

## PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA TUAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION

### *Predict Of Rainfall in Tual City Using The Backpropagation Method*

**Sheva Anggriyani<sup>1\*</sup>, Meirel Manuputty<sup>2</sup>, Aprilia Lewaherilla<sup>3</sup>, Lusye Bakarbessy<sup>4</sup>**

<sup>1234</sup>Program Studi Matematika, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. J. Putuhena, Poka, 97233, Ambon, Indonesia

*e-mail: shevaanggriyani22@gmail.com*

#### **Abstrak**

Cuaca merupakan perubahan keadaan udara dari seluruh fenomena yang terjadi di atmosfer bumi atau sebuah planet lain. Itulah sebabnya kondisi udara di setiap pulau bisa berbeda. Karena sudut pemanasan matahari dan kemiringan bumi. Namun dengan seiring perkembangan jaman, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dilakukan pendekatan guna memprediksi perubahan cuaca yang terjadi. Curah hujan yang turun dapat diprediksi namun belum akurat 100% dengan menggunakan data curah hujan sebelumnya untuk memprediksi curah hujan yang akan datang. Dengan menggunakan salah satu cabang AI jaringan syaraf tiruan dengan metode *backpropagation*, diperoleh hasil analisis data pelatihan menunjukkan bahwa hasil prediksi data pelatihan tahun 2021 dengan menggunakan data tahun 2020 sama dengan data curah hujan pada tahun 2020 dengan nilai MSE = 0.01078 pada epoch ke-6. Dengan menggunakan sistem pada data pelatihan dilakukan data pengujian untuk hasil prediksi 2023 dengan menggunakan data tahun 2021 hasil tersebut sudah cukup baik dengan nilai MSE = 0.027968.

**Kata Kunci:** Backpropagation, Curah hujan, Jaringan Syaraf Tiruan.

#### **Abstract**

Weather is a change in the state of the air from all the phenomena that occur in the earth's atmosphere or another planet. That is why air conditions on each island can be different. However, with the development of the times, advances in science and technology can be approached to predict weather changes that occur. Rainfall can be predicted but not 100% accurate by using previous rainfall data to predict future rainfall. By using one of the branches of artificial neural network AI with the backpropagation method, the results of the training data analysis show that the prediction results of the 2021 training data using 2020 data are the same as the rainfall data in 2020 with an MSE value = 0.01078 at the 6th epoch. By using the system on training data, test data is carried out for the prediction results of 2023 using 2021 data, these results are quite good with an MSE value = 0.027968.

**Keywords:** Backpropagation, Rainfall, Artificial Neural Network



<https://doi.org/10.30598/parameter3i01pp01-11>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#).

## 1. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan perubahan keadaan udara dari seluruh fenomena yang terjadi di atmosfer bumi atau sebuah planet lain. Itulah sebabnya kondisi udara di setiap pulau bisa berbeda. Karena sudut pemanasan matahari dan kemiringan bumi. Namun dengan seiring perkembangan zaman, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dilakukan pendekatan guna memprediksi perubahan cuaca yang terjadi. Perubahan cuaca yang tidak menentu terdapat di beberapa daerah di Indonesia. Salah satu fenomena alam yang kita rasakan sehari-hari mengenai dinamika cuaca seperti tekanan udara, suhu, kecepatan angin, dan curah hujan. Curah hujan salah satu atribut yang memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap perubahan cuaca dan perubahan terhadap iklim, maka sangatlah penting bagi kita untuk mengetahui keadaan curah hujan yang akan datang [1].

Curah hujan yang turun dapat diprediksi namun belum akurat 100% dengan menggunakan data curah hujan sebelumnya untuk memprediksi curah hujan yang akan datang. Kriteria curah hujan di Indonesia yaitu hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat, hujan sangat lebat dan hujan ekstrem [2].

Hujan dapat memberikan dampak baik maupun buruk berdasarkan tingkat kecurahannya, dengan intensitas tinggi hujan dapat menyebabkan banjir atau longsor, intensitas rendah dapat menyebabkan kekeringan dan intensitas sedang memberikan pasokan air di dalam tanah serta kelangsungan hidup hutan dan makhluk hidup [3]. Kondisi topografi Kota Tual beragam dari daratan yang datar hingga relatif berbukit dengan kemiringan berkisar antara 0-8% dan 0-15% di mana pemukiman/desa umumnya berada pada wilayah dengan ketinggian 0-100 meter di atas permukaan laut [4].

Bencana yang sering terjadi saat hujan adalah banjir dan tanah longsor oleh karena itu, pengamatan terhadap curah hujan sangat penting untuk menunjang keselamatan warga dan makhluk hidup lainnya. AI (*Artificial Intelligence*) adalah usaha memodelkan proses berpikir manusia dan mendesain mesin agar dapat meniru perilaku manusia [5]. Salah satu cabang AI adalah Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) yaitu sistem yang menirukan cara kerja pikiran atau otak manusia, dengan mempelajari data yang sudah terjadi, sistem ini dapat memberikan keputusan untuk data yang belum ada. *Backpropagation* merupakan suatu metode dalam Jaringan Syaraf Tiruan yang berguna untuk melakukan prediksi [3].

Penelitian ini menggunakan metode *Backpropagation* untuk memprediksi curah hujan di Kota Tual dengan data tahun sebelumnya dan diharapkan dapat memberikan informasi yang mendekati akurat mengenai intensitas curah hujan agar warga Kota Tual dapat mengetahui akan bahaya atau tidaknya musim hujan yang akan datang. Serta diharapkan dapat membantu Intensitas pemerintah di bidangnya sebagai acuan untuk mengambil keputusan [3].

*Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran untuk memperkecil tingkat error dengan cara menyesuaikan bobotnya berdasarkan perbedaan output dan target yang diinginkan. *Backpropagation* juga merupakan sebuah metode sistematis untuk pelatihan multilayer JST. *Backpropagation* dikatakan sebagai algoritma penelitian multilayer karena *Backpropagation* memiliki tiga layer dalam proses pelatihannya, yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Dengan adanya hidden layer pada *Backpropagation* dapat menyebabkan besarnya tingkat error pada *Backpropagation* lebih kecil dibanding tingkat error pada single layer network. Hal tersebut dikarenakan hidden layer pada *Backpropagation* berfungsi sebagai tempat untuk mengupdate dan menyesuaikan bobot, sehingga didapatkan nilai bobot yang baru yang bisa diarahkan mendekati dengan target *output* yang diinginkan.

## 2. METODE PENELITIAN

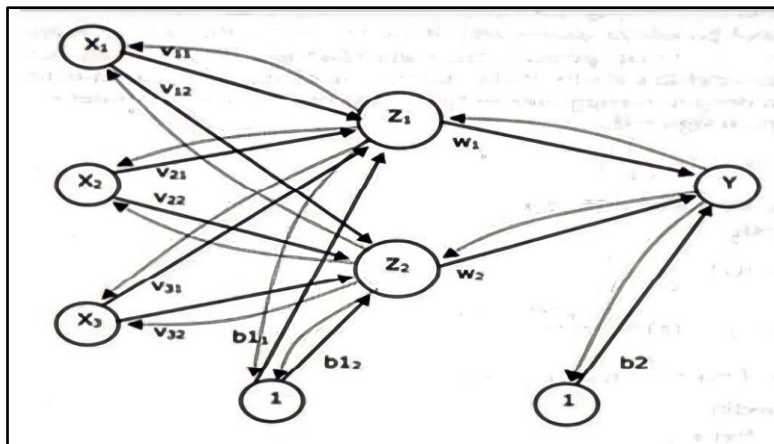
### 2.1. Sumber Data

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang terstruktur dan menguantifikasi data untuk digeneralisasikan[6]. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) Maluku.

### 2.2. Backpropagation

Backpropagation atau biasa disebut dengan backprop adalah algoritma yang mempelajari tentang bagaimana cara memperkecil atau meminimkan tingkat ke-error-an. Metode ini merupakan metode pelatihan terawasi (supervised learning)[7].

Metode penelitian ini menggunakan algoritma *Backpropagation*, dengan arsitektur yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Arsitektur *Backpropagation*

Arsitektur *Backpropagation* yang ditunjukkan pada **Gambar 1** dijelaskan sebagai berikut, X merupakan lapisan masukan yang memiliki 3 *neuron*, Z merupakan lapisan tersembunyi yang memiliki 2 *neuron* bahkan lebih dan Y adalah lapisan keluaran dengan 1 *neuron*. Bobot yang menghubungkan lapisan masukan dan tersembunyi adalah v dan w untuk menghubungkan lapisan tersembunyi dan keluaran. Bobot bias adalah b.

Fase-fase pelatihan untuk algoritma *Backpropagation* dijelaskan sebagai berikut [8]:

1. Inisialisasi bobot, dengan menggunakan fungsi *sigmoid biner* maka *range* nilai antara 0-1.
2. Menormalisasi data, menggunakan persamaan normalisasi *Min/Max*.

*Feedforward* :

- a. *Input Layer* ( $X_i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) sinyal  $X_i$  diteruskan ke semua unit pada *Hidden Layer*. Data yang digunakan adalah *training data*.
- b. Masing-masing unit pada *Hidden Layer* ( $Z_j$  dimana  $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan sinyal dari *Input Layer* yang sudah berbobot :

$$z_{-in_j} = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (1)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output* :

$$z_j = f(z_{-in_j}) \quad (2)$$

dan mengirim sinyal ke unit *Output Layer*.

- c. Unit pada *Output Layer* ( $Y_k$  dimana  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menjumlahkan sinyal berbobot :

$$y_{-in_k} = b2_k + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (3)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output* :

$$y_k = f(y_{-in_k}) \quad (4)$$

*Backpropagation:*

- d. Unit pada *Output Layer* ( $Y_k$  dimana  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menerima target pola yang sama dengan pola *training* dan menghitung *error* :

$$\delta 2_k = (t_k - y_k) f'(Y_{-in_k}) \quad (5)$$

$$\varphi 2_{jk} = \delta 2_k z_j \quad (6)$$

$$\beta 2_k = \delta 2_k \quad (7)$$

Hitung koreksi bobot:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi 2_{jk} \quad (8)$$

Hitung koreksi bias (yang akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $b 2_k$ ) :

$$\Delta b 2_k = \alpha \beta 2_k \quad (9)$$

- e. Unit pada *hidden layer* ( $Z_j$  dimana  $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan *input delta* yang dikirim dari langkah d:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta 2_k w_{jk} \quad (10)$$

Hasilnya dikalikan dengan fungsi aktivasi untuk menghitung *error* :

$$\delta 1_j = \delta_{in_j} f'(z_{-in_j}) \quad (11)$$

$$\varphi 1_{ij} = \delta 1_j x_j \quad (12)$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \quad (13)$$

Koreksi bobot :

$$\Delta v_{ij} = \alpha \varphi 1_{ij} \quad (14)$$

Koreksi bias :

$$\Delta b 1_j = \alpha \beta 1_j \quad (15)$$

- f. Unit pada *Output Layer* ( $Y_k$  dimana  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) memperbaiki bias dan bobot ( $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) :

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (16)$$

$$b 2_k(\text{baru}) = b 2_k(\text{lama}) + \Delta b 2_k \quad (17)$$

- Unit pada *Hidden Layer* ( $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) :

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (18)$$

$$b 1_j(\text{baru}) = b 1_j(\text{lama}) + \Delta b 1_j \quad (19)$$

3. Hitung *Mean Square Error* (MSE).

### 2.3. Analisis Data

Secara umum tahapan-tahapan proses pada *Backpropagation* adalah dibagi menjadi 5 tahap yaitu:

1. Inisialisasi bobot awal
2. Melakukan perhitungan feedforward
3. Melakukan perhitungan backpropagation
4. Menghitung bobot dan bias baru
5. Menghitung MSE

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Normalisasi

Penelitian ini menggunakan data jumlah curah hujan bulanan yang terekam dari Stasiun-stasiun Meteorologi di Maluku (mm) tahun 2020-2022 khususnya di Kota Tual yang didapat dari data BPS Provinsi Maluku, terlihat pada [Tabel 1](#).

**Tabel 1. Data Curah Hujan**

Tahun	2020	2021	2022
Januari	374,00	389,70	445,80
Februari	355,20	290,40	400,10
Maret	341,20	278,70	540,30
April	366,40	162,00	232,80
Mei	284,20	215,70	109,10
Juni	252,20	188,80	397,00
Juli	46,10	314,10	432,10
Agustus	72,00	147,30	140,80
September	54,90	202,10	129,10
Oktober	56,20	100,50	194,30
November	218,90	340,40	209,50
Desember	348,90	686,10	237,70

Pada algoritma Jaringan Syaraf Tiruan propagasi balik ini digunakan fungsi aktivasi sigmoid biner di mana fungsi ini bernilai antara 0 sampai dengan 1. Namun fungsi sigmoid biner tersebut benarnya tidak pernah mencapai angka 0 maupun 1. Oleh karena itu, data curah hujan perlu dinormalisasi terlebih dahulu salah satu contohnya ke dalam range 0, 1 sampai dengan 0,9 menggunakan persamaan berikut ini :

$$X' = \frac{0,8 (X - b)}{(a - b)} + 0,1$$

dengan:

- X' = data hasil normalisasi
- X = data asli/data awal
- a = nilai maksimum data asli
- b = nilai minimum data asli

**Tabel 2. Hasil Normalisasi Data Curah Hujan**

Tahun	2020	2021	2022
Januari	0,49	0,51	0,59
Februari	0,46	0,36	0,52
Maret	0,44	0,34	0,73
April	0,47	0,17	0,28
Mei	0,35	0,25	0,09
Juni	0,31	0,21	0,52
Juli	0,00	0,40	0,57
Agustus	0,04	0,15	0,14
September	0,01	0,23	0,12
Oktober	0,01	0,08	0,22
November	0,26	0,44	0,24
Desember	0,45	0,80	0,28

Pada tahap *preprocessing*, data yang telah ditransformasi melalui proses normalisasi data di atas kemudian akan digunakan sebagai parameter masukan. Pada tahap ini data dibentuk menjadi 2 variabel data *time series* dan 1 sebagai data target. Pelatihan, pengujian dan prediksi curah hujan akan dilakukan menggunakan *software* Matlab. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan adalah 12-10-1 yang artinya terdiri dari 12 nilai masukan (data curah hujan 12 bulan), 10 neuron pada lapisan tersembunyi, dan satu nilai keluaran yaitu data curah hujan pada bulan berikutnya.

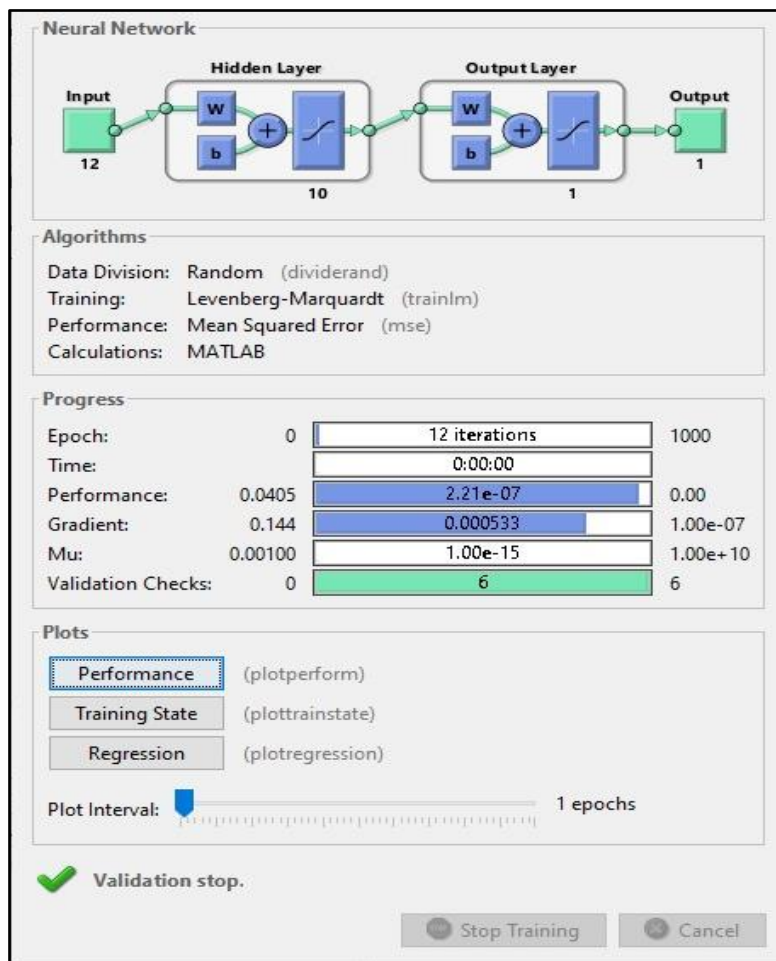
### 3.2. Data Pelatihan

Data pelatihan yang digunakan adalah data dari bulan Januari – Desember 2020 untuk memprediksi curah hujan Januari – Desember 2021. Pola dan target data untuk proses pelatihan menggunakan *software* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Pola Data Pelatihan**

Pola	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Target
1	0,49	0,46	0,44	0,47	0,35	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51
2	0,46	0,44	0,47	0,35	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36
3	0,44	0,47	0,35	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34
4	0,47	0,35	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17
5	0,35	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25
6	0,31	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21
7	0,00	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40
8	0,04	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15
9	0,01	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23
10	0,01	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08
11	0,26	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44
12	0,45	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80

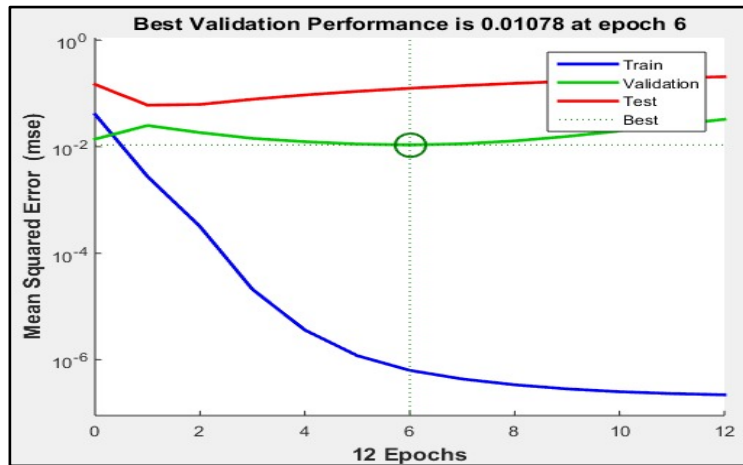
Dengan hasil prediksi pada data pelatihan tersebut, pengujian menggunakan *Matlab* dengan parameter 12-10-1 dan *training Levenberg-Marquardt* maka arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan dan *output* data pelatihan serta grafik akan ditampilkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



**Gambar 2. Jaringan Syaraf Tiruan**

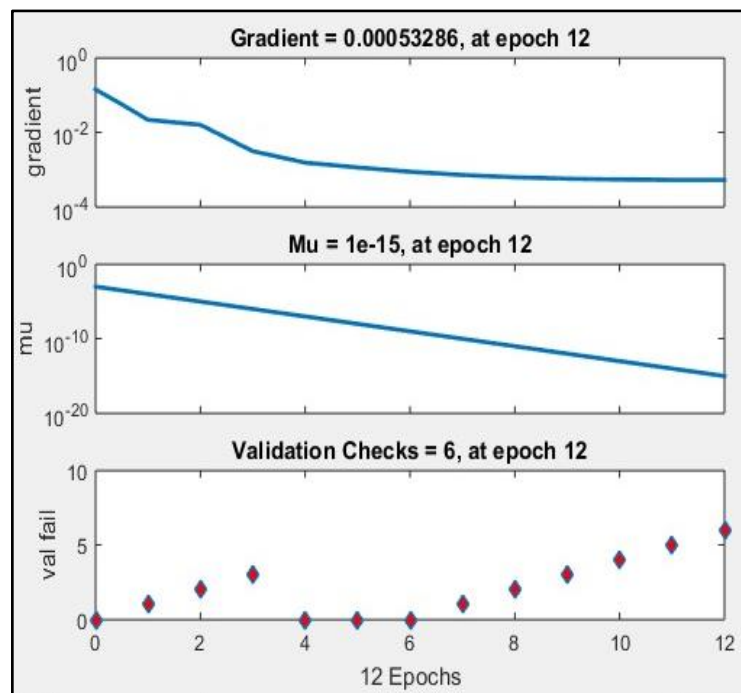


Berikut analisis data pelatihan yang dilakukan berdasarkan data pada [Tabel 3](#), sebagai berikut.



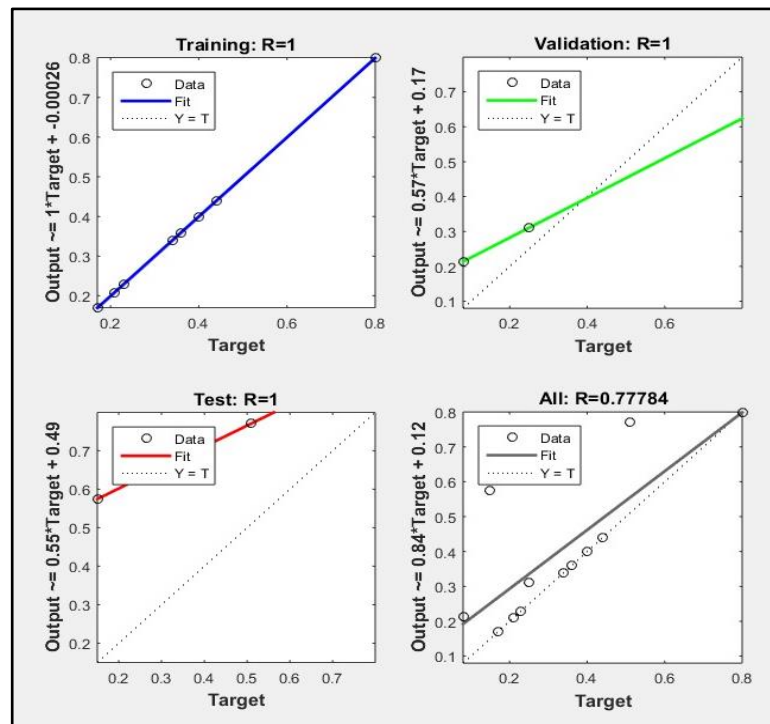
**Gambar 3.** Plot performance

Berdasarkan [Gambar 2](#), dapat diketahui hasil dari proses JST *Backpropagation* yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Pada [Gambar 3](#), menunjukkan proses pembelajaran pada setiap *epoch*. Pada proses ini, iterasi dihentikan pada *epoch* ke-6, karena batas *epoch* yang diinginkan sudah tercapai  $MSE = 0.01078$ , dimana MSE ini merupakan MSE yang muncul ketika pelatihan selesai sesuai dengan iterasi yang ditentukan.



**Gambar 4.** Plot Train State

Pada [Gambar 4](#), menunjukkan *train state* dengan *gradient* sebesar 0.



**Gambar 5.** Plot Regression

Selanjutnya pada **Gambar 5**, menunjukkan hubungan antara target dengan *output* jaringan pada data pelatihan. Dari pengujian pada data pelatihan untuk kecocokan antara *output* jaringan dengan target diperoleh koefisien korelasi ( $R$ ) bernilai 1, dengan koefisien korelasi sebesar itu menunjukkan bahwa jaringan sudah mampu memprediksi dengan baik sesuai data yang ada.

### 3.3. Data Pengujian

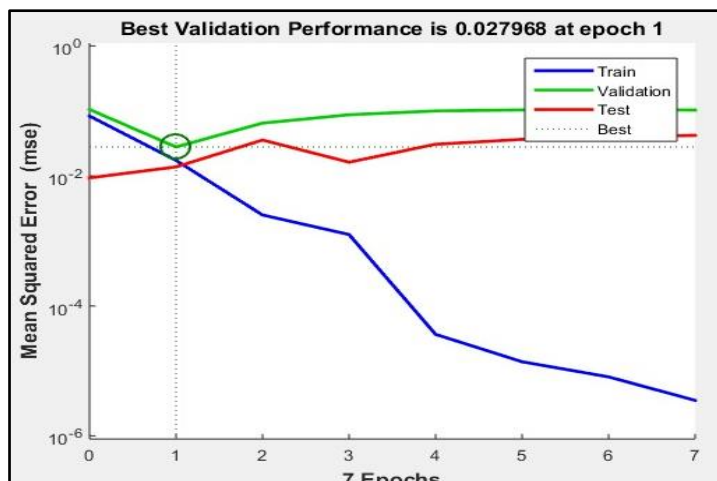
Setelah melakukan pengujian dan pelatihan, didapat keluaran/*output* prediksi seperti pada bagian *output training* dan *testing*. Dalam pelatihan nilai bobot dan bias awal ditentukan dengan bilangan acak kecil agar mendapatkan *error* minimum, agar hasil prediksi tidak berubah-ubah, karena jika tidak diberi batasan nilai bobot dan biasanya maka *output* jaringannya akan berubah-ubah setelah membentuk jaringan jika dilakukan pelatihan berulang kali meskipun dengan lapisan tersembunyi yang sama. Adapun hasil pengujian didapat sebagai berikut:

**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian

Pola	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Target
1.	0,51	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59
2.	0,36	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52
3.	0,34	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73
4.	0,17	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28
5.	0,25	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09
6.	0,21	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52
7.	0,40	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57
8.	0,15	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57	0,14
9.	0,23	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57	0,14	0,12
10.	0,08	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57	0,14	0,12	0,22
11.	0,44	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57	0,14	0,12	0,22	0,24
12.	0,80	0,59	0,52	0,73	0,28	0,09	0,52	0,57	0,14	0,12	0,22	0,24	0,28

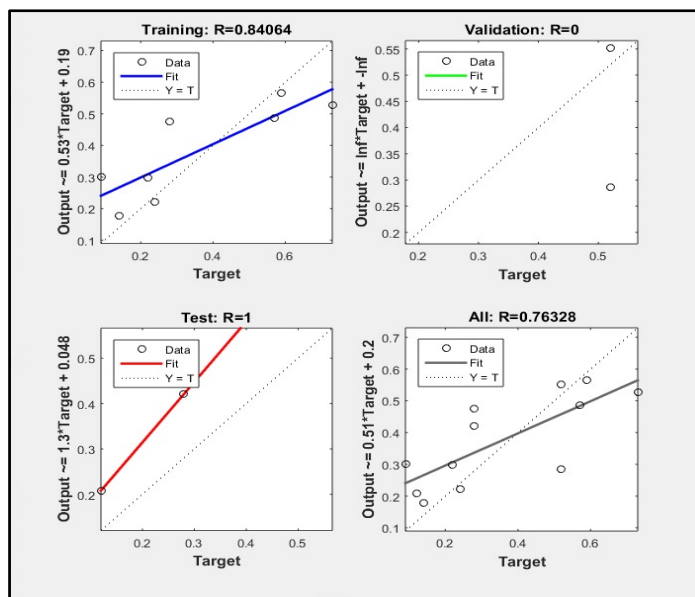


Dari hasil proses pengujian data pada **Tabel 4**, diperoleh hasil pengujian seperti pada **Gambar 6**. Pada gambar ditunjukkan iterasi di hentikan pada *epoch* ke-7 dengan nilai MSE = 0.027968.



**Gambar 6.** Hasil Performance Pada Data Pengujian

Hasil pada **Gambar 7** di bawah ini menunjukkan hasil regresi antara data pengujian dan keluaran Jaringan Syaraf Tiruan sebesar 0.76328.



**Gambar 7.** Hasil Regresi Pada Data Pengujian

Dari hasil pada tahapan pengujian pada **Tabel 4**, dan menggunakan jaringan yang sudah dilatih maka dapat dilakukan prediksi untuk tingkat Curah Hujan di Kota Tual Tahun 2023, dapat diperoleh dari hasil pengolahan dengan *Software* Matlab, dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil Prediksi Curah Hujan Tahun 2023

Tahun	2023
Januari	0,5311
Februari	0,5936
Maret	0,5287
April	0,5305
Mei	0,4217
Juni	0,4432

Tahun	2023
Juli	0,3730
Agustus	0,2617
September	0,1877
Oktober	0,1612
November	0,1621
Desember	0,2018

#### 4. KESIMPULAN

Prediksi Curah Hujan bulanan di Kota Tual menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *Backpropagation* berhasil dilakukan dengan pelatihan data pada tahun sebelumnya untuk memprediksi curah hujan tahun berikutnya. Pada data pelatihan menunjukkan bahwa hasil prediksi dengan menggunakan data pelatihan Tahun 2020-2021 berhenti pada epoch ke-12. Menggunakan sistem pada data pelatihan dilakukan data pengujian untuk hasil prediksi Tahun 2023 dengan menggunakan data Tahun 2020-2021 hasil yang diperoleh berhenti pada epoch ke-7 dengan nilai MSE = 0,027968. Dari penyajian data yang dilakukan, diperoleh hasil dari data curah hujan Tahun 2023. Dengan demikian hasil prediksi curah hujan Tahun 2023 didapatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tezhar R. T. P. Nugraha, 2020, Evaluasi Prediksi Curah Hujan dengan Algoritma Backpropagation di BMKG Cilacap, Vol. 2, No. 2, hal 1-14
- [2] BMKG, "Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam)," 2021. <https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg>
- [3] Gilbert Leliak, Magdalena A. Ineke Pakereng. 2022. "Prediksi Curah Hujan di Kota Ambon Menggunakan Metode Backpropagation". Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi.
- [4] Wikipedia, "Topografi Kota Tual", [https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kota\\_Tual](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kota_Tual)
- [5] U. Yusmaniar, "Kecerdasan Buatan," 2019, <https://cerdas.sv.ugm.ac.id/2019/08/17/kecerdasan-buatan> (accessed Jun. 09, 2022).
- [6] Comparison of LQR and PID Controller Tuning Using PSO for Coupled Tank System. Selamat, N. A., et al., et al. Kuala Lumpur: IEEE, 2015. 2015 IEEE 11th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA2015). pp.
- [7] E. P. Cynthia and E. Ismanto, "Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau," Teknol. Dan Sist. Inf. Univrab, vol. 2, no. 2, pp. 196–209, 2017.
- [8] S. Kusumadewi, Membangun Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Matlab & Excel link. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [9] BPS, 2023, Jumlah Curah Hujan Bulanan yang Terekam dari Stasiun-Stasiun Meteorologi di Maluku, 2012-2022: Badan Pusat Statistik
- [10] L. J. Sinay, T. Pentury, and D. Anakotta, "Peramalan Curah Hujan di Kota Ambon Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing," Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap., Vol. 11, No. 2, 2017, doi: 10.30598/barekengvol11iss2pp101-108.
- [11] S. Sasake, Y. A. Lesnussa, and A. Z. Wattimena, "Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Cuaca Harian Di Kota Ambon)," J. Mat., Vol. 11, No. 1, p. 1, 2021, doi: 10.24843/jmat.2021.v11.i01.p131.
- [12] Z. Kafara, F. Y. Rumlawang, and L. J. Sinay, "Peramalan Curah Hujan Dengan Pendekatan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Sarima)," Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap., Vol. 11, No. 1, 2017, doi: 10.30598/barekengvol11iss1pp63-74.
- [13] L. J. Sinay, F. K. Lembang, S. N. Aulele, and D. Mustamu, "Analisis Curah Hujan Bulanan di Kota Ambon Menggunakan Model Heteroskedastisitas: Sarima-Garch," Media Stat., Vol. 13, No. 1, 2020, doi: 10.14710/medstat.13.1.68-79
- [14] Pemkot Ambon, "Keadaan Geografis," 2021. <https://ambon.go.id/keadaan-geografis/>
- [15] Lesnussa, Yopi Andry, C. G. Mustamu, F. Kondo Lembang, and M. W. Talakua. 2018. "Application Of Backpropagation Neural Networks In Predicting Rainfall Data In Ambon City." International Journal of Artificial Intelligence Research.