



# Implementasi *Artificial Neural Network Backpropagation* dalam Memprediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia

Wina Ayu Lestari<sup>1\*</sup>, Sigit Nugroho<sup>2</sup>, Riwi Dyah Pangesti<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi S1 Statistika, Universitas Bengkulu

<sup>2</sup> Program Studi S2 Statistika, Universitas Bengkulu

\*Correspondence: [walestari@unib.ac.id](mailto:walestari@unib.ac.id)

## ABSTRAK

*Artificial Neural Network (ANN)* adalah salah satu metode yang populer digunakan untuk memprediksi data deret waktu. ANN memiliki keunggulan mampu menangani pola nonlinier di dalam data, sehingga lebih adaptif dalam memprediksi dibandingkan metode konvensional. *Backpropagation* merupakan algoritma ANN yang digunakan pada jaringan *multilayer* dengan metode pelatihan terawasi. Penelitian ini memanfaatkan metode *Backpropagation* pada ANN untuk memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Data yang digunakan mencakup jumlah kunjungan tersebut dari Januari 2008 hingga Desember 2024. Hasil penelitian menunjukkan model ANN (12-9-1) merupakan model yang paling unggul dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Model ANN (12-9-1) memperoleh nilai MAPE sebesar 10.02% pada tahap pengujian kinerja model artinya model ANN (12-9-1) mampu menghasilkan prediksi yang baik.

© 2024 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

## ABSTRACT

*Artificial Neural Network (ANN)* is one of the popular methods used to predict time series data. ANN has the advantage of being able to handle nonlinear patterns in the data, making it more adaptive in predicting than conventional methods. *Backpropagation* is an ANN algorithm used in multilayer networks with a supervised training method. This research utilizes the *Backpropagation* method in ANN to predict the number of foreign tourist visits to Indonesia. The data used includes the number of such visits from January 2008 to December 2024. The results show that the ANN (12-9-1) model is the most superior model in predicting the number of foreign tourist visits to Indonesia. The ANN (12-9-1) model obtained a MAPE value of 10.02% at the model performance testing stage, meaning that the ANN (12-9-1) model is able to produce good predictions.

© 2024 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

## INFORMASI ARTIKEL

### Sejarah Artikel:

Diterima 21 Maret 2025  
Direvisi 5 April 2025  
Disetujui 30 April 2025  
Tersedia online 2 Mei 2025  
Dipublikasikan 2 Mei 2025

### Kata Kunci:

ANN,  
*Backpropagation*,  
Jumlah kunjungan wisatawan  
mancanegara,  
Prediksi.

### Keywords:

ANN,  
*Backpropagation*,  
Prediction,  
The number of foreign  
tourist visits

## 1. PENDAHULUAN

Pariwisata adalah salah satu sektor yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. Sektor ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan juga menciptakan banyak lapangan kerja di berbagai bidang terkait (Badan Pusat Statistik dalam Fadilla, 2024). Namun, ada berbagai faktor yang dapat memengaruhi kedatangan wisatawan mancanegara ke Indonesia, seperti kebijakan pemerintah, kondisi ekonomi global, tren pariwisata, serta kejadian tak terduga seperti pandemi COVID-19 (UNWTO, 2022).

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia antara Januari 2008 hingga Desember 2024 mengalami fluktuasi yang bervariasi setiap tahun. Kunjungan wisatawan terendah tercatat pada bulan Februari 2021 dengan angka 105,788 jiwa dan tertinggi pada Juli 2018 sebanyak 1,547,231 jiwa. Pandemi COVID-19 yang melanda pada tahun 2020 menyebabkan penurunan signifikan dalam jumlah kunjungan, sejalan dengan kebijakan pemerintah yang membatasi kedatangan Warga Negara Asing (WNA) ke Indonesia.

Memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia sangat penting supaya perencanaan dan pengembangan pariwisata internasional dapat dikembangkan secara optimal. Beberapa tahun terakhir, metode peramalan berbasis kecerdasan buatan banyak dimanfaatkan untuk menganalisis data deret waktu. Salah satu pendekatan yang populer dalam hal ini adalah *Artificial Neural Network* (ANN), karena ANN memiliki keunggulan mampu menangani pola nonlinier dalam data (Zhang, 2003). Sehingga dengan kemampuan ini ANN lebih adaptif dalam memprediksi daripada metode terdahulu seperti *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Di dalam ANN, algoritma *Backpropagation* sering digunakan pada jaringan *multilayer* dengan pendekatan pelatihan terawasi. Fausett dalam Subiyanto (2010) menyatakan bahwa pelatihan jaringan dilakukan secara berulang untuk mendapatkan bobot yang optimal.

Berbagai penelitian telah menerapkan ANN *Backpropagation* dalam berbagai bidang. Jiang, et al. (2006) memprediksi pengaruh heterogenitas kekuatan batuan pada tingkat *strain* yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ANN (7-5-1) memperoleh akurasi sebesar 99.51%. Hasan, et al. (2019) melakukan peramalan jumlah penjualan pada perusahaan air minum dalam kemasan dan diperoleh nilai MSE 0.00043743 dan MAPE 6.88%. Peramalan kunjungan wisatawan mancanegara ke Provinsi Bali dilakukan oleh Wiranata et al. (2020). Fadilah, et al. (2020) memprediksi beban listrik di Kota Banjarbaru dan diperoleh nilai MAPE 7.918% dan RMSE 0.070479. Nugraha, et al. (2021) melakukan peramalan nilai ekspor di Indonesia dan hasil penelitian menunjukkan bahwa model jaringan (12-6-1) sebagai jaringan optimum. Pitriyani, et al. (2022) memprediksi jumlah penumpang pesawat, menghasilkan prediksi yang baik dengan MAPE 19.77%. Thoriq (2022) melakukan peramalan jumlah permintaan produksi dan diperoleh akurasi 98.95%.

Mengidentifikasi model terbaik dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia merupakan tujuan dari penelitian ini. Data yang digunakan mencakup jumlah kunjungan wisatawan mancanegara dari Januari 2008 hingga Desember 2024 dengan menerapkan ANN *Backpropagation*. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam menyusun strategi promosi, pengembangan infrastruktur, serta pengelolaan destinasi wisata secara lebih efektif.

## 2. METODE

### 2.1 Data

Penelitian ini memanfaatkan informasi sekunder yang didapat dari situs resmi Badan Pusat Statistik, yang mencakup jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Data yang digunakan dari periode Januari 2008 sampai dengan Desember 2024, sehingga data penelitian sebanyak 192.

### 2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data
2. Membentuk data praproses  $Z_t = (Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-12})$  dimana  $t = 1$  (Januari 2008) s/d 192 (Desember 2024)
3. Normalisasi data. Proses normalisasi data adalah cara untuk mengubah data sehingga karakteristiknya sesuai dengan fungsi aktivasi yang dipakai dalam ANN. Normalisasi data pada penelitian ini menggunakan metode *min-max scaling*. Menurut Srinivasan, *et al.* (1994) rumus normalisasi *min-max scaling* sebagai berikut:

$$Z'_t = \left[ \frac{(Z_t - Z_{\min})}{Z_{\max} - Z_{\min}} \right] (b - a) + a$$

dimana  $a$  adalah nilai minimum interval dari fungsi aktivasi dan  $b$  adalah nilai maksimumnya. Dalam penelitian ini,  $a = 0$  dan  $b = 1$  karena menerapkan fungsi aktivasi *sigmoid biner* yang memiliki rentang dari 0 sampai 1 dan dijelaskan seperti berikut (Subiyanto, 2010):

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

dengan

$$f'(z) = [f(z)] [1 - f(z)]$$

4. Memisahkan data ke dalam dua bagian: data *training* (85%) dan data *testing* (15%)
5. Pembentukan model menggunakan data *training*
  - a. Pelatihan jaringan

Arsitektur jaringan *multilayer* diterapkan dalam penelitian, dimana jaringan ini terdiri dari lapisan input, lapisan *hidden* dan lapisan *output*. Bakhari *et al.* dalam Nugraha, *et al.* (2021) menyatakan bahwa jumlah *neuron* input dalam analisis deret waktu univariat ditentukan oleh interval waktu berdasarkan jenis data yang digunakan. Ketika seri waktu bulanan digunakan 12 *neuron* input, ketika seri waktu triwulan digunakan 3 *neuron* input dan sebagainya. Umumnya, jumlah *neuron hidden* ditentukan melalui eksperimen. Jika *neuron network* digunakan untuk peramalan maka jumlah *neuron* pada lapisan output adalah satu *neuron* (Zhang, *et al.*, 1998).

Rancangan arsitektur jaringan yang akan digunakan dalam pembentukan model disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rancangan Arsitektur Jaringan**

Komponen	Deskripsi
Lapisan input	12 <i>neuron</i>
Lapisan <i>hidden</i>	1 lapisan: <i>trial and error</i> (2 s/d 11) <i>neuron</i>
Lapisan <i>output</i>	1 <i>neuron</i>

Fungsi aktivasi	<i>Sigmoid biner</i>
Algoritma	<i>Backpropagation</i>
<i>Learning rate</i>	0.01
<i>Threshold</i>	0.05

Menurut Fausett dalam Subiyanto (2010), algoritma pelatihan *Backpropagation* dengan satu lapisan *hidden* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tahap 0. Inisialisasi bobot dengan menetapkan nilai acak sekecil mungkin

Tahap 1. Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lanjutkan ke tahap 2 hingga 9

Tahap 2. Untuk setiap data *training*, ikuti tahap 3 hingga 8

### Fase I. *Feedforward* (Perambatan Maju)

Tahap 3. Setiap *neuron input* ( $X_i$ , dengan  $i = 1, \dots, p$ ) menerima sinyal *input*  $x_i$  dan kemudian meneruskan sinyal tersebut ke semua *neuron hidden*

Tahap 4. Setiap *neuron hidden* ( $Y_j$ , dengan  $j = 1, \dots, q$ ), jumlahkan sinyal *input* yang telah diberi bobot dengan rumus sebagai berikut:

$$y\_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^p x_i v_{ij}$$

Setelah itu, fungsi aktivasi diterapkan untuk menghitung sinyal *output*, dimana sinyal tersebut kemudian dikirimkan ke semua *neuron output*.

$$y_j = f(y\_in_j)$$

Tahap 5. Setiap *neuron output* ( $Z_t$ , dengan  $t = 1, \dots, r$ ), jumlahkan sinyal *input* yang telah diberi bobot dengan rumus sebagai berikut:

$$z\_in_t = w_{0t} + \sum_{j=1}^q y_j w_{jt}$$

dan aplikasikan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*,

$$z_t = f(z\_in_t)$$

### Tahap II. *Backpropagation of Error* (Perambatan Mundur Error)

Tahap 6. Setiap *neuron output* ( $Z_t$ , dengan  $t = 1, \dots, r$ ) menerima pola target yang sesuai dengan pola pelatihan *input*. Selanjutnya, hitung informasi *error* menggunakan rumus:

$$\delta_t = (k_t - z_t) f'(z\_in_t)$$

Kemudian, hitung koreksi bobot yang digunakan untuk memperbarui  $w_{jt}$  dengan laju percepatan  $\alpha$

$$\Delta w_{jt} = \alpha \delta_t y_j$$

hitung koreksi bias yang digunakan untuk memperbarui  $w_{0t}$

$$\Delta w_{0t} = \alpha \delta_t$$

dan kirim  $\delta_t$  ke semua *neuron hidden*.

Tahap 7. Setiap *neuron hidden* ( $Y_j$ , dengan  $j = 1, \dots, q$ ), jumlahkan delta *input* yang berasal dari *neuron-neuron* pada lapisan berikutnya.

$$\delta\_in_j = \sum_{t=1}^r \delta_t w_{jt}$$

Selanjutnya, kalikan nilai ini dengan turunan fungsi aktivasi untuk menghitung informasi *error* yang dihasilkan

$$\delta_j = \delta\_in_j f'(y\_in_j)$$

Setelah itu, hitung koreksi bobot yang akan digunakan untuk memperbarui bobot  $v_{ij}$

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$$

dan hitung koreksi bias yang digunakan untuk memperbarui  $v_{0j}$

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j$$

### Fase III. Perbarui Bobot dan Bias

Tahap 8. Setiap *neuron output* ( $Z_t$ , dengan  $t = 1, \dots, r$ ), perbarui bias dan bobot ( $j = 0, \dots, q$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$w_{jt}(\text{baru}) = w_{jt}(\text{lama}) + \Delta w_{jt}$$

Setiap *neuron hidden* ( $Y_j$ , dengan  $j = 1, \dots, q$ ), perbarui bias dan bobot ( $i = 0, \dots, p$ ):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij}$$

Tahap 9. Pengujian kondisi berhenti. Pelatihan jaringan dapat dihentikan apabila kondisi berhenti terpenuhi, yaitu saat *error* berada di bawah atau sama dengan ambang batas (*threshold*).

#### b. Denormalisasi data

Setelah menyelesaikan proses pelatihan jaringan, model dugaan akan menghasilkan output yang ternormalisasi. Karenanya, untuk memperoleh output yang sesungguhnya perlu dilakukan denormalisasi data. Berikut adalah rumus denormalisasi data untuk interval  $[0, 1]$ :

$$Z_t = Z'_t \times (Z_{\max} - Z_{\min}) + Z_{\min}$$

#### c. Pemilihan model ANN terbaik

Lakukan peramalan menggunakan setiap model ANN dan data *training* dengan menerapkan algoritma *Backpropagation* hanya Fase 1 (Tahap 3-5), kemudian denormalisasi data. Hitung akurasi peramalan setiap model ANN menggunakan nilai MAPE dengan rumus berikut (Kim, et al., 2016):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100\%$$

Model ANN terbaik memiliki MAPE yang minimum.

#### 6. Pengujian model ANN terbaik menggunakan data *testing*.

Lakukan peramalan menggunakan data *testing* dan model ANN terbaik dengan menerapkan algoritma *Backpropagation* hanya Fase 1 (Tahap 3-5), kemudian denormalisasi data. Hitung akurasi peramalan setiap model ANN menggunakan nilai MAPE.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia dari bulan Januari 2008 hingga Desember 2024. Sebelum data dianalisis dengan ANN *Backpropagation*, data yang digunakan terlebih dahulu diubah menjadi data praproses. Pembentukan data praproses berdasarkan jumlah *neuron* input. Data dalam studi ini bersifat bulanan, sehingga jumlah *neuron* input yang diterapkan sebanyak 12 *neuron*. Setelah data praproses terbentuk, langkah selanjutnya melakukan normalisasi data dengan metode *Min-max scaling*. Data yang sudah dinormalisasikan kemudian dipisahkan menjadi 85% untuk data *training* dan 15% untuk data *testing*.

### 3.1 Pembentukan model menggunakan data *training*

Pembentukan model dilakukan dengan mengikuti algoritma pelatihan *Backpropagation* dengan satu lapisan *hidden*. Model yang menunjukkan nilai MAPE terendah dianggap sebagai yang terbaik. Berdasarkan informasi dari Tabel 2, diketahui bahwa jaringan ANN (12-9-1)

adalah yang paling optimal karena memiliki nilai MAPE terkecil. Dengan demikian, model ANN (12-9-1) merupakan pilihan terbaik untuk memprediksi jumlah wisatawan mancanegara ke Indonesia untuk periode Januari 2008 hingga Desember 2024.

**Tabel 2. Perbandingan nilai MAPE untuk beberapa Jaringan**

Arsitektur Jaringan	MAPE
(12-2-1)	19.44%
(12-3-1)	19.72%
(12-4-1)	17.96%
(12-5-1)	19.76%
(12-6-1)	18.89%
(12-7-1)	19.31%
(12-8-1)	18.33%
(12-9-1)	16.59%
(12-10-1)	17.05%
(12-11-1)	16.70%

Berikut ini akan dijelaskan tahapan pembentukan model ANN (12-9-1) dengan algoritma pelatihan *Backpropagation*:

### 1. Inisialisasi Bobot

Inisialisasi bobot pada penelitian ini dilakukan secara acak tanpa menggunakan faktor skala dengan bantuan Program R-Studio. Berikut disajikan bobot awal yang digunakan untuk proses pelatihan jaringan.

**Tabel 3. Bobot awal dari lapisan input menuju lapisan *hidden***

$v_{[i, j]}$									
$v_{[i, j]}$	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]
[0,]	-0.40839701	0.5746226	0.75151487	0.28171301	-0.12307705	0.3450147	-1.00166404	0.6515623	-0.7102521
[1,]	-0.28422579	-0.6854123	0.18132759	-2.50291552	1.07398535	0.7842759	0.58406776	0.2311433	-0.2772724
[2,]	1.48545469	1.7043168	-1.11672280	-1.32599987	-0.48745440	0.2179700	0.42409830	-0.6630290	-0.9143323
[3,]	-0.01410957	0.4573478	1.26939499	-1.86073454	1.27984711	0.9719951	0.54983591	1.3087148	-1.7044415
[4,]	0.05597810	-2.0091435	0.44035244	1.67279988	-1.77741922	2.0953368	-0.26611522	-0.6461639	-0.3752941
[5,]	1.65362571	0.6582682	-0.28378549	0.87611288	0.36465344	-0.4567110	0.67296138	2.1462914	0.9705261
[6,]	0.40742811	-0.4803786	0.90017754	-1.09448290	-0.07297815	-2.3250334	-0.37063366	1.4916791	-0.4557401
[7,]	-1.30625979	-1.0566504	0.87763099	-0.10317335	0.03598879	0.9523728	0.04013862	-0.2719905	0.7759659
[8,]	-0.71583963	-0.1773146	0.81312826	0.04243502	0.21397050	-0.7839218	0.66444278	-1.0566685	-1.4033681
[9,]	-0.45036982	-1.0004732	0.67496396	1.17922991	-0.66964666	-0.7193580	0.03040591	-0.7204064	0.1517105
[10,]	1.23075130	-0.6499351	0.52868203	0.36494856	-0.48764361	1.0045193	-0.83626952	0.2566037	0.7476569
[11,]	0.38485022	-0.5199511	-0.09561788	0.62569705	-1.16918582	-0.2686547	0.63313416	-0.2310802	0.5213714
[12,]	0.43911574	-1.5648306	-0.34575053	0.31917360	-1.22099549	-1.1831872	0.47552992	-0.3217968	0.3201123

**Tabel 4.** Bobot awal dari lapisan *hidden* menuju lapisan output

$w_{[j, t]}$	
$w_{[j, ]}$	[,1]
[0,]	-1.0299989
[1,]	0.3591796
[2,]	-1.5480555
[3,]	0.2136387
[4,]	-3.4451338
[5,]	-0.2584201
[6,]	0.9708610
[7,]	2.3524460
[8,]	0.3584537
[9,]	-0.9949997

## 2. Pelatihan jaringan dengan algoritma *backpropagation*

Proses pelatihan jaringan dilakukan menggunakan algoritma *backpropagation* dengan rancangan arsitektur jaringan yang telah disiapkan dan bobot awal yang telah diperoleh. Bobot optimal diperoleh pada iterasi ke-1526 karena *error* telah mencapai ambang batas (*threshold*), sehingga pelatihan jaringan dihentikan. Berikut adalah bobot optimal yang akan digunakan untuk memprediksi jumlah wisatawan mancanegara:

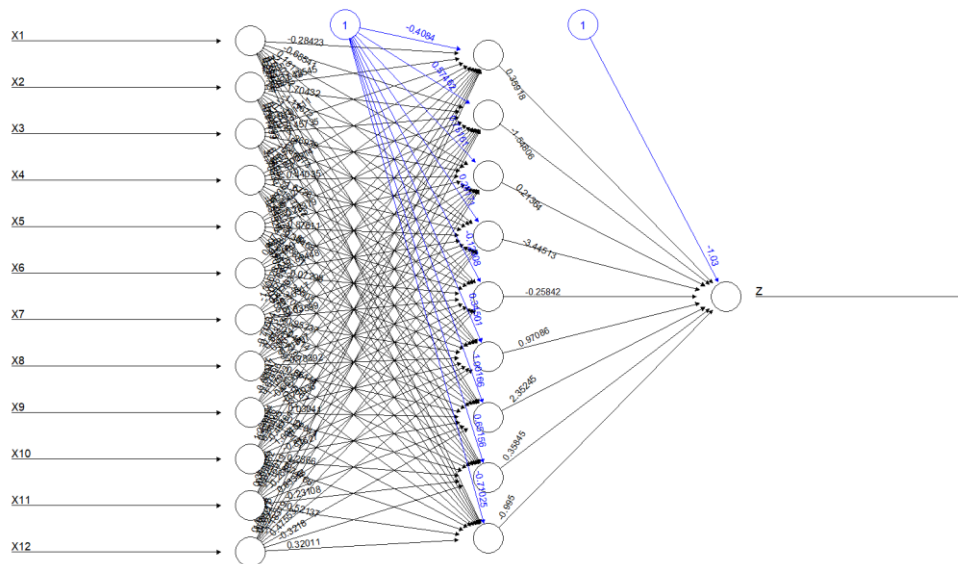
**Tabel 5.** Bobot optimal dari lapisan input menuju lapisan *hidden*

$v_{[i, j]}$									
$v_{[i, ]}$	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]
[0,]	-0.56047565	0.1106827	0.83778704	-0.38047100	-0.04287046	0.30352864	0.181303480	0.5483970	-0.95161857
[1,]	-0.23017749	-0.5558411	0.15337312	-0.69470698	1.36860228	0.44820978	-0.138891362	0.2387317	-0.04502772
[2,]	1.55870831	1.7869131	-1.13813694	-0.20791728	-0.22577099	0.05300423	0.005764186	-0.6279061	-0.78490447
[3,]	0.07050839	0.4978505	1.25381492	-1.26539635	1.51647060	0.92226747	0.385280401	1.3606524	-1.66794194
[4,]	0.12928774	-1.9666172	0.42646422	2.16895597	-1.54875280	2.05008469	-0.370660032	-0.6002596	-0.38022652
[5,]	1.71506499	0.7013559	-0.29507148	1.20796200	0.58461375	-0.49103117	0.644376549	2.1873330	0.91899661
[6,]	0.46091621	-0.4727914	0.89512566	-1.12310858	0.12385424	-2.30916888	-0.220486562	1.5326106	-0.57534696
[7,]	-1.26506123	-1.0678237	0.87813349	-0.40288484	0.21594157	1.00573852	0.331781964	-0.2357004	0.60796432
[8,]	-0.68685285	-0.2179749	0.82158108	-0.46665535	0.37963948	-0.70920076	1.096839013	-1.0264209	-1.61788271
[9,]	-0.44566197	-1.0260044	0.68864025	0.77996512	-0.50232345	-0.68800862	0.435181491	-0.7104066	-0.05556197
[10,]	1.22408180	-0.7288912	0.55391765	-0.08336907	-0.33320738	1.02557137	-0.325931586	0.2568837	0.51940720
[11,]	0.35981383	-0.6250393	-0.06191171	0.25331851	-1.01857538	-0.28477301	1.148807618	-0.2466919	0.30115336
[12,]	0.40077145	-1.6866933	-0.30596266	-0.02854676	-1.07179123	-1.22071771	0.993503856	-0.3475426	0.10567619

**Tabel 6.** Bobot optimal dari lapisan *hidden* menuju lapisan output

$w_{[t]}$	
$w_{[j]}$	[,1]
[0,]	-0.6407060
[1,]	-0.8497043
[2,]	-1.0241288
[3,]	0.1176466
[4,]	-0.9474746
[5,]	-0.4905574
[6,]	-0.2560922
[7,]	1.8438620
[8,]	-0.6519499
[9,]	0.2353866

Arsitektur jaringan ANN (12-9-1) ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.

**Gambar 1.** Arsitektur Jaringan Optimal ANN (12-9-1)

Berdasarkan Gambar 1. diperoleh model matematis ANN (12-9-1) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Z_t &= f(w_{0t} + \sum_{j=1}^9 Y_j w_{jt}) \\
 &= f\left((-0.6407) + \left((Y_1 \times (-0.8497)) + (Y_2 \times (-1.0241)) + \right.\right. \\
 &\quad \left.(Y_3 \times 0.1176) + (Y_4 \times (-0.9474)) + (Y_5 \times (-0.4905)) + \right. \\
 &\quad \left.(Y_6 \times (-0.2561)) + (Y_7 \times 1.8439) + (Y_8 \times (-0.6519) + \right. \\
 &\quad \left.(Y_9 \times 0.2354)\right) + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

dimana  $Y_j$  merupakan *output* lapisan *hidden* yang telah diaktifkan dengan fungsi aktivasi,  $w_{0t}$  dan  $w_{jt}$  merupakan bobot bias dan bobot antara lapisan *hidden* dan lapisan *output*.  $Y_j$  dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Y_j = f(v_{0j} + \sum_{i=1}^{12} X_i v_{ij}) ; j = 1, 2, \dots, 9$$

$X_i$  merupakan *input*,  $v_{0j}$  dan  $v_{ij}$  merupakan bobot bias dan bobot antara lapisan *input* dan lapisan *hidden*. Persamaan model ANN (12-9-1) di atas menunjukkan bahwa peramalan



jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia dipengaruhi oleh jumlah kunjungan wisatawan mancanegara pada satu periode sebelumnya, dua periode sebelumnya hingga dua belas periode sebelumnya. Lapisan input dan lapisan *output* dihubungkan oleh sembilan *neuron* pada lapisan *hidden*.

### 3.2 Pengujian model ANN terbaik menggunakan data *testing*

Setelah dilakukan pelatihan jaringan diperoleh Model ANN (12-9-1) sebagai model terbaik. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap kinerja Model ANN (12-9-1) dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara dengan memanfaatkan data *testing*. Hasil dari prediksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Perbandingan Antara Jumlah Wisatawan Mancanega Aktual dan Prediksi

Periode	Aktual	Prediksi
Agustus 2022	670509	464667
September 2022	700606	540199
Oktober 2022	734228	625099
⋮	⋮	⋮
November 2024	1092067	1253424
Desember 2024	1244372	1175946

Model ANN (12-9-1) memperoleh nilai MAPE sebesar 10.02% pada tahap pengujian kinerja model menggunakan *data testing*, artinya model ANN (12-9-1) mampu menghasilkan prediksi yang baik.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model ANN (12-9-1) merupakan model ANN terbaik dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia, karena memiliki nilai MAPE terkecil pada tahap pembentukan model. Model ini memiliki struktur yang terdiri dari lapisan input dengan 12 neuron (ditambah bias), lapisan *hidden* dengan 9 neuron (ditambah bias) serta lapisan output yang terdiri dari 1 neuron.
2. Model ANN (12-9-1) memperoleh nilai MAPE sebesar 10.02% pada tahap pengujian kinerja model artinya model ANN (12-9-1) mampu menghasilkan prediksi yang baik.
3. Prediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia dapat menggunakan model matematis ANN (12-9-1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_t &= f(w_{0t} + \sum_{j=1}^9 Y_j w_{jt}) \\
 &= f\left((-0.6407) + \left((Y_1 \times (-0.8497)) + (Y_2 \times (-1.0241)) + \right. \right. \\
 &\quad (Y_3 \times 0.1176) + (Y_4 \times (-0.9474)) + (Y_5 \times (-0.4905)) + \\
 &\quad (Y_6 \times (-0.2561)) + (Y_7 \times 1.8439) + (Y_8 \times (-0.6519) + \\
 &\quad \left. \left. (Y_9 \times 0.2354)\right)\right) + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

dimana

$$Y_j = f(v_{0j} + \sum_{i=1}^{12} X_i v_{ij}) ; j = 1, 2, \dots, 9$$

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Fadilah, M. N., Yusuf, A., & Huda, N. (2020). Prediksi beban listrik di Kota Banjarbaru menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. *Jurnal Matematika Murni dan Terapan Epsilon*, 14(2), 81-92.
- Fadilla, H. (2024). Pengembangan sektor pariwisata untuk meningkatkan pendapatan daerah di Indonesia. *Journal of Business, Economics, and Finance*, 2(1), 36-43.
- Hasan, N. F., Kusriani, K., & Fatta, H. A. (2019). Peramalan jumlah penjualan menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation pada perusahaan air minum dalam kemasan. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 5(2), 179–188.
- Jiang, S., Sharafisafa, M., & Shen, L., (2006). Using artificial neural networks to predicted influences of heterogeneity on rock strength at different strain rates. *Materials Journal*, 14(3042), 1-14.
- Kim, S., & Kim, H. (2016). A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *International Journal of Forecasting*, 32, 669-679.
- Nugraha, A., Suparman, Y., & Pravitasari, A. A. (2021, December). Penerapan Artificial Neural Network Backpropagation untuk Meramalkan Nilai Ekspor Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Statistika* (Vol. 10, pp. 37-37).
- Pitriyani, D., & Permanasari, Y. (2022). Prediksi jumlah penumpang pesawat dengan backpropagation neural network. *Jurnal Riset Matematika*, 2(2), 129–136.
- Srinivasan, D., Liew, A. C., & Chang, C. S. (1994). A neural network short-term load forecaster. *Electric Power System Research*, 28, 227-234.
- Subiyanto. (2010). Sistem komputasi jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 33-41.
- Thoriq, M. (2022). Peramalan jumlah permintaan produksi menggunakan jaringan saraf tiruan algoritma backpropagation. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 4(1), 27-32.
- United Nations World Tourism Organization (UNWTO). (2022). *World Tourism Barometer 2022*. Madrid: UNWTO.
- Wiranata, I. K. R., Gandhiadi, G. K., & Harini, L. P. I. (2020). Peramalan kunjungan wisatawan mancanegara ke Provinsi Bali menggunakan metode artificial neural network. *E-Jurnal Matematika*, 9(4), 213-218.
- Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14, 35-62.
- Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model, *Journal of Neurocomputing*, 50, 159-175.