

Sistem Prediksi Penjualan Toko Kelontong Berbasis Website dengan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing

Devon Vivian Gunawan^{a1}, I Made Widhi Wirawan^{a2}, I Ketut Gede Suhartana^{a3}, I Gede Surya Rahayuda^{a4}

^aProgram Studi Informatika, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

¹gunawan.2208561081@student.unud.ac.id

²made.widhi@unud.ac.id

³ikg.suhartana@unud.ac.id

⁴igedesuryarahayuda@unud.ac.id

Abstract

The development of information technology provides opportunities for business owners to improve the effectiveness of business management, including inventory management. Grocery stores often face problems related to overstock and stock shortages due to the absence of a sales forecasting system capable of predicting future product demand. This study aims to develop a web-based sales forecasting system for grocery stores using the Holt-Winters Exponential Smoothing method and to determine the accuracy level of the resulting forecasting model. The system was developed using PHP and Python programming languages with MySQL as the database management system. PHP was used for interface and database management, while Python was used for the forecasting computation process. The Holt-Winters Exponential Smoothing method was applied because it is capable of handling time series data with trend and seasonal patterns. The alpha (α), beta (β), and gamma (γ) parameters were automatically optimized using the Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (L-BFGS-B) optimization algorithm. Model accuracy was evaluated using Mean Absolute Percentage Error (MAPE), while system functionality testing was conducted using the Black Box Testing method. The results of this study indicate that the system successfully manages product and sales data, as well as displays sales forecasting results in the form of tables and interactive charts. Based on Black Box Testing, all system features functioned according to the specified functional requirements. Furthermore, the accuracy evaluation showed that the Holt-Winters Exponential Smoothing method was able to produce MAPE values categorized as good to very good for several tested products. Therefore, the developed system can assist store owners in forecasting sales and support decision-making related to inventory management

Keywords: Sales Prediction, Holt-Winters, L-BFGS Optimization, Inventory Management, Web-based, MAPE.

1. Introduction

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memberikan berbagai solusi yang memudahkan aktivitas bisnis, termasuk dalam pengelolaan penjualan dan persediaan barang [1]. Toko Yabes merupakan toko kelontong yang menyediakan berbagai kebutuhan pokok masyarakat. Dalam operasionalnya, toko telah memanfaatkan teknologi untuk proses pembayaran, namun pengelolaan persediaan masih dilakukan berdasarkan perkiraan dan pengalaman pemilik. Kondisi tersebut menjadi tantangan karena jumlah produk yang dijual cukup banyak, sedangkan kapasitas penyimpanan terbatas. Akibatnya, toko sering mengalami kelebihan stok pada barang dengan tingkat penjualan rendah maupun kekurangan stok pada barang yang memiliki permintaan tinggi.

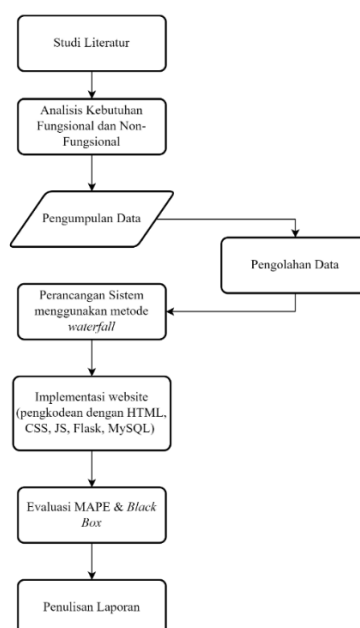
Penjualan merupakan indikator penting dalam keberhasilan bisnis. Ketika permintaan meningkat sementara stok terbatas, toko berpotensi kehilangan keuntungan. Sebaliknya, penurunan penjualan dengan persediaan berlebih dapat meningkatkan biaya penyimpanan [2]. Oleh karena itu, diperlukan sistem prediksi penjualan untuk membantu pengelolaan persediaan secara lebih efektif dan mengurangi risiko penyetokan barang [3].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk prediksi penjualan adalah *Holt-Winters Exponential Smoothing*. Metode ini dinilai efektif untuk data deret waktu yang memiliki pola tren dan musiman [4]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* memiliki performa lebih baik dibandingkan metode ARIMA dan Prophet dengan nilai RMSE sebesar 0,2080, sedangkan ARIMA sebesar 0,2426 dan Prophet sebesar 0,4820 [5]. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa *Holt-Winters Exponential Smoothing* menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,83%, lebih baik dibandingkan *Single Exponential Smoothing* sebesar 3,019% [4].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pengujian dan perbandingan akurasi metode prediksi dan belum mengintegrasikan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* ke dalam sistem berbasis *website* yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh pelaku UMKM, khususnya toko kelontong. Akibatnya, hasil prediksi dari penelitian sebelumnya belum dapat digunakan secara praktis untuk membantu proses pengelolaan persediaan dan pengambilan keputusan operasional pada toko. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem prediksi penjualan toko kelontong berbasis *website* menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat membantu pemilik toko memperkirakan penjualan serta mengelola persediaan barang dengan lebih efektif.

2. Research Methods

Metode prediksi yang digunakan adalah *Holt-Winters Exponential Smoothing* karena mampu menangani data time series yang memiliki pola tren dan musiman (Arini et al., 2023). Penelitian ini menggunakan pendekatan *in-sample evaluation* dengan memanfaatkan seluruh data historis yang tersedia untuk memperoleh estimasi parameter yang lebih stabil. Parameter α (α), β (β), dan γ (γ) ditentukan secara otomatis menggunakan algoritma optimasi *Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno* (L-BFGS-B) dengan batas parameter pada rentang 0,001 hingga 0,999.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pengolahan data, perancangan sistem, implementasi metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*, hingga pengujian sistem. Pada tahap pengolahan data dilakukan validasi format file CSV, pembersihan data, penanganan data kosong, penyeragaman format bulan, serta pencegahan data ganda.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Sementara itu, pengujian akurasi model prediksi dilakukan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai MAPE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi, di mana semakin kecil nilai MAPE maka semakin baik akurasi model prediksi yang dihasilkan.

Tabel 1. Indikator MAPE

MAPE Range	Keterangan
< 10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10% - 20%	Kemampuan peramalan baik
21% - 50%	Kemampuan peramalan cukup
> 50%	Kemampuan peramalan buruk

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengolahan Data sebelum masuk Database

Sebelum digunakan dalam proses prediksi, data penjualan terlebih dahulu melalui tahap pengolahan data (*preprocessing*). Tahapan ini bertujuan untuk memastikan data yang digunakan bersih, konsisten, dan sesuai dengan kebutuhan sistem. Data penjualan diperoleh dari Toko Yabes dalam format CSV yang berisi informasi tahun, bulan, nama barang, kategori, jumlah penjualan, dan total penjualan.

Sistem melakukan validasi terhadap struktur kolom *file* CSV untuk memastikan kesesuaian format dengan standar yang telah ditentukan. Selain itu, sistem mampu mendeteksi delimiter secara otomatis, baik berupa koma (,) maupun titik koma (;). Data yang mengandung karakter selain angka pada nominal penjualan juga dibersihkan agar dapat diproses menjadi tipe numerik.

Tahap berikutnya adalah penyeragaman format bulan, penanganan baris kosong, serta pencegahan data ganda berdasarkan kombinasi nama barang, bulan, dan tahun. Setelah seluruh proses *preprocessing* selesai, data disimpan ke dalam *database* MySQL dan siap digunakan pada proses prediksi menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*.

3.2. Model *Holt-Winters* dan L-BFGS-B

Penelitian ini menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplicative* untuk melakukan prediksi penjualan bulanan. Metode ini dipilih karena data penjualan memiliki pola tren dan musiman yang berubah secara fluktuatif. *Holt-Winters* menggunakan tiga komponen utama, yaitu *level*, *trend*, dan *seasonal* yang dikendalikan oleh parameter α (α), β (β), dan γ (γ).

Penentuan parameter dilakukan secara otomatis menggunakan algoritma *Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno Bound* (L-BFGS-B). Algoritma ini merupakan metode optimasi berbasis gradien yang digunakan untuk mencari kombinasi nilai α , β , dan γ yang

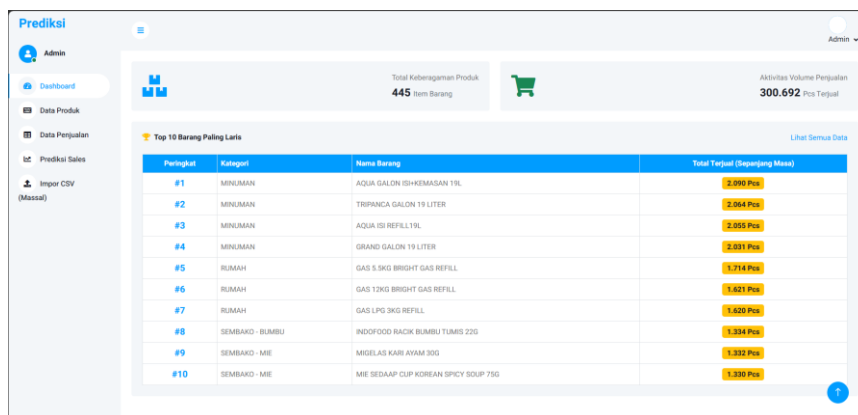
menghasilkan kesalahan prediksi (*error*) minimum. Pada penelitian ini, setiap parameter dibatasi pada rentang 0,001 hingga 0,999 agar proses optimasi menghasilkan nilai parameter yang valid dan stabil. Selama proses optimasi, L-BFGS-B menghitung nilai fungsi objektif berupa kesalahan prediksi, kemudian memperbarui nilai parameter secara iteratif hingga diperoleh kombinasi parameter yang memberikan hasil prediksi terbaik. Alur proses prediksi dan optimasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Setelah parameter optimal diperoleh, proses prediksi dimulai dengan inisialisasi nilai awal level, tren, dan *seasonal* berdasarkan data historis penjualan. Selanjutnya dilakukan proses *smoothing* secara iteratif hingga diperoleh nilai *fitted* dan hasil prediksi untuk periode berikutnya. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan nilai MAPE dengan kategori baik hingga sangat baik pada beberapa produk yang diuji, sehingga metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dinilai mampu memberikan prediksi penjualan yang cukup akurat.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dalam bentuk website yang dibangun menggunakan PHP, Bootstrap, JavaScript, dan MySQL, sedangkan proses prediksi dilakukan menggunakan Python dan framework Flask. Sistem terdiri dari beberapa halaman utama yang mendukung proses pengelolaan data dan prediksi penjualan.

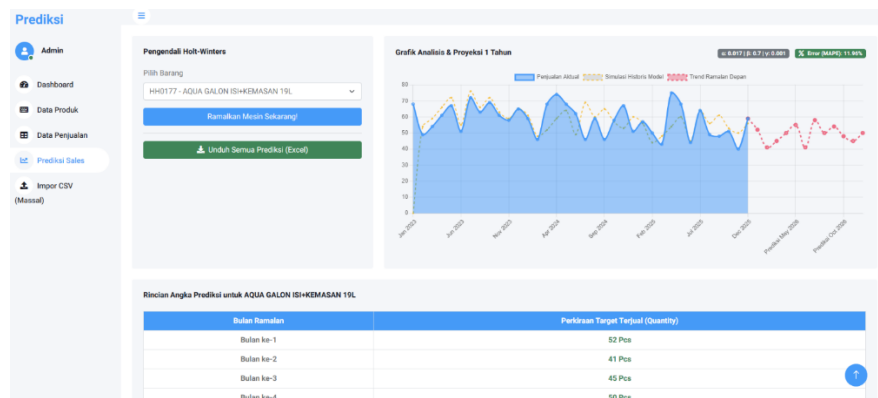
Halaman pertama adalah halaman *login* yang digunakan admin untuk masuk ke dalam sistem. Setelah berhasil *login*, pengguna diarahkan ke halaman *dashboard* yang menampilkan ringkasan data penjualan dan navigasi sistem.



Peringkat	Kategori	Nama Barang	Total Terjual (Sepanjang Masa)
#1	MINUMAN	AQUA GALON ISI KEMASAN 19L	2.090 Pcs
#2	MINUMAN	TRIPANCA GALON 19 LITER	2.064 Pcs
#3	MINUMAN	AQUA ISI REFILL 19L	2.055 Pcs
#4	MINUMAN	GRAND GALON 19 LITER	2.031 Pcs
#5	RUMAH	GAS 5.5KG BRIGHT GAS REFILL	1.714 Pcs
#6	RUMAH	GAS 12KG BRIGHT GAS REFILL	1.621 Pcs
#7	RUMAH	GAS LPG 3KG REFILL	1.620 Pcs
#8	SEMBAKO - BUMBU	INDOFOOD RACIK BUMBU TUMIS 22G	1.334 Pcs
#9	SEMBAKO - MI	MIGELAS KARI AYAM 30G	1.332 Pcs
#10	SEMBAKO - MI	MI SEBAAP CUP KOREAN SPICY SOUP 75G	1.230 Pcs

Gambar 2. Halaman *Dashboard*

Sistem juga menyediakan halaman data barang yang digunakan untuk melihat, menambah, mengubah, dan menghapus data produk. Selain itu, terdapat halaman data penjualan untuk mengelola riwayat penjualan bulanan. Sistem mendukung proses unggah data massal menggunakan *file* CSV sehingga mempermudah proses *input* data dalam jumlah besar.



Gambar 3. Halaman Prediksi Barang

Pada halaman prediksi, pengguna dapat memilih barang yang ingin diprediksi. Sistem kemudian memproses data menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dan menampilkan hasil prediksi dalam bentuk tabel serta grafik interaktif menggunakan Chart.js. Grafik tersebut memperlihatkan perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan analisis penjualan di masa mendatang.

3.4 Pengujian Black Box

Tabel 2. Pengujian Black Box

No Modul		Skenario Pengujian	Hasil	Status
1	Autentikasi	Login dengan data valid dan tidak valid	Sistem berhasil memvalidasi akses dan menampilkan notifikasi kesalahan	Valid
2	Katalog Barang	Tambah, unggah, dan hapus data barang	Data barang berhasil dikelola pada database	Valid
3	Data Penjualan	Input, unggah, hapus, dan kosongkan data penjualan	Data penjualan berhasil diproses sesuai perintah pengguna	Valid
4	Validasi CSV	Mengunggah file CSV dengan format salah	Sistem menolak file dan menampilkan notifikasi error	Valid
5	Prediksi	Menjalankan prediksi pada data valid dan tidak valid	Sistem berhasil menampilkan hasil prediksi atau pesan error	Valid
6	Grafik Interaktif	Menampilkan visualisasi hasil prediksi	Grafik dan tooltip berhasil ditampilkan	Valid

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem prediksi penjualan yang dikembangkan berhasil menjalankan fungsi pengelolaan data, proses prediksi, serta visualisasi hasil prediksi berbasis website dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), terdapat perbedaan tingkat akurasi pada beberapa sampel barang uji. Sebagian produk menghasilkan nilai MAPE di bawah 20% yang termasuk kategori akurat, sedangkan beberapa produk lainnya memiliki nilai MAPE di atas 20% yang masih tergolong cukup atau layak digunakan.

Perbedaan tingkat akurasi tersebut dipengaruhi oleh karakteristik data historis masing-masing produk. Produk dengan nilai MAPE rendah umumnya merupakan barang dengan tingkat

penjualan stabil dan frekuensi transaksi tinggi (*fast-moving*). Pola data yang konsisten memudahkan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dalam mengidentifikasi komponen level, *trend*, dan *seasonality* secara lebih optimal. Sebaliknya, produk dengan nilai MAPE lebih tinggi cenderung memiliki pola penjualan yang fluktuatif, tidak stabil, atau bersifat acak. Kondisi ini biasanya ditandai dengan adanya periode tanpa penjualan maupun lonjakan penjualan secara tiba-tiba sehingga menyulitkan model dalam membentuk pola peramalan yang stabil.

Dari sisi implementasi sistem, penelitian ini juga membuktikan bahwa integrasi antara PHP dan Python dapat berjalan dengan baik. PHP digunakan untuk menangani antarmuka pengguna, pengelolaan database, serta proses validasi dan pengolahan data CSV, sedangkan Python digunakan sebagai mesin utama untuk proses perhitungan prediksi. Pembagian tugas tersebut membuat sistem lebih efisien karena proses komputasi peramalan dapat dijalankan secara terpisah tanpa membebani antarmuka website.

Selain itu, penerapan algoritma optimasi L-BFGS-B berhasil membantu proses pencarian parameter α (α), β (β), dan γ (γ) secara otomatis. Penggunaan algoritma ini membuat sistem mampu menentukan kombinasi parameter terbaik dengan tingkat error terkecil tanpa perlu melakukan penentuan parameter secara manual. Dengan demikian, proses prediksi menjadi lebih efektif, cepat, dan konsisten.

Hasil implementasi sistem juga memberikan manfaat praktis bagi pemilik UMKM, khususnya dalam pengambilan keputusan terkait persediaan barang. Sistem mampu menampilkan hasil prediksi dalam bentuk grafik interaktif yang mudah dipahami sehingga pengguna dapat mengetahui kecenderungan penjualan pada periode mendatang. Informasi tersebut dapat membantu pemilik toko dalam mengurangi risiko *overstock* maupun *stockout*, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan stok barang.

Setelah proses pengembangan dan pengujian selesai dilakukan, sistem kemudian diimplementasikan secara daring melalui tahap *deployment*. Aplikasi *website* dan *database* ditempatkan pada layanan *hosting*, sedangkan modul prediksi Python dijalankan pada server terpisah. Melalui implementasi tersebut, sistem dapat diakses melalui internet sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem kapan saja dan di mana saja. Namun, implementasi server saat ini masih bersifat *prototype* untuk kebutuhan demonstrasi dan evaluasi penggunaan sistem. Untuk implementasi jangka panjang, diperlukan pengembangan lebih lanjut pada infrastruktur server agar stabilitas, keamanan, dan kapasitas penyimpanan data dapat mendukung peningkatan jumlah transaksi penjualan di masa mendatang.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem prediksi penjualan toko kelontong berbasis website menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* berhasil dikembangkan dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu melakukan pengelolaan data barang, data penjualan, validasi impor file CSV, serta menghasilkan prediksi penjualan dalam bentuk tabel dan grafik interaktif.

Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* yang dioptimasi menggunakan algoritma L-BFGS-B mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi yang baik pada beberapa produk uji. Hasil evaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan bahwa produk dengan pola penjualan stabil menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah dibandingkan produk dengan pola penjualan fluktuatif.

Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional pengguna. Implementasi sistem berbasis website juga mempermudah pemilik toko dalam memantau penjualan dan membantu pengambilan keputusan terkait pengelolaan persediaan barang sehingga dapat mengurangi risiko overstock maupun stockout.

Adapun saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah menambahkan fitur prediksi secara real-time, memperluas jenis metode peramalan sebagai pembanding, serta mengintegrasikan sistem dengan teknologi cloud server yang lebih stabil untuk mendukung penggunaan jangka panjang. Selain itu, penelitian berikutnya dapat menggunakan data historis dengan periode yang lebih panjang agar model prediksi mampu menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik.

References

- [1] M. Rezki, M. Ifan, R. Ihsan, and S. Nurdiani, "Perancangan Sistem Informasi Pengolahan Data Transaksi Pada Toko Kelontong Tebas Berbasis Web," 2023. [Online]. Available: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/justian>
- [2] F. C. Angela and T. Sukmono, "Fusing SVR with PSO Improves E-commerce Sales Prediction with 8.98% MAPE," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 25, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.21070/ijins.v25i2.1127.
- [3] R. Sabilul Muminin, I. Denni, and R. Ramdhani, "Implementation of the Support Vector Regression Algorithm And Particle Swarm Optimization In Sales Forecasting," 2021.
- [4] Arini, H. B. Suseno, F. N. Maulana, and I. M. M. Matin, "Comparison of Single Exponential Smoothing And Holt-Winter Exponential Smoothing Methods in Sales Commercial Business," in *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023. doi: 10.1109/CITSM60085.2023.10455673.
- [5] N. Ş. ERSÖZ, P. GÜNER, A. AKBAŞ, and B. BAKİR-GUNGÖR, "COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF ARIMA, PROPHET AND HOLT-WINTERS FORECASTING METHODS ON EUROPEAN COVID-19 DATA," *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol. 6, no. 3, pp. 556–565, Dec. 2022, doi: 10.46519/ij3dptdi.1120718.