan memetakan setiap nilai aktual ke dalam himpunan fuzzy yang sesuai berdasarkan interval kelas. Hasil fuzzifikasi ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil fuzzifikasi data penjualan

Bulan	Data Aktual (A_t)	Termasuk Interval	Himpunan Fuzzy
Januari	28.642	28.000 - 30.222	A_3
Februari	23.554	23.554 - 25.776	A_1
Maret	28.641	28.000 - 30.222	A_3
April	24.611	23.554 - 25.776	A_1
Mei	29.324	28.000 - 30.222	A_3
Juni	25.466	23.554 - 25.776	A_1
Juli	34.561	32.446 - 34.668	A_5
Agustus	27.941	25.777 - 27.999	A_2
September	34.662	32.446 - 34.668	A_5
Oktober	28.661	28.000 - 30.222	A_3
November	24.616	23.554 - 25.776	A_1

Setelah data difuzzifikasikan, selanjutnya melihat pola perubahan dari satu bulan ke bulan berikutnya. Inilah yang disebut dengan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), menghasilkan 10 pasang relasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Bulan	FLR
Januari ke Februari	$A_3 \rightarrow A_1$
Februari ke Maret	$A_1 \rightarrow A_3$
Maret ke April	$A_3 \rightarrow A_1$
April ke Mei	$A_1 \rightarrow A_3$
Mei ke Juni	$A_3 \rightarrow A_1$
Juni ke Juli	$A_1 \rightarrow A_5$
Juli ke Agustus	$A_5 \rightarrow A_2$
Agustus ke September	$A_2 \rightarrow A_5$
September ke Oktober	$A_5 \rightarrow A_3$
Oktober ke November	$A_3 \rightarrow A_1$

Tahap berikutnya melibatkan pengelompokkan nilai fuzzifikasi ke dalam *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) berdasarkan kesamaan kondisi saat ini (current state). Proses defuzzifikasi kemudian diterapkan dengan menghitung rata-rata nilai tengah dari himpunan konsekuen. Output yang dihasilkan berupa nilai defuzzifikasi kasar (m_i), yang selanjutnya diintegrasikan sebagai komponen FLRG dalam formula hibrida FTS-SES sebagaimana tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6 Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) dan nilai defuzzifikasi

Group	Hubungan (FLR)	Prediksi Selanjutnya	Nilai Defuzzifikasi Kasar (m_i)
Group 1 (A_1)	$A_1 \rightarrow A_3, A_3, A_5$	A_3, A_5	31.334
Group 2 (A_2)	$A_2 \rightarrow A_5$	A_5	33.557

Group 3 (A_3)	$A_3 \rightarrow A_1, A_1, A_1, A_1$	A_1	24.665
Group 4 (A_4)	(tidak ada data)	-	-
Group 5 (A_5)	$A_5 \rightarrow A_2, A_3$	A_2, A_3	27.999

Hasil Peramalan Model Hibrida FTS-SES

Model hibrida diterapkan dengan mensubstitusikan nilai FLRG sebagai komponen F_t dalam formula SES menggunakan $\alpha=0,1$. Formula yang diaplikasikan adalah;

$$F_{t+1} = (0,1 \times A_t) + (0,9 \times \text{Nilai FLRG}_t) \tag{3}$$

Hasil peramalan selengkapnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil peramalan model hibrida FTS-SES

Bulan	Aktual (A_t)	Himpunan	Nilai FLRG (m_t)	Peramalan Akhir (F_{t+1})
Januari	28.642	A_3	24.665	-
Februari	23.554	A_1	31.334	25.062
Maret	28.641	A_3	24.665	30.556
April	24.611	A_1	31.334	25.062
Mei	29.324	A_3	24.665	30.663
Juni	25.466	A_1	31.334	25.132
Juli	34.561	A_5	27.999	30.741
Agustus	27.941	A_2	33.557	28.655
September	34.662	A_5	27.999	32.995
Oktober	28.661	A_3	24.665	28.665
November	24.616	A_1	31.334	25.065
Desember	-	-	-	30.662

Terdapat catatan metodologis krusial terkait penetapan nilai peramalan periode Januari yang disetarakan dengan nilai aktualnya (error = 0). Kebijakan ini diambil dikarenakan belum tersedianya data FLRG pada periode inisialisasi, sebuah fenomena yang dikenal sebagai warm-up problem. Hal tersebut merupakan karakteristik inheren dalam metode berbasis FLRG dan menjadi faktor pertimbangan penting dalam menginterpretasi nilai akurasi model secara komprehensif.

Evaluasi Akurasi dan Perbandingan Metode

Berdasarkan evaluasi model hibrida FTS-SES pada Tabel 8, tingkat kesalahan tertinggi tercatat pada bulan Juli (PE = 11,05%). Hal ini disinyalir sebagai akibat dari lonjakan permintaan yang gagal diakomodasi sepenuhnya oleh pola FLRG karena keterbatasan durasi data historis. Namun, performa model mencapai titik optimal pada bulan Oktober dengan nilai error minimal (PE = 0,01%), yang merefleksikan akurasi tinggi model dalam mengidentifikasi pola transisi data secara presisi

Tabel 8 Hasil Perhitungan MAD, MSE, MAPE

Bulan	Aktual (A_t)	Peramalan (F_t)	$ A_t - F_t $ (AD)	$(A_t - F_t)^2$ (SE)	PE (%)
Januari	28.642	28.642	0	0	0,00%
Februari	23.554	25.062	1.508	2.274.064	6,40%
Maret	28.641	30.556	1.915	3.667.225	6,69%
April	24.611	25.062	451	203.401	1,83%
Mei	29.324	30.663	1.339	1.792.921	4,57%
Juni	25.466	25.132	334	111.556	1,31%
Juli	34.561	30.741	3.820	14.592.400	11,05%
Agustus	27.941	28.655	714	509.796	2,56%
September	34.662	32.995	1.667	2.778.889	4,81%
Oktober	28.661	28.665	4	16	0,01%
November	24.616	25.065	449	201.601	1,82%
Total	-	-	12.201	26.131.869	41,05%

Berdasarkan perhitungan total nilai kesalahan, diperoleh hasil evaluasi sebagai berikut: nilai MAD sebesar 1.109 yang berasal dari 12.201/11; nilai MSE sebesar 2.375.642 dari hasil bagi 26.131.869/11; serta nilai MAPE sebesar 3,73% yang dihitung dari 41,05%/11. Analisis perbandingan secara mendalam antara penggunaan metode SES secara tunggal dengan model gabungan FTS-SES dapat dilihat secara rinci pada Tabel 9.

Tabel 9 Perbandingan akurasi SES murni dan model hibrida FTS-SES

Metode	MAPE	Kategori akurasi	Nilai MAD
Single Exponential Smoothing ($\alpha=0,1$)	11,13%	Baik	3.145
Hibrida FTS-SES ($\alpha=0,1$)	3,73%	Sangat Akurat	1.109

Pencapaian akurasi sebesar 66,5% lebih tinggi melalui model FTS-SES (MAPE 3,73%) dibandingkan SES (11,13%) membuktikan efektivitas penggabungan logika fuzzy dan pemulusan eksponensial. Sinergi ini memungkinkan model menangkap pola osilatoris secara lebih presisi melalui transisi linguistik FLRG. Temuan ini mendukung arah pengembangan model hibrida dalam literatur terkini, namun validitasnya perlu diperkuat di masa depan menggunakan cakupan data yang lebih luas dan pengujian *out-of-sample*.

Simpulan

Studi ini telah menyelesaikan pengembangan serta evaluasi model *hibrida Fuzzy Time Series-Single Exponential Smoothing* (FTS-SES) yang diterapkan pada data penjualan AMDK galon 19 liter di PT XYZ. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, terdapat tiga poin kesimpulan utama yang dapat dirumuskan: Pertama, SES murni dengan parameter optimal $\alpha=0,1$ menghasilkan MAPE sebesar 11,13% yang masuk dalam kategori Baik namun masih dapat ditingkatkan untuk keperluan perencanaan produksi yang presisi.

Kedua, penerapan model hibrida FTS-SES dengan parameter $\alpha=0,1$ menghasilkan tingkat akurasi yang dikategorikan sangat akurat, dengan perolehan MAPE 3,73%, MAD 1.109, dan MSE 2.375.624. Performa ini menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 66,5% dibandingkan penggunaan metode SES murni. Berdasarkan model tersebut, volume penjualan untuk bulan Desember 2025 diproyeksikan mencapai 30.662 unit

Ketiga, studi ini menguraikan dua batasan fundamental yang menjadi peluang bagi riset mendatang: (a) keterbatasan jumlah sampel ($n = 11$) yang memengaruhi derajat validitas statistik hasil penelitian; serta (b) kebutuhan akan pengujian lebih lanjut yang mencakup penggunaan data minimal 24 bulan, pelaksanaan uji stasioneritas formal seperti ADF atau KPSS, serta perbandingan model hibrida FTS-SES terhadap metode kompetitor seperti ARIMA atau Holt-Winters.

Daftar Pustaka

- [1] R. Salim And T. Taslim, "Edukasi Manfaat Air Mineral Pada Tubuh Bagi Anak Sekolah Dasar Secara Online." *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, Vol. 1, No. 2, Pp. 45–52, 2021
- [2] H. A. Pratama, A. T. Hendrawan, And H. A. Khoiri, "Peramalan Penjualan Produk Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) Kemasan Gelas 220 Ml Pada Perusahaan Xyz Dengan Metode Dekomposisi," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, Vol. 8, No. 3, Pp. 2944–2950, Jul. 2025, Doi: 10.31004/Jutin.V8i3.47317.
- [3] P. Penjualan Nata De Aloe Vera Pack Menggunakan, R. Anggraini, A. Prayoga, F. Naimatu Sadiyah, And P. Pembangunan Pertanian Yogyakarta Magelang, "Metode Single Moving Average," *Fitria Naimatu Sadiyah Innovative: Journal Of Social Science Research*, Vol. 5, Pp. 2929–2940, 2025.
- [4] S. Sulisty, R. Soesilo, N. Nirfison, And E. H. Sucipto, "Evaluasi Metode Peramalan Penjualan Botol Natural 100ml Menggunakan Moving Average Dan Exponential Smoothing," *Blend Sains Jurnal Teknik*, Vol. 4, No. 3, Pp. 603–612, Jan. 2026, Doi: 10.56211/Blendsains.V4i3.1213.
- [5] S. Puji Lestari *Et Al.*, "Sistem Peramalan Penjualan Frozen Food Dengan Metode Fuzzy Time Series Cheng Info Artikel Abstrak," *Technomedia : Informatics And Computer Science*, Vol. 2, No. 2, Pp. 3047–2180, 2025, Doi: 10.58641.
- [6] J. K. Aryafi And A. Mahendingratry, "Analisis Metode Forecasting Untuk Meningkatkan Penjualan Bakpia Lestari Malang Analysis Of Forecasting Methods To Increase Sales Of Bakpia Lestari Malang." *Jurnal Ekonomi Dan Manajemen*, Vol. 5, No. 1, Pp. 88–97, 2024
- [7] R. Winurputra And D. E. Ratnawati, "Peramalan Penjualan Produk Menggunakan Extreme Gradient Boosting (Xgboost) Dan Kerangka Kerja Crisp-Dm Untuk Pengoptimalan Manajemen Persediaan (Studi Kasus: Ub Mart)," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol. 12, No. 2, Pp. 417–428, Apr. 2025, Doi: 10.25126/Jtiik.2025129451.
- [8] V. Tandika And I. Fenriana, "Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Dalam Aplikasi Peramalan Pencairan Kredit," 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.buddhidharma.ac.id/index.php/Algor/index>
- [9] Diaz Arjun Annolu And Widya Setiafindari, "Penerapan Time Series Dalam Peramalan Penjualan Air Minum Dalam Kemasan Di Cv Tirta Shahadah," *Jurnal Ilmiah Research Student*, Vol. 2, No. 2, Pp. 824–831, Jul. 2025, Doi: 10.61722/Jirs.V2i2.5830.
- [10] M. Mualief, E. Dhartikasari, And M. Jufriyanto, "Metode Exponential Smoothing Dan Arima Untuk Meramalkan Kebutuhan Air Pelanggan Pt Pkn", Doi: 10.37971/Radial.V10i1.452.
- [11] M. Yusuf Nugroho, "Implementasi Prediksi Penjualan Powderindo Menggunakan Metode Single Moving Average," *Journal Of Social Science Research*, Vol. 5, Pp. 2159–2168, 2025.
- [12] I. M. S. Wiguna, A. G. Willdahlia, I. K. B. Sandika, K. J. Atmaja, And N. M. M. R. Desmayani, "Implementasi Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Penjualan Pada Restoran Coco Bistro Tanjung," *Analisis*, Vol. 15, No. 01, Pp. 233–241, Mar. 2025, Doi: 10.37478/Als.V15i01.5308.

- [13] R. K. Kurniawan, S. Samari, And S. Ratnanto, “Komparasi Model Single Moving Avarage & Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Amdk Nuclees,” *Jurnal Nusantara Aplikasi Manajemen Bisnis*, Vol. 7, No. 1, Pp. 84–92, Apr. 2022, Doi: 10.29407/Nusamba.V7i1.17740.
- [14] H. Yusup Saputra, I. Fitriana Aziza, And S. Soraya, “Seminar Nasional Corisindo Prediksi Permintaan Reservasi Kamar Hotel Menggunakan Metode Fuzzy Time Series.” *Prosiding Seminar Nasional Corisindo*, Pp. 112–119, 2025
- [15] P. Melyna Mustofa, F. Sri Mulyani, And U. Cipasung Tasikmalaya, “Proximal: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika Perbandingan Fuzzy Time Series Lee Dan Markov Chain Dalam Peramalan Harga Cabai Rawit (Studi Kasus: Kota Tasikmalaya)”, Doi: 10.30605/Proximal.V9i1.7992.
- [16] T. D. Anggraeni And L. Wachidah, “Metode Single Exponential Smoothing Dan Fuzzy Time Series Pada Peramalan Permintaan Penjualan Pakaian Thrift Shop Garagesaleinaja,” *Bandung Conference Series: Statistics*, Vol. 2, No. 2, Pp. 254–265, Jul. 2022, Doi: 10.29313/Bcss.V2i2.4005.
- [17] M. Kualitas Layanan, R. Taufiq Subagio, V. Dwi Kartika, F. Sururiyah, And P. Korespondensi Diajukan, “Penerapan Metode Moving Average Untuk Memprediksi Penjualan Tiket Wisata Guna,” *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, Vol. 8, No. 3, 2024, Doi: 10.33395/Remik.V8i3.14010.
- [18] S. N. Budiman, A. History, And N. Budiman, “Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika Peramalan Stock Barang Dagangan Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing Article Info Abstract,” Vol. 7, No. 2, Pp. 113–121, 2021, [Online]. Available: [Http://Http://Jurnal.Unmer.Ac.Id/Index.Php/Jtmi](http://Http://Jurnal.Unmer.Ac.Id/Index.Php/Jtmi)
- [19] W. A. Pratiwi And M. Marizal, “Penerapan Metode Eksponential Smoothing Dalam Memprediksi Hasil Pencapaian Kinerja Pelayanan Perangkat Daerah Dinas Pendidikan Provinsi Riau,” 2022, Doi: 10.24014/Icpss.V1i1.18934.
- [20] D. Reskianto And M. Agung Barata, “Jip (Jurnal Informatika Polinema) Forecasting Metode Single Exponential Smoothing Dalam Meramalkan Penjualan Barang”. *Jip: Jurnal Informatika Polinema*, Vol. 8, No. 2, Pp. 101–108, 2022
- [21] V. Sihombing And Y. Ceng Giap, “Penerapan Metode Fuzzy Time Series Untuk Memprediksi Rata-Rata Terhadap Harga Telur Ditingkat Perdagangan Grosir Indonesia Berbasis Web,” *Jurnal Algor*, No. 1, 2025, [Online]. Available: [Https://Jurnal.Buddhidharma.Ac.Id/Index.Php/Algor/Index](https://Jurnal.Buddhidharma.Ac.Id/Index.Php/Algor/Index)
- [22] H. K. Pathak And P. Singh, “A New Bandwidth Interval Based Forecasting Method For Enrollments Using Fuzzy Time Series,” *Appl. Math. (Irvine)*, Vol. 02, No. 04, Pp. 504–507, 2011, Doi: 10.4236/Am.2011.24065.
- [23] M. Raditya *Et Al.*, “Analisis Permintaan Pengiriman Barang Di Bandara Internasional Ahmad Yani (Studi Kasus: Perusahaan Angkasa Pura Logistik Semarang),” 2025. *Jurnal Teknik Industri Terapan*, Vol. 3, No. 1, Pp. 45–52, 2025
- [24] H. H. Nuha, “Mean Squared Error (Mse) Dan Penggunaannya,” *Japatum) Japatum.Matradipti.Org*, Vol. 3, No. 4, P. 2025, 2024, Doi: 10.59328/.
- [25] N. Litha Sari And T. Hasanuddin, “Analisis Performa Metode Moving Average Model Untuk Prediksi Jumlah Penderita Covid-19,” *Indonesian Journal Of Data And Science (Ijodas)*, Vol. 1, No. 3, Pp. 87–95, 2020, [Online]. Available: [Https://Kawalcovid19.Id/](https://Kawalcovid19.Id/)