

PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* PADA PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA KENDARI

Rezky Abelia¹⁾, Ruslan¹⁾, Lilis Laome²⁾, Baharuddin¹⁾, Makkulau¹⁾, Agusrawati¹⁾

¹⁾Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

²⁾Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
Email: rezkyabelia717@gmail.com

ABSTRAK

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sebuah sistem pemrosesan data yang meniru cara kerja sistem syaraf manusia, yang terdiri atas banyak elemen pemrosesan sederhana yang terhubung secara paralel. Backpropagation merupakan salah satu algoritma JST yang sederhana dengan kemampuan dan akurasi yang tinggi. Salah satu implementasi JST yaitu pada peramalan curah hujan. Kota Kendari adalah salah satu daerah yang mengalami berbagai dampak negatif akibat curah hujan tinggi maupun curah hujan rendah, diantaranya adalah banjir, gagal panen, dan penurunan produktivitas tanaman tertentu. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui model peramalan curah hujan bulanan di Kota Kendari menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. Arsitektur jaringan terbaik yang diperoleh dari penelitian ini memiliki nilai MAPE pengujian sebesar 19,15%, yang menunjukkan bahwa kemampuan model jaringan termasuk 'baik' untuk peramalan. Jaringan tersebut memiliki laju pembelajaran sebesar 0,01 dan neuron lapisan tersembunyi sebanyak 70 unit, dengan parameter-parameter lainnya bernilai tetap yaitu 1 lapisan tersembunyi, jumlah maksimum iterasi sebanyak 106 dan nilai ambang sebesar 0,005.

Kata Kunci: Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Peramalan Curah Hujan.

ABSTRACT

Artificial Neural Network (ANN) is a data processing system that mimics how the human nervous system works, consisting of many simple processing elements connected in parallel. Backpropagation is a simple ANN algorithm with high capability and accuracy. One of the ANN's implementations is rainfall forecasting. Kendari City is one of regions experiencing negative impacts due to high and low rainfall, including flooding, crop failure and decreased productivity of certain crops. The purpose of this study was to determine the Kendari City monthly rainfall forecasting model using Backpropagation Neural Network. The best network architecture obtained from this study has a MAPE validation value of 19,15%, which indicates the network model's is 'good' for forecasting. The network has a learning rate of 0,01 and 70 hidden layer neurons, with other parameters having a fixed value of 1 hidden layer, an iterations maximum number of 106 and a threshold value of 0,005.

Keywords: Artificial Neural Network, Backpropagation, Rainfall Forecasting.

1. Pendahuluan

Jaringan syaraf tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang meniru cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah [1]. JST mempunyai kemampuan untuk menyimpan pengetahuan yang diperoleh dari hasil pelatihan. JST dapat mengatur dirinya sendiri untuk menghasilkan suatu respon yang konsisten terhadap serangkaian masukan. JST memiliki kemampuan yang sangat baik dalam teknik pengenalan pola (*pattern recognition*) [2]. JST memiliki kemampuan belajar dan struktur tersebar paralel yang sangat besar, sehingga dapat menghasilkan output yang benar untuk input yang belum pernah dilatihkan. Dengan demikian JST mampu menyelesaikan masalah-masalah yang sangat kompleks [3]. Salah satu metode dalam JST adalah

metode *backpropagation* (propagasi balik) yang merupakan salah satu algoritma klasifikasi sederhana namun memiliki kemampuan dan akurasi tinggi. Metode ini sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks [2].

Salah satu penerapan JST yaitu pada peramalan runtun waktu (*time series*) yang menggunakan data waktu lampau, dengan algoritma yang sering digunakan untuk peramalan *time series* adalah algoritma *backpropagation*[4]. Salah satu kasus peramalan yang dapat diterapkan adalah peramalan curah hujan. Seperti pada penelitian terdahulu yang menjadi referensi penelitian ini yaitu "Peramalan Curah Hujan Kota Kendari menggunakan Fuzzy Time Series Model Cheng Berbasis Rata-rata" [5].

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang diukur menggunakan alat pengukur hujan dalam satuan milimeter (mm) [6]. Data peramalan curah hujan dapat digunakan dalam berbagai kegiatan seperti pada penerbangan, pertanian, kelautan, dan sebagainya [7]. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan gagal panen dan penurunan produktivitas tanaman tertentu. Selain itu, curah hujan yang tinggi dapat menimbulkan bencana banjir dan longsor [8]. Menurut BMKG, pada awal tahun 2022, sebagian besar wilayah Indonesia telah memasuki periode musim hujan. Peningkatan curah hujan perlu diwaspadai. Kesiapan adaptasi lebih dini dapat mengurangi risiko bencana, bahkan dapat mengambil manfaat positif dari meningkatnya curah hujan. Provinsi Sulawesi Tenggara dalam hal ini termasuk dalam kategori 'menengah' dalam curah hujan bulanan pada bulan Januari 2022 [9].

Kota Kendari adalah salah satu daerah yang mengalami bencana banjir setiap tahun dan curah hujan di bawah rata-rata yang menyebabkan kekeringan juga sering terjadi. Hal ini memiliki dampak dan kerugian yang besar bagi penduduk, baik material maupun non-material [10]. Pada Juni 2019, 50 hektar sawah di Kota Kendari mengalami gagal panen akibat hujan yang mengguyur Kota Kendari selama beberapa hari hingga menyebabkan banjir [11]. Kota Kendari juga pernah mengalami penurunan produksi sayur akibat kemarau pada Oktober 2014 yang menyebabkan petani mengalami kerugian [12].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui bagaimana penerapan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* pada peramalan curah hujan di Kota Kendari.

2. Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari publikasi Kota Kendari dalam Angka tahun 2014-2021. Publikasi ini bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Kendari. Data yang digunakan merupakan data curah hujan bulanan yang berjumlah 96 data. Data curah hujan bulan Januari 2014 – Juni 2021 digunakan sebagai data pelatihan dan data curah hujan bulan Juli 2021 – Desember 2021 digunakan sebagai data pengujian. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*, dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut.

- a. Membuat plot time series data
- b. Mendefinisikan input dan target, dengan input data terdiri dari 12 data dengan data ke 13 adalah target.

- c. Menentukan fungsi aktivasi, di mana pada penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid biner* seperti pada persamaan berikut [13]:

$$y = f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})} \quad (1)$$

- d. Menormalisasikan data ke dalam bentuk sigmoid biner yaitu ke dalam interval [0,1;0,9] menggunakan persamaan berikut [13]:

$$x' = \frac{0,8(x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} + 0,1 \quad (2)$$

Proses normalisasi data bertujuan agar nilai data input dapat disesuaikan dengan fungsi aktivasi yang akan digunakan. Dengan demikian, jaringan tidak mengalami kegagalan ketika melakukan pembelajaran (pelatihan dan pengujian) [14].

- e. Membagi data menjadi dua, yaitu 93% data pelatihan (78 data) dan 7% data pengujian (6 data).
- f. Membuat variasi laju pembelajaran dan neuron lapisan tersembunyi. Laju pembelajaran mengontrol ukuran perubahan bobot pada setiap iterasi. Nilai laju pembelajaran berada dalam kisaran $0 \leq \alpha \leq 1$ [15]. Neuron lapisan tersembunyi ditambahkan apabila performa JST berjalan lama untuk mencapai konvergen atau jika nilai error semakin besar [16]. Akan tetapi, semakin banyak neuron lapisan tersembunyi maka proses komputasi akan semakin berat [17].
- g. Melakukan proses pelatihan JST berdasarkan variasi laju pembelajaran dan lapisan tersembunyi. Pelatihan dilakukan untuk mengubah bobot-bobot agar sesuai dengan pembelajaran pola data [15]. Langkah-langkah pelatihan menggunakan *backpropagation* sebagai berikut [13].

- 1) Inisialisasi bobot dan bias menggunakan bilangan acak kecil (-0,5 sampai 0,5). Inisialisasi nilai laju pembelajaran, jumlah maksimal iterasi dan nilai minimum error atau nilai ambang (*threshold*) yang ditentukan oleh pengguna.

Jumlah iterasi yang terlalu banyak akan memerlukan waktu yang lama untuk mencapai maksimum, namun jumlah iterasi yang terlalu kecil tidak

menghasilkan pelatihan yang yang baik [18]. Apabila batasan error atau nilai ambang didefinisikan terlalu kecil, maka JST kemungkinan akan menjadi overfit, yaitu JST memiliki akurasi tinggi untuk data latih tetapi akurasinya sangat rendah untuk data uji[19].

- 2) Lakukan proses pelatihan hingga kondisi berhenti terpenuhi, dengan jumlah maksimal iterasi dan dan minimum error sebagai penentu syarat berhenti. Jika kondisi henti tidak terpenuhi, ulangi langkah 4) – 10)
- 3) Untuk setiap pola input, lakukan langkah 4) – 9)

Fase 1 : Feedforward (Propagasi Maju) Pembelajaran pada layer 1

- 4) Setiap unit input ($x_i, i=1, \dots, n$) menerima sinyal input x_i dan menyebarkannya ke semua neuron pada lapisan tersembunyi.
- 5) Setiap neuron pada lapisan tersembunyi ($z_j, j=1, \dots, p$) memproses sinyal input dengan bobot-bobot dan bias sinyal input,

$$z_{in_j} = v_{0_j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (3)$$

dan menerapkannya pada fungsi aktivasi (sigmoid biner) untuk menghitung sinyal keluarannya,

$$z_j = f(z_{in_j}) = \frac{1}{(1 + (e^{-z_{in_j}}))} \quad (4)$$

Keterangan:

z_{in_j} : sinyal input pada unit lapisan tersembunyi ke- j

z_j : unit lapisan tersembunyi ke- j

v_{0_j} : bias unit lapisan tersembunyi ke- j

v_{ij} : bobot unit input ke- i dan unit lapisan tersembunyi ke- j

x_i : unit input ke- i

selanjutnya mengirim sinyal ini ke semua unit pada lapis output

- 6) Setiap neuron keluaran ($y_k, k=1, \dots, m$) menjumlahkan bobot sinyal yang masuk,

$$y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (5)$$

dan mengaplikasikan fungsi aktivasinya (sigmoid biner) untuk menghitung sinyal yang akan dikeluarkannya

$$y_k = f(y_{in_k}) = \frac{1}{(1 + (e^{-y_{in_k}}))} \quad (6)$$

Keterangan:

y_{in_k} : sinyal input pada unit output ke- k

y_k : unit output ke- k

w_{0k} : bias unit output ke- k

w_{jk} : bobot unit lapisan tersembunyi ke- j dan unit output ke- k

Fase 2 : Backpropagation

- 7) Setiap unit keluaran ($y_k, k=1, \dots, m$) menerima sebuah pola target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan dan menghitung faktor koreksi error,

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (7)$$

menghitung koreksi bobot (digunakan untuk memperbaiki w_{jk})

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (8)$$

Keterangan:

δ_k : faktor koreksi error bobot w_{jk}

t_k : target output ke- k

Δw_{jk} : nilai koreksi error bobot w_{jk}

α : laju pembelajaran

- 8) Setiap neuron tersembunyi ($z_j, j=1 \dots p$) menjumlahkan bobot setiap neuron yang telah dikali dengan faktor koreksi error,

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (9)$$

mengalikan dengan turunan fungsi aktivasinya untuk menghitung faktor koreksi errornya,

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) = \delta_{in_j} z_j (1 - z_j) \quad (10)$$

menghitung koreksi bobotnya (digunakan untuk memperbaiki v_{ij})

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (11)$$

Keterangan:

δ_{in_j} : jumlah delta bobot lapisan tersembunyi ke- j

δ_j : faktor koreksi error bobot v_{ij}

Δv_{ij} : nilai koreksi error bobot v_{ij}

Fase 3 : Perubahan Bobot

9) Setiap neuron keluaran ($y_k, k=1...m$) memperbaiki bobotnya ($j=0...p$)

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (12)$$

Setiap neuron tersembunyi ($z_j, j=1...p$) memperbaiki bobotnya

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (13)$$

10) Lakukan pengujian kondisi henti.

Fungsi error yang digunakan pada pelatihan jaringan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut [20]:

$$SSE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (14)$$

h. Menentukan arsitektur jaringan terbaik dengan menggunakan nilai *Mean Square Error*(MSE)terkecil dari hasil pelatihan, dengan rumus MSE sebagai berikut [21]:

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (15)$$

Model arsitektur jaringan terbaik untuk jaringan multilapis dengan L lapisan, $l = 0, 1, 2, \dots, L$, dengan $l = 0$ adalah lapisan input, diperoleh model jaringan [22]:

$$y_k = f(y_{in_k}) = f\left(w_{0k} + \sum_{j=1}^{n(l-1)} z_j w_{jk}\right) \quad (16)$$

dengan $f()$ adalah fungsi aktivasi dan $l-1$ adalah jumlah neuron di lapisan ke $l-1$.

i. Melakukan proses pengujian menggunakan arsitektur jaringan terbaik, dengan proses pengujian menggunakan fase umpan maju. Selanjutnya melakukan evaluasi nilai akurasi peramalan menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai berikut [23]:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|}{n} \times (100\%) \quad (17)$$

MAPE menunjukkan besar kesalahan peramalan dibanding nilai sebenarnya. Semakin rendah MAPE maka semakin baik kemampuan model peramalan yang digunakan[24]. Rentang nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 1 [25].

j. Selanjutnya melakukan denormalisasi data untuk memperoleh data sebenarnya, menggunakan rumus [26]:

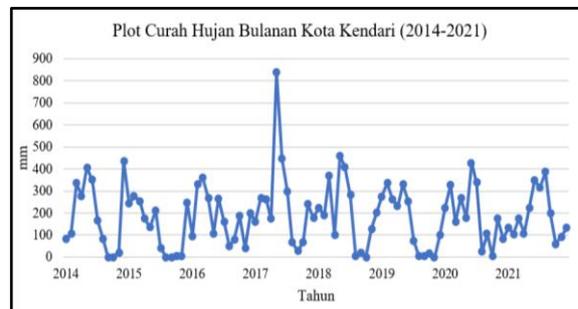
$$x = \frac{(x' - 0,1)(x_{\max} - x_{\min})}{0,8} + x_{\min} \quad (18)$$

Tabel 1. Rentang nilai MAPE untuk kemampuan model peramalan

Rentang MAPE	Keterangan
MAPE <10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10% < MAPE ≤ 20%	Kemampuan model peramalan baik
20% < MAPE ≤ 30%	Kemampuan model peramalan layak
MAPE > 30%	Kemampuan model peramalan buruk

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan diplot untuk melihat pola data. Pada gambar 1 terlihat bahwa terdapat 1 data dengan nilai yang jauh di banding data yang lain (pencilan) dan terdapat beberapa data 0.



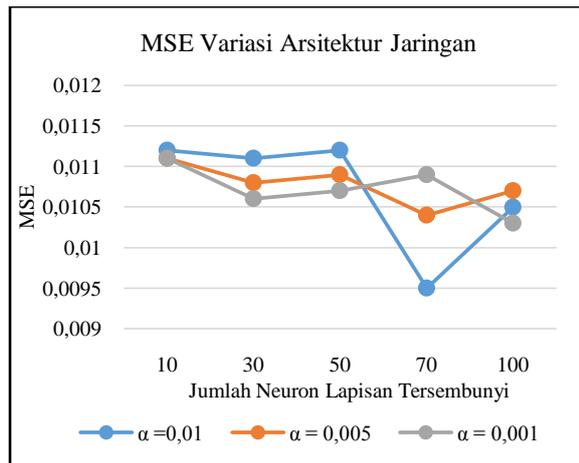
Gambar 1. Plot data curah hujan bulanan Kota Kendari (2014-2021)

a. Pelatihan JST

Parameter-parameter yang digunakan dalam membangun arsitektur jaringan yaitu jumlah iterasi, nilai ambang, laju pembelajaran dan lapisan tersembunyi. Semua parameter tersebut ditentukan oleh peneliti. Jumlah iterasi dan nilai ambang pada penelitian ini akan bernilai tetap, yaitu jumlah iterasi sebanyak 10^6 dan nilai ambang sebesar 0,005 dengan 1 lapisan tersembunyi. Pelatihan dan pengujian jaringan pada penelitian ini dilakukan menggunakan software R dengan paket ‘Neuralnet’.

Pelatihan jaringan menggunakan variasi arsitektur jaringan yang terdiri dari laju pembelajaran dan jumlah neuron lapisan tersembunyi. Variasi nilai laju pembelajaran yang digunakan yaitu 0,01; 0,005; dan 0,001. Sedangkan variasi jumlah neuron lapisan tersembunyi yang digunakan yaitu 10, 30, 50, 70,

dan 100. Hasil pelatihan jaringan dengan variasi arsitektur jaringan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pelatihan variasi arsitektur jaringan

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa jaringan yang memiliki MSE terkecil adalah jaringan dengan laju pembelajaran = 0,01 dan jumlah neuron lapisan tersembunyi = 70. Jaringan tersebut adalah jaringan terbaik dengan 1 lapisan input, 1 lapisan tersembunyi dan 1 lapisan output dengan fungsi aktivasi *sigmoid biner*, diperoleh model jaringan berdasarkan persamaan (16) sebagai berikut:

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-\left(w_{0k} + \sum_{j=1}^{70} z_j w_{jk}\right)}}$$

b. Pengujian JST

Proses pengujian dilakukan menggunakan data pengujian dengan bobot dan bias dari jaringan terbaik yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian jaringan

Bulan ke-	Data Hasil Pengujian	Data Aktual
91	0,4007	0,3992
92	0,2667	0,4694
93	0,2787	0,2891
94	0,2274	0,1570
95	0,1969	0,1884
96	0,1833	0,2245

Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh nilai MAPE sebesar 19,15%. Dilihat dari nilai rentang MAPE pada Tabel 1 diperoleh bahwa nilai

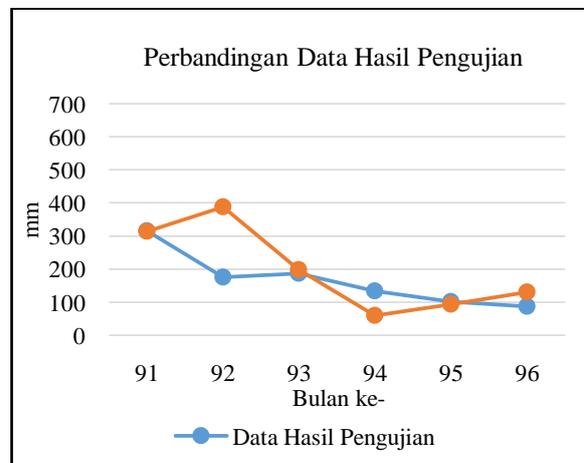
MAPE pengujian termasuk dalam rentang $10\% < MAPE \leq 20\%$, yang menunjukkan bahwa kemampuan model jaringan termasuk ‘baik’ untuk peramalan.

Untuk memperoleh nilai sebenarnya dari hasil pengujian maka dilakukan denormalisasi data, dengan hasil denormalisasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Denormalisasi Hasil Pengujian

Bulan ke-	Data Hasil Pengujian	Data Aktual
91	315,725	314,2
92	175,042	387,9
93	187,585	198,6
94	133,742	59,8
95	101,719	92,8
96	87,106	130,7

Selanjutnya perbandingan dari data aktual dengan data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Hasil Pengujian dengan Data Aktual

Berdasarkan perbandingan data hasil pengujian dengan data aktual dapat diketahui bahwa pengujian untuk peramalan curah hujan pada bulan ke-92 (Agustus 2021) memiliki selisih yang besar, sedangkan hasil pengujian untuk peramalan curah hujan pada bulan lainnya memiliki selisih yang cenderung kecil.

4. Kesimpulan dan Saran

Penerapan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* pada peramalan curah hujan di Kota Kendari diperoleh arsitektur jaringan terbaik yaitu jaringan dengan laju pembelajaran sebesar 0,01

dan neuron lapisan tersembunyi sebanyak 70 unit, dengan parameter-parameter lainnya bernilai tetap yaitu 1 lapisan tersembunyi, jumlah maksimum iterasi sebanyak 10^6 dan nilai ambang sebesar 0,005. Pengujian jaringan ini menghasilkan MAPE sebesar 19,15% yang menunjukkan bahwa kemampuan model jaringan termasuk 'baik' untuk peramalan, dengan model jaringan sebagai berikut:

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-\left(w_{0k} + \sum_{j=1}^{70} z_j w_{jk}\right)}}$$

Saran untuk penelitian selanjutnya, arsitektur jaringan terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini masih belum dapat dikatakan sebagai hasil terbaik untuk peramalan curah hujan di Kota Kendari, sehingga untuk mencari hasil yang terbaik disarankan untuk melanjutkan penelitian dengan menggunakan kemungkinan variasi/kombinasi arsitektur lainnya, mulai dari pola input data, jumlah maksimum iterasi, nilai ambang, jumlah lapisan tersembunyi, jumlah neuron lapisan tersembunyi dan nilai laju pembelajaran. Hal ini disebabkan pemilihan parameter-parameter yang dilakukan dengan cara *trial* dan *error*.

Ucapan Terimakasih. Penulis mengucapkan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada dosen pembimbing atas segala masukannya dan arahnya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepa reviewer yang tidak disebutkan namanya atas masukannya untuk perbaikan tulisan ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kiki dan Kusumadewi, S. 2004. Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation untuk Mendeteksi Gangguan Psikologi. *Jurnal Media Informatika*. 2(2). 1-11.
- [2] Sulistiyasni dan Winarko, E. 2014. Klasifikasi Pola Sidik Jari menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Berkala MIPA*. 24(4). 215-224.
- [3] Suyanto. 2021. *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning dan Learning*. Bandung: Informatika.
- [4] Martono, W.H., dan Hartanti, D. 2015. Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation dalam Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Jurnal Teknologi dan Informasi*. 5(1). 51-68.
- [5] Dewi, Ruslan, Tenriawaru, A., dan Usman, I. 2020. Peramalan Curah Hujan Kota Kendari menggunakan Fuzzy Time Series Model Cheng Berbasis Rata-rata. *Seminar Nasional Statistika FMIPA UNPAD 2020 (SNS IX)*. Kendari: Universitas Halu Oleo.
- [6] Chandra, H., dan Suprpto, H. 2016. Sistem Informasi Intensitas Curah Hujan di Daerah Ciliwung Hulu. *Jurnal Informatika dan Komputer*. 21(3). 45-52.
- [7] Wirjohamidjojo, S., dan Swarinoto, Y.S. 2007. *Praktek Meteorologi Pertanian*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [8] Development Alternatives Incorporated. 2018. *Laporan Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jakarta: Development Alternatives Incorporated.
- [9] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2022. *Buletin Informasi Iklim Februari*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [10] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2015. *Kajian Risiko Bencana Sulawesi Tenggara 2016-2020*. Jakarta Timur: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- [11] Musdar. 2019. 50 Hektar Sawah di Kota Kendari Puso. *Detik Sultra*. Diakses dari <https://detiksultra.com/headline/50-hektar-sawah-di-kota-kendari-puso/>
- [12] Rahman, La Ode Abdul. 2014. Produksi Sayur di Kendari Turun Akibat Kemarau. *Antara Sultra*. Diakses dari <https://sultra-antaranews.com.cdn.ampproject.org/v/s/sultra.antaranews.com/amp/berita/274459/>
- [13] Siang, J.J. 2004. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- [14] Nurhani, L., Gunaryati, A., Andryana, S., dan Fitri, I. 2018. Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*. Yogyakarta: Universitas Amikom Yogyakarta.
- [15] Kabundi, Alain Ntumba. 2002. *Macroeconomic Forecasting: A Comparison Between Artificial Neural Networks and Econometric Models*. [Disertasi]. Johannesburg: Universitas Rand Afrikaans.

- [16] Badieah, Gernowo, R., dan Surarso, B. 2016. Metode Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Performa Mahasiswa pada Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning (PBL). *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. 6(1). 46-58.
- [17] Kurniawan, Dios. 2021. *Pengenalan Machine Learning dengan Python*. Jakarta: Gramedia.
- [18] Febrina, M., Ariana, F., dan Ratna E. 2013. Peramalan Jumlah Permintaan Produksi menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation. *Jurnal Teknik Industri*. 1(2). 174-179.
- [19] Suyanto. 2021. *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning dan Learning*. Bandung: Informatika.
- [20] Jaya, H., Sabran, Idris M.M., Djawad Y.A., Ilham, A., dan Ahmar, A.S. 2018. *Kecerdasan Buatan*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- [21] Yudaruddin, Rizky. 2019. *Forecasting untuk Kegiatan Ekonomi dan Bisnis*. Samarinda: RV Pustaka Horizon.
- [22] Berthold, M., dan Hand, D.J. 2002. *Intelligent Data Analysis*. Berlin: Springer.
- [23] Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., Newton, J., Parzen, E., dan Winkler, R. 1982. The Accuracy of Extrapolation (Time Series) Methods: Results of a Forecasting Competition. *Journal of Forecasting*. 1(2). 111-153.
- [24] Maricar, M. Azman. 2019. Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika*. 13(2). 36-45.
- [25] Lewis, C.D. 2000. *Demand Forecasting and Inventory Control: A Computer Aided Learning Approach*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- [26] Rachman, A.S., Cholissodin, I., dan Fauzi, M.A. 2018. Peramalan Produksi Gula menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada PG Candi Baru Sidoarjo. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2(4). 1683-1689.

Diterima pada tanggal 29 Mei 2022.
Terbit online pada tanggal 28 Juli 2022