

# Comparing of Artificial Neural Network and Multiplicative Holt Winters Exponential Smoothing Methods in Forecasting Demand [Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan dan *Multiplicative Holt Winters Exponential Smoothing* dalam Meramalkan Permintaan]

Salsa Zulfa Safitri<sup>1)</sup>, Tedjo Sukmono<sup>\*.2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [Thejdoss@umsida.ac.id](mailto:Thejdoss@umsida.ac.id)

**Abstract.** *One of the challenges faced by business operators is the fluctuation in the quantity of raw material orders, leading to both shortages and excesses, particularly during specific months such as approaching holidays and the new year. To address this issue, this research aims to forecast the demand for wallet products from the UMKM Pengerajin Dompot Khas Tanggulangin (PDKT) by comparing two methods: Artificial Neural Networks capable of extrapolating data to forecast future periods, and the Multiplicative Holt Winters method designed specifically for data with seasonal patterns. A comparative analysis is conducted to determine the method with the highest accuracy. The research results indicate that the Artificial Neural Network method yields an RMSE value of 14.249, whereas the Holt Winters method produces an RMSE value of 93.436. From this comparison, it can be concluded that the Artificial Neural Network method exhibits better accuracy compared to the Holt Winters method.*

**Keywords** – Forecasting, Demand, Multiplicative Holt-Winters, Artificial Neural Network, RapidMiner,

**Abstrak.** *Salah satu tantangan yang dihadapi oleh para pelaku usaha adalah fluktuasi jumlah pemesanan bahan baku yang dapat terjadi baik kekurangan maupun kelebihan, terutama pada bulan-bulan tertentu seperti menjelang hari raya dan tahun baru. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk meramalkan permintaan produk dompet dari UMKM Pengerajin Dompot Khas Tanggulangin (PDKT) dengan membandingkan dua metode, yaitu Jaringan Syaraf Tiruan yang mampu mengekstrapolasi data untuk meramalkan periode mendatang, dan metode Multiplicative Holt Winters yang dirancang khusus untuk data dengan pola musiman. Analisis perbandingan dilakukan untuk menentukan metode yang memiliki tingkat akurasi tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan memberikan nilai RMSE sebesar 14,249, sedangkan metode Holt Winters menghasilkan nilai RMSE sebesar 93,436. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode Holt Winters.*

**Kata Kunci** – Peramalan, Permintaan, Multiplicative Holt Winters Jaringan Syaraf Tiruan, RapidMiner

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Peramalan merupakan suatu proses yang digunakan untuk meramalkan atau memprediksi kondisi perusahaan di masa mendatang. Meskipun peramalan tidak selalu 100% akurat, dengan memilih metode yang sesuai, tingkat kesalahan peramalan dapat diminimalkan. Dengan menggunakan data dari masa lampau, peramalan ini digunakan untuk mengantisipasi situasi yang mungkin terjadi di masa depan. Hasil dari peramalan ini dapat menjadi dasar untuk mengambil keputusan dan membantu perusahaan dalam menentukan opsi terbaik [1].

Dalam proses produksinya, UMKM PDKT hanya mengandalkan perkiraan untuk menentukan jumlah produksi, yang didasarkan pada rata-rata dari bulan sebelumnya. Pendekatan ini dapat menyebabkan variasi dalam permintaan, dengan fluktuasi mencapai 11%. Jika pesanan bahan baku melebihi jumlah produksi, hal ini dapat mengakibatkan biaya penyimpanan yang berlebihan dan penurunan kualitas. Di sisi lain, jika pesanan terlalu sedikit, risiko kehabisan persediaan dapat terjadi, menyebabkan terhentinya proses produksi, penundaan penjualan, atau bahkan kehilangan pelanggan [2].

Peramalan adalah alat untuk memproyeksikan kebutuhan di masa mendatang, mencakup kuantitas dan kualitas yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan yang berfluktuasi [3]. Ada berbagai pendekatan yang dapat digunakan dalam peramalan. Salah satunya adalah metode pemulusan eksponensial, yang secara berkelanjutan melakukan perhitungan peramalan dengan mempertimbangkan data terkini. [4]. Dengan mengurangi nilai rata-rata smoothing pada data deret waktu, exponential smoothing adalah teknik yang secara konsisten meningkatkan akurasi peramalan. *Holt-Winters* merupakan salah satu metode deret waktu yang mempertimbangkan faktor tren dan musiman, seperti perayaan dan hari besar. [5].

Metode Jaringan Syaraf Tiruan memiliki beberapa ciri, seperti hubungan antar neuron yang membentuk pola (arsitektur jaringan), penentuan bobot, dan fungsi aktivasi. Jaringan syaraf tiruan memiliki tiga jenis arsitektur, yaitu jaringan dengan satu lapisan bobot koneksi, satu lapisan, atau tunggal. Jaringan yang memiliki banyak lapisan (multilayer) memiliki lebih dari satu lapisan bobot koneksi. Ada juga jaringan kompetitif, di mana sekelompok neuron bersaing untuk menjadi aktif [6]

*Holt-Winters* atau *Triple Exponential Smoothing*, sebuah metode yang menggunakan tiga konstanta untuk level, tren, dan musim, efektif mengatasi tren dan pola musiman dalam time series dengan tingkat kesalahan yang rendah. Dalam metode ini, terdapat dua model yaitu model aditif dan model multiplikatif. Pada umumnya, ketika menghadapi data yang mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu, pemodelan multiplikatif lebih sering digunakan, sementara pemodelan aditif lebih sesuai untuk data yang memiliki variasi yang konstan dalam rentang waktu [7].

Dalam melakukan olah data dengan metode jaringan syaraf tiruan, data akan diproses menggunakan perangkat lunak *RapidMiner*. *RapidMiner* merupakan sebuah *framework* yang menyediakan lingkungan terpadu untuk analisis prediktif, *data mining*, *machine learning*, dan *deep learning*. Aplikasi ini dapat diimplementasikan dalam konteks aplikasi bisnis dan komersial, serta untuk keperluan penelitian, pelatihan, pembuatan prototipe, dan pengembangan aplikasi. *RapidMiner* juga mendukung seluruh tahap proses pembelajaran mesin, termasuk persiapan data, visualisasi hasil, validasi, dan optimasi [8].

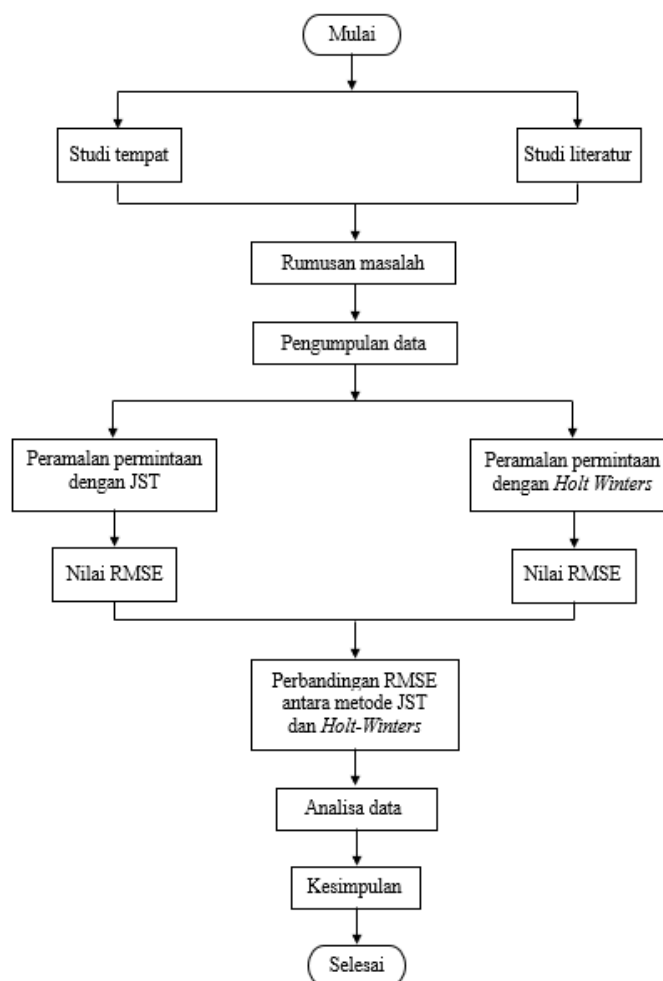
Salah satu syarat *forecasting* yang baik adalah akurasi. Hasil peramalan yang konsisten menunjukkan kesalahan peramalan yang relatif kecil. Jika peramalan tidak tepat, persediaan akan habis dan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan. Hal ini menjadi dampak yang serius karena UMKM mengalami penurunan keuntungan penjualan dan kehilangan pelanggan. [9].

Pemanfaatan metode data mining bisa menjadi solusi untuk menghadapi tantangan ini. Data mining merupakan suatu metode pendekatan untuk mengolah volume besar data, yang terdiri dari kumpulan data, dengan tujuan memperoleh informasi baru. Informasi yang dihasilkan dapat menjadi pertimbangan penting dalam proses pengambilan keputusan. Pendekatan data mining melibatkan proses pengolahan data dengan menggunakan teknik matematika, statistik, kecerdasan buatan, dan pembelajaran mesin, termasuk penerapan teknik pengenalan [10]. Dengan mempertimbangkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan peramalan untuk meramalkan jumlah permintaan yang diperlukan dalam proses produksi. Tahap awal dalam pengembangan dan pengaturan sistem produksi melibatkan penetapan perkiraan permintaan terhadap produk dan layanan yang akan diproduksi. Ini menjadi dasar untuk merancang manajemen produksi dan memanfaatkan teknik peramalan guna memproyeksikan kebutuhan permintaan di masa mendatang [11].

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan jumlah permintaan domestik di UMKM Pengerajin Dompet Khas Tanggulangin (PDKT) serta dapat mengetahui metode mana yang memiliki akurasi dari kedua metode tersebut dengan membandingkan hasil *Root Mean Square Error* (RMSE)

## II. METODE

Penelitian ini dilakukan di UMKM PDKT (Pengerajin Dompet Khas Tanggulangin) yang berlokasi di Desa Ketegan, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, dan dilaksanakan selama periode 6 bulan. Proses pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup akuisisi data historis, khususnya permintaan setiap bulan selama rentang waktu 2021-2022. Selain itu, pendekatan wawancara dengan pertanyaan dan jawaban digunakan untuk memahami metode yang diterapkan dalam menentukan volume produksi.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah di UMKM PDKT, melalui studi tempat dan literatur. Permasalahan utama adalah penggunaan bahan baku yang tidak optimal, seringkali mengalami kekurangan atau kelebihan. Tahap pengumpulan data didapat dari hasil observasi dan wawancara kepada pemilik yang mengelola UMKM tersebut. Setelah data didapatkan selanjutnya yaitu melakukan prediksi dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dan *multiplicative holt winters exponential smoothing*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara membandingkan metode peramalan antara metode jaringan syaraf tiruan dan metode *multiplicative holt winters exponential smoothing*.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Aini, dkk pada tahun 2021 dengan judul Prediksi Rata-Rata Curah Hujan Bulanan di Pasuruan Menggunakan Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*, didapatkan hasil eror dari perhitungan prediksi menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* menggunakan model *multiplicative* adalah sebesar 41% dimana artinya cukup baik dalam melakukan prediksi [12].

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Putri dengan judul Analisa Peramalan Penjualan Kerupuk Udang Dengan Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* (ANN), didapat metode *artificial neural network* memiliki pertitungan yang lebih akurat karena memiliki nilai *root mean square error* lebih kecil apabila dibandingkan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing holt* [13].

Langkah-langkah pengolahan data dengan *RapidMiner* sebagai berikut [14].

- Tranformasi data, yaitu dengan membagi data dengan data training dan data testing dengan rasio 70:30. Dengan pendahuluan melakukan normalisasi data dan perancangan arsitektur jaringan. Setelah itu dilakukan normalisasi untuk pengoptimalan bentuk data pada jaringan rentang nilai antara 0-1.
- Pelatihan, dengan menggunakan data training yang sudah dibagi sebelumnya.
- Pengujian, dengan menggunakan data testing sehingga nantinya akan diketahui hasil peramalan dan juga nilai RMSE.

Sedangkan untuk pengolahan data untuk metode *multiplicative holt winters exponential smoothing* menggunakan *MS Excel* dengan persamaan rumus sebagai berikut [15]:

$$I_t = \alpha \left( \frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + 1 - \alpha (I_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

$$b_t = \beta (I_t - I_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (2)$$

$$s_t = \gamma \frac{Y_t}{I_t} + (1 - \gamma) s_{t-s} \quad (3)$$

$$F_t = (I_{t-1} + b_{t-1}) s_{t-s} \quad (4)$$

$$F_{t+m} = (I_t + b_{tm}) s_{t-s+m} \quad (5)$$

Keterangan:

$I_t$  = Nilai pemulusan ke-t

$\alpha$  = Penghalusan konstan untuk data

$Y_t$  = Nilai actual diperiode t

$b_t$  = Estimasi tren ke-t

$\beta$  = Penghalusan konstan untuk estimasi tren

$s_t$  = Estimasi komponen musiman

$\gamma$  = Penghalusan konstan untuk estimasi musiman

m = Jumlah periode dalam periode perkiraan perkiraan

s = Panjang musim (jumlah periode dalam satu musim)

$F_{t+m}$  = Perkiraan untuk m periode ke depan

Setelah melakukan peramalan menggunakan metode tersebut, langkah selanjutnya adalah membandingkan menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE berfungsi sebagai indikator seberapa besar kesalahan antara model prediksi dan data aktual yang dihasilkan oleh model peramalan. Perhitungan RMSE dilakukan dengan mengambil rata-rata dari jumlah kesalahan kuadrat. Hasil RMSE kemudian dapat dianalisis untuk menyimpulkan metode mana yang lebih baik, dengan mempertimbangkan nilai RMSE terendah sebagai parameter utama. Salah satu metode evaluasi yang digunakan untuk mengukur keakuratan hasil peramalan data yaitu dengan melihat nilai RMSE. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam meramalkan. Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah [16]. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk menghitung *root mean square error* [15]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (6)$$

,Keterangan:

$A_t$  = Nilai data aktual

$F_t$  = Nilai hasil peramalan

n = Banyaknya data

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan adalah data permintaan produk dompet rentang waktu 3 tahun yaitu dari tahun 2020-2022. Dari pengolahan data menggunakan metode jaringan syaraf tiruan didapat hasil sebagai berikut.

a. Uji normalitas

Tabel 1 Hasil Uji Normalitas

No	Tanggal	Jumlah Penjualan	Normalisasi
1	11/01/20	150	0,043716
2	18/01/20	155	0,071038
3	25/01/20	153	0,060109
4	31/01/20	152	0,054645
5	08/02/20	142	0

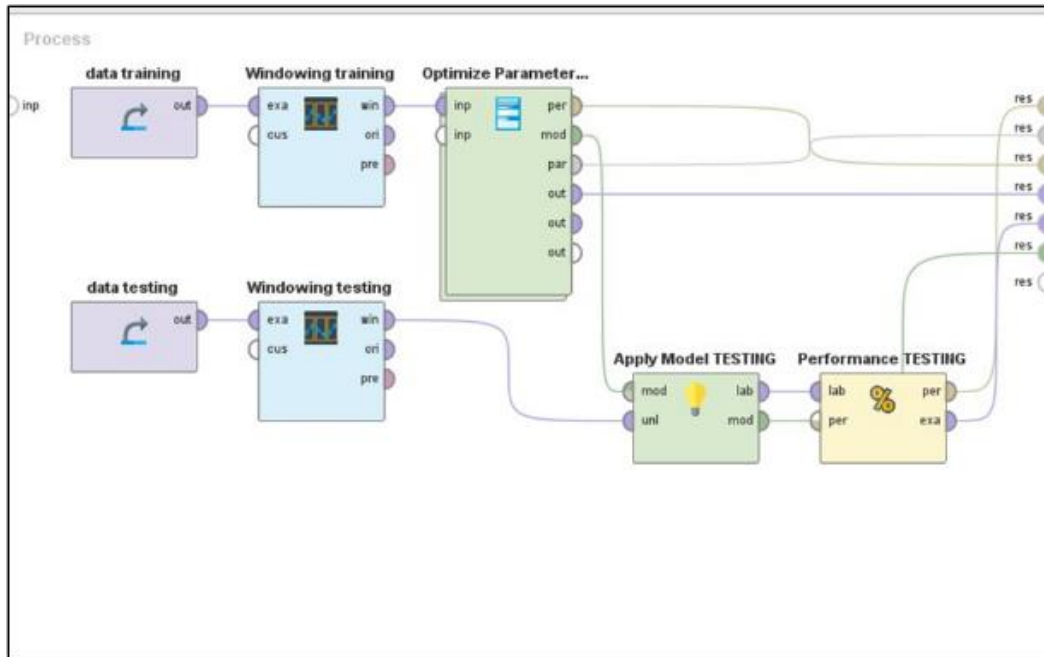
b. Data Partion

Tabel 2 Data Partion

Data Training			Data Testing		
No	Tanggal	Permintaan	No	Tanggal	Permintaan
1	11/01/20	150	1	12/02/22	187
2	18/01/20	155	2	12/02/22	187
3	25/01/20	153	3	19/02/22	184
4	31/01/20	152	4	26/02/22	188
5	08/02/20	142	5	05/03/22	195

c. Pengaplikasian metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan *Rapidminer*

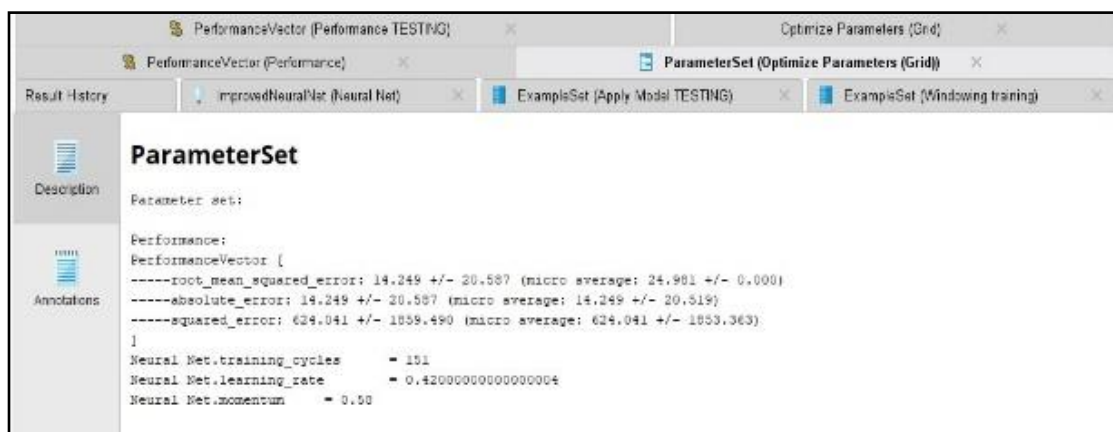
Dari pengolahan data dengan *Rapidminer* didapat hasil sebagai berikut.



Gambar 1. Tahapan Implementasi *Jaringan Syaraf Tiruan*

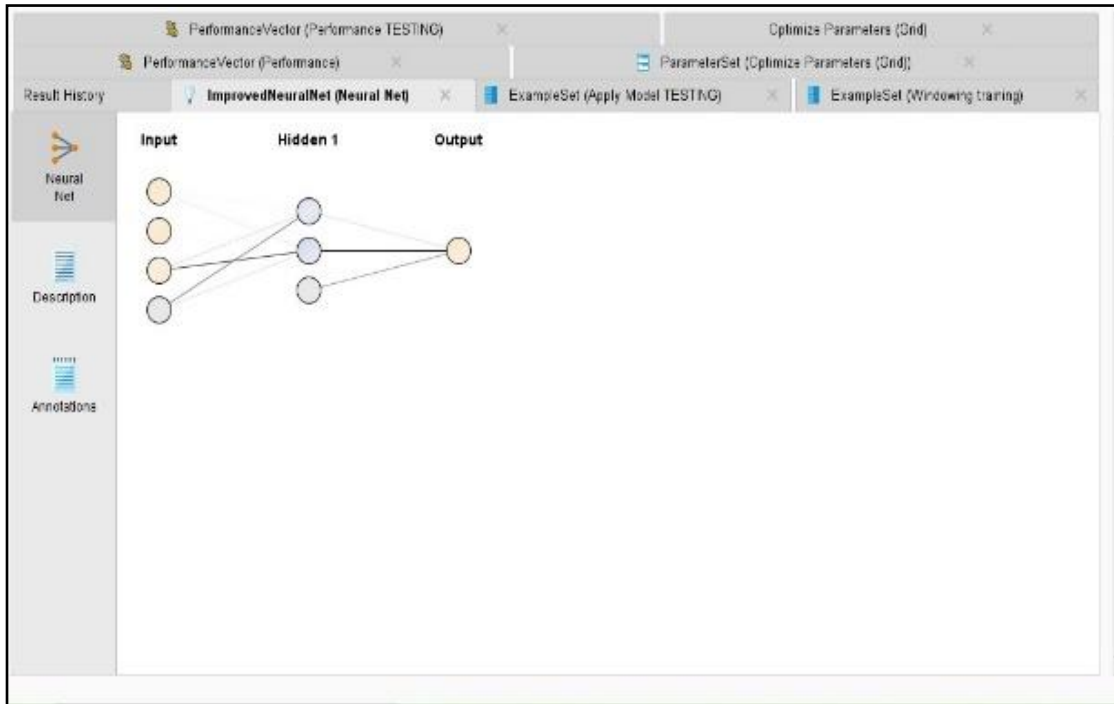
Pada Gambar 1, terlihat tahapan implementasi menggunakan *software RapidMiner*. Langkah awal melibatkan proses pelatihan, di mana data yang digunakan untuk pelatihan mengalami proses *windowing* untuk menetapkan jarak peramalan. Setelah itu, langkah berikutnya adalah menuju operator *optimize parameter (grid)*. Dalam operator *optimize parameter (grid)*, parameter seperti tingkat pembelajaran (*learning rate*) dan momentum ditetapkan, keduanya memiliki nilai di antara 0,1 hingga 0,9, serta jumlah iterasi atau epoch maksimum. Operator *optimize parameter (grid)* juga mencakup subproses *cross-validation*, di mana data *training* (sebanyak 70% dari total data) dibagi menjadi k subset dengan jumlah yang sama.

Dari setiap subset, nilai rata-rata dihitung, dan satu subset dipilih sebagai acuan untuk peramalan dan pengujian data. Proses *cross-validation* melibatkan subproses *training* dan *testing*. Pada subproses *training*, operator *neural net* digunakan, sementara pada subproses *testing*, operator *apply model* dan *performance* digunakan. Setelah proses *optimize parameter (grid)* selesai, langkah selanjutnya adalah proses *testing*. Data *testing* akan mengalami proses *windowing*, dan model akan diterapkan menggunakan operator *apply model*. Sehingga selanjutnya, akan muncul nilai *root mean square error (RMSE)*.



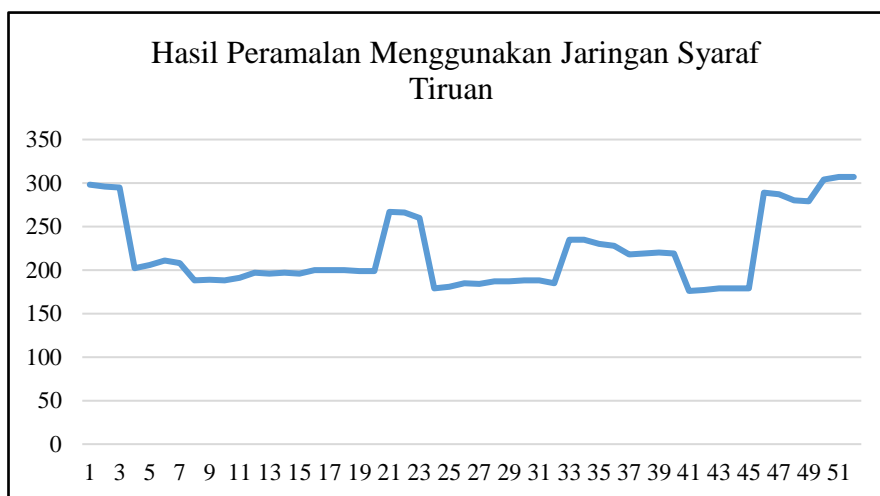
Gambar 2. Hasil RMSE

Dari gambar 2. diatas didapat hasil nilai root mean square error (RMSE) sebesar 14,249, dengan parameter *training cycles* 151, dengan parameter *learning rate* sebesar 0,42 dan parameter *momentum* sebesar 0,58.



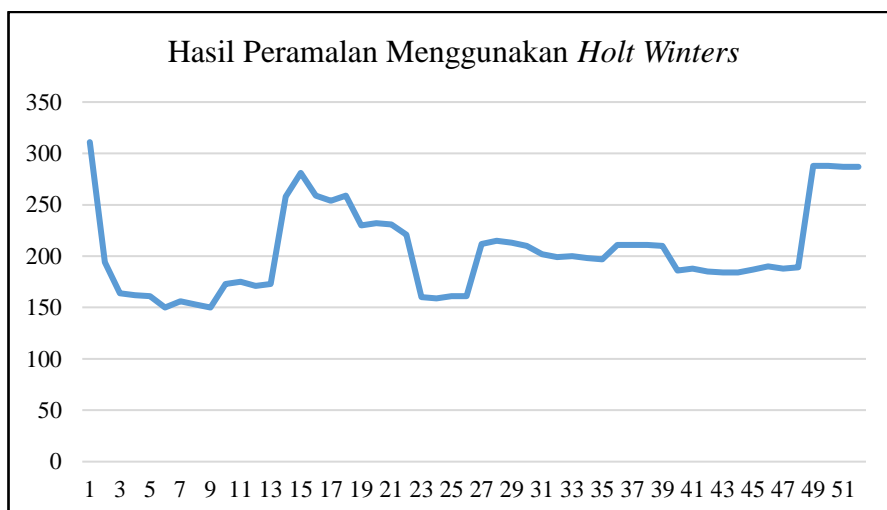
Gambar 3. Operator Neural Net

Pada Gambar 3, terlihat bahwa operator *neural net* menghasilkan *output* berupa rancangan arsitektur model dari data yang telah diinput. Selain itu, model ini juga mendapatkan fungsi aktivasi, yaitu *sigmoid*. Model yang terbentuk melalui proses *windowing* menghasilkan struktur dengan 4 *layer* pada lapisan *input*, 3 *layer* pada lapisan tersembunyi, dan 1 *layer* pada lapisan *output*. Setiap *layer* terdapat 2 *node* dengan fungsi *sigmoid* masing-masing.



Gambar 4. Grafik Hasil Peramalan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Berdasarkan gambar 4 didapat hasil peramalan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan yaitu, pada bulan Januari 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1091 pcs, pada bulan Februari 2023 didapat hasil peramalan sebesar 813 pcs, pada bulan Maret 2023 didapat hasil peramalan sebesar 765 pcs, pada bulan April 2023 didapat hasil peramalan sebesar 989 pcs, pada bulan Mei 2023 didapat hasil peramalan sebesar 865 pcs, pada bulan Juni 2023 didapat hasil peramalan sebesar 886 pcs, pada bulan Juli 2023 didapat hasil peramalan sebesar 931 pcs, pada bulan Agustus 2023 didapat hasil peramalan sebesar 843 pcs, pada bulan September 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1115 pcs, pada bulan Oktober 2023 didapat hasil peramalan sebesar 751 pcs, pada bulan November 2023 didapat hasil peramalan sebesar 934 pcs, pada bulan Desember 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1477 pcs. Permintaan tertinggi terdapat pada bulan Desember yaitu sebesar 1477 pcs dikarenakan banyaknya pesanan untuk souvenir pernikahan.



Gambar 5. Grafik Hasil Peramalan Menggunakan Metode Holt Winters

Berdasarkan gambar 5 didapat hasil RMSE sebesar 39,110, peramalan menggunakan metode multiplikatif *holt winters* yaitu, pada bulan Januari 2023 didapat hasil peramalan sebesar 831 pcs, pada bulan Februari 2023 didapat hasil peramalan sebesar 620 pcs, pada bulan Maret 2023 didapat hasil peramalan sebesar 669 pcs, pada bulan April 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1225 pcs, pada bulan Mei 2023 didapat hasil peramalan sebesar 952 pcs, pada bulan Juni 2023 didapat hasil peramalan sebesar 701 pcs, pada bulan Juli 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1011 pcs, pada bulan Agustus 2023 didapat hasil peramalan sebesar 799 pcs, pada bulan September 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1040 pcs, pada bulan Oktober 2023 didapat hasil peramalan sebesar 743 pcs, pada bulan November 2023 didapat hasil peramalan sebesar 749 pcs, pada bulan Desember 2023 didapat hasil peramalan sebesar 1339 pcs. Permintaan tertinggi terdapat pada bulan Desember yaitu sebesar 1339 pcs dikarenakan banyaknya pesanan untuk souvenir pernikahan.

Berdasarkan hasil perbandingan nilai RMSE dari metode jaringan syaraf tiruan dan *holt winters*, metode jaringan syaraf tiruan dikarenakan memiliki nilai RMSE yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *holt winters* karena pada metode jaringan syaraf tiruan memiliki kapasitas untuk melakukan ekstrapolasi dan penyesuaian data terhadap pola-pola yang berkembang seiring waktu. Kemampuan ini membuat metode jaringan syaraf tiruan menjadi lebih fleksibel dalam merespons perubahan tren atau pola musiman yang kompleks [17]. Dari perbandingan nilai RMSE tersebut metode jaringan syaraf tiruan memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 14,249, sedangkan pada metode *holt winters* memiliki nilai RMSE sebesar 39,110. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan lebih baik jika diaplikasikan, karena memiliki RMSE lebih rendah dan tingkat akurasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan *holt winters*.

## V. SIMPULAN

Dari perbandingan kedua metode diatas didapat bahwa hasil peramalan permintaan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai RMSE sebesar 14,249 jika dibandingkan dengan metode *holt winters*. Hal itu dikarenakan metode jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan mengekstrapolasi dan menyesuaikan data dengan pola-pola yang berkembang seiring waktu. Hal ini dapat membuat metode jaringan syaraf tiruan lebih fleksibel dalam menanggapi perubahan tren atau pola musiman yang kompleks. Dengan pengolahan data menggunakan jaringan syaraf tiruan didapat hasil peramalan selama 12 periode yaitu bulan Januari 1091 pcs, bulan Februari 813 pcs, pada bulan Maret 765 pcs, pada bulan April 989 pcs, pada bulan Mei 865 pcs, pada bulan Juni 886 pcs, pada bulan Juli 931 pcs, pada bulan Agustus 843 pcs, pada bulan September 1115 pcs, pada bulan Oktober 751 pcs, pada bulan November 934 pcs, pada bulan Desember 1477 pcs.

Sedangkan pada peramalan menggunakan metode *holt winters* memiliki nilai RMSE sebesar 39,110 dan didapat hasil peramalan bulan Januari 831 pcs, bulan Februari 620 pcs, bulan Maret 669 pcs, bulan April 1225 pcs, bulan Mei 952 pcs, bulan Juni 701 pcs, bulan Juli 1011 pcs, bulan Agustus 799 pcs, bulan September 1040 pcs, bulan Oktober 743 pcs, bulan November 749 pcs, bulan Desember 1339 pcs.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan pemilik UMKM PDKT (Pengerajin Dompot Khas Tanggulangin) yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.

## REFERENSI

- [1] F. C. Wijaya *et al.*, “Penerapan metode jst backpropagation pada peramalan produksi pastry di hyfresh blitar,” vol. 7, no. 4, pp. 2629–2635, 2023.
- [2] Muhammad Rizal, Dewi Rosa Indah, and Rahmi Meutia, “Analisis Peramalan Produksi Menggunakan Trend Moment Pada Kilang Padi Do’a Ibu Diperlak Kecamatan Pereulak,” *J. Samudra Ekon.*, vol. 5, no. 2, pp. 161–168, 2021, doi: 10.33059/jse.v5i2.4274.
- [3] A. Lusiana and P. Yuliarty, “PENERAPAN METODE PERAMALAN (FORECASTING) PADA PERMINTAAN ATAP di PT X.”
- [4] M. Mirdaolivia and A. Amelia, “Metode Exponential Smoothing Untuk Forecasting Jumlah Penduduk Miskin Di Kota Langsa,” *J. Gamma-Pi*, vol. 3, no. 1, pp. 47–52, 2021, doi: 10.33059/jgp.v3i1.3771.
- [5] Nindian Puspa Dewi, “Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan,” *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 11, no. 2, pp. 223–236, 2020, doi: 10.31849/digitalzone.v11i2.4797.
- [6] D. Puspitaningrum, “Jaringan Saraf Tiruan,” *Pengantar Jar. Saraf Tiruan*, pp. 1–222, 2006.
- [7] A. Yusuf, K. Kusri, and A. H. Muhammad, “Perbandingan Additive dan Multiplicative Exponential Smoothing Terhadap Prakiraan Kualitas Udara di Banjarmasin,” *J. ELTIKOM*, vol. 6, no. 1, pp. 40–55, 2022, doi: 10.31961/eltikom.v6i1.507.
- [8] R. Nofitri and N. Irawati, “Analisis Data Hasil Keuntungan Menggunakan Software Rapidminer,” *JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 199–204, 2019, doi: 10.33330/jurteksi.v5i2.365.
- [9] R. Ambarwati and Supardi, *Buku Ajar Manajemen Operasional Dan*. 2020.
- [10] D. Nofriansyah, *konsep data mining vs sistem pendukung keputusan*, Edisi 1. deepublish.
- [11] M. Buchori and T. Sukmono, “Peramalan Produksi Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) di PT. XYZ,” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 2, no. 1, pp. 27–33, 2018, doi: 10.21070/prozima.v2i1.1290.
- [12] A. N. Aini, P. K. Intan, and N. Ulinnuha, “Prediksi Rata-Rata Curah Hujan Bulanan di Pasuruan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.)*, vol. 5, no. 2, p. 117, 2022, doi: 10.30595/jrst.v5i2.9702.
- [13] M. A. Putri and T. Sukmono, “Forecasting Analysis Sales of Shrimp Cracker Using Artificial Neural Network Method (ANN) [Analisa Peramalan Penjualan Kerupuk Udang Dengan Menggunakan Metode Artificial Neural Network (ANN)],” vol. 370, p. 514, [Online]. Available: <http://doi.org/10.21070/ijccd.v4i1.843>
- [14] S. M. Sari, I. Apriliana, and S. Wulandari, “Forecasting Product Sales of Crackers Using Artificial Neural Network Method and Double Exponential Smoothing Holts [ Peramalan Penjualan Produk Kerupuk Pasir Menggunakan Metode Artificial Neural Network dan Double Exponential Smoothing Holts ] Jumlah Pen,” pp. 1–13, 2020.
- [15] E. S. Buffa and R. K. Sarin, *Manajemen Operasi dan Produksi Modern, Jilid 1*, Edisi 1. Binarupa Aksara, 1999.
- [16] W. Andriani, Gunawan, and A. E. Prayoga, “Prediksi Nilai Emas Menggunakan Algoritma Regresi Linear,” *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 28, no. 1, pp. 27–35, 2023, doi: 10.35760/ik.2023.v28i1.8096.
- [17] B. Yafitra, P., Indwiarti., A. Atiqi, “PERBANDINGAN PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN MODEL ARIMA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK”, doi: 10.21108/indojc.2019.4.2.344.

**Conflict of Interest Statement:**

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.