

ANN Back Propagation for Forecasting and Simulation Hydroclimatology Data

¹Syaefudin Suhaedi; ²Evi Febriana; ³Habibi RPN; ⁴Ivan Ardiansyah

^{1, 2, 4} Dosen Universitas Muhammadiyah Mataram; ² UIN Mataram

matematika.ummat@gmail.com, abimath27@gmail.com

Abstrak: Kebijakan pemerintah dalam mendistribusikan pupuk dan bibit tanaman pangan seperti padi dan palawija sangat tergantung dari musim tanam para petani. Oleh sebab itu, sebelum melakukan distribusi tersebut, diperlukan data penyebaran awal musim tanam di setiap daerah sehingga hasil distribusi optimal. Salah satu alternatif yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah memprediksi pola siklus data hidroklimatologi tahun akan datang dengan melihat pola data tahun-tahun sebelumnya. Dalam hal ini diperlukan suatu metode yang bisa digunakan untuk memprediksi data hidroklimatologi tersebut. Metode yang tepat digunakan untuk melakukan prediksi adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. Sebagai langkah lanjutan nantinya hasil prediksi oleh JST ini akan digunakan untuk membangun sistem perencanaan pola tanam optimal agar tanaman pertanian terhindar dari gagal panen (puso) guna diperoleh hasil produksi maksimal sehingga mampu menunjang ketahanan pangan nasional. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa JST *Backpropagation* dengan dua layar *hidden* mampu memprediksi data hidroklimatologi dengan akurasi rata-rata sebesar 95,72%-96,61%. Sedangkan pada validasi prediksi diperoleh persentase error rata-rata sebesar 1,12% dengan tingkat akurasi mencapai 99,76%. Data yang digunakan untuk melakukan training, testing, validasi, dan prediksi adalah data di Kabupaten Lombok Tengah, NTB, Indonesia.

Kata Kunci: GUI, Matlab, ANN, *Backpropagation*, Hydroclimatology

PENDAHULUAN

Master Plan Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI), Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) masuk dalam koridor V, yaitu sebagai sektor pendukung ketahanan pangan dan pariwisata. Inilah tolak ukur berbagai perencanaan dan pengembangan program kerja di bidang pertanian secara kontinyu dilaksanakan oleh pemerintah Provinsi NTB agar kebutuhan dan ketahanan pangan baik untuk masyarakat NTB maupun rakyat Indonesia secara terpenuhi secara maksimal. Di sisi lain, delapan tahun terakhir perubahan iklim yang berakibat puso atau gagal panen semakin terasa di sebagian besar wilayah Indonesia, terutama di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Hampir setiap tahun luas lahan tanam (ha) mengalami kekeringan dan jumlah produksi (ton) mengalami gagal panen terutama pada tanaman pangan prioritas NTB seperti padi, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan ubi jalar.

Hal ini disebabkan terjadinya perubahan dan pergeseran musim (Nandini, 2011) yang satu indikator utamanya adalah pola curah hujan yang tidak menentu. Fenomena ini membuat para petani di NTB kesulitan dalam menentukan pola tanam tanaman pangan. Oleh sebab itu, perlu adanya sistem komputasi untuk mendeteksi perubahan iklim tersebut (Nastos, 2011) agar sejak dini pemerintah dan para petani mengetahui pola penyebaran hujan dan indikator lainnya seperti suhu, kelembaban udara, lama penyinaran matahari, serta kecepatan angin. Salah satu metode yang baik dalam memprediksikan data *time series* masa mendatang dengan menganalisa data sebelumnya adalah *Artificial Neural Networks* (Herbert, 2011).

JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya (Fausett, 1994). Algoritma pelatihan jaringan *Backpropagation* sebagai berikut.

Step 0: Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.

Step 1: Jika kondisi penghentian belum dipenuhi, lakukan step 2-9.

Step 2: Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan step 3-8.

Feedforward (Fase 1: Step 3-5)

Step 3: Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

Step 4: Hitung semua keluaran di unit tersembunyi.

$$z_j \text{ (} j=1, 2, \dots, p \text{)}.$$

$$z_net_j = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

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

Step 5: Hitung semua keluaran jaringan di unit keluaran y_k , ($k=1, 2, \dots, m$).

$$y_net_k = w_{i0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj}$$

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

Backpropagation of Error (Fase 2: Step 6-7)

Step 6: Hitung faktor δ unit keluaran (output) berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k=1, 2, \dots, m$).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_net_k) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k)$$

t_k = target keluaran

δ_k = merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layar dibawahnya.

Hitung perubahan bobot w_{kj} dengan laju pemahaman α .

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j, \text{ (} k=1, 2, \dots, m ; j=0, 1, \dots, p \text{)}$$

Step 7: Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j ($j=1, 2, \dots, p$)

$$\delta_net_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

Faktor δ unit tersembunyi

$$\delta_j = \delta_net_j f'(z_net_j) = \delta_net_j z_j (1 - z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji}

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i, \text{ (} j=1, 2, \dots, p, i=1, 2, \dots, n \text{)}$$

Perubahan Bobot dan Bias (Fase 3: Step 8)

Step 8: Hitung semua perubahan bobot.

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran yaitu:

$$w_{kj} \text{ (baru)} = w_{kj} \text{ (lama)} + \Delta w_{kj}, \text{ (} k=1, 2, \dots, m ; j=0, 1, \dots, p \text{)}.$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi yaitu :

$$v_{ji} \text{ (baru)} = v_{ji} \text{ (lama)} + \Delta v_{ji}, \text{ (} j=1, 2, \dots, p ; i=0, 1, \dots, n \text{)}.$$

Step 9: Pengujian selesai.

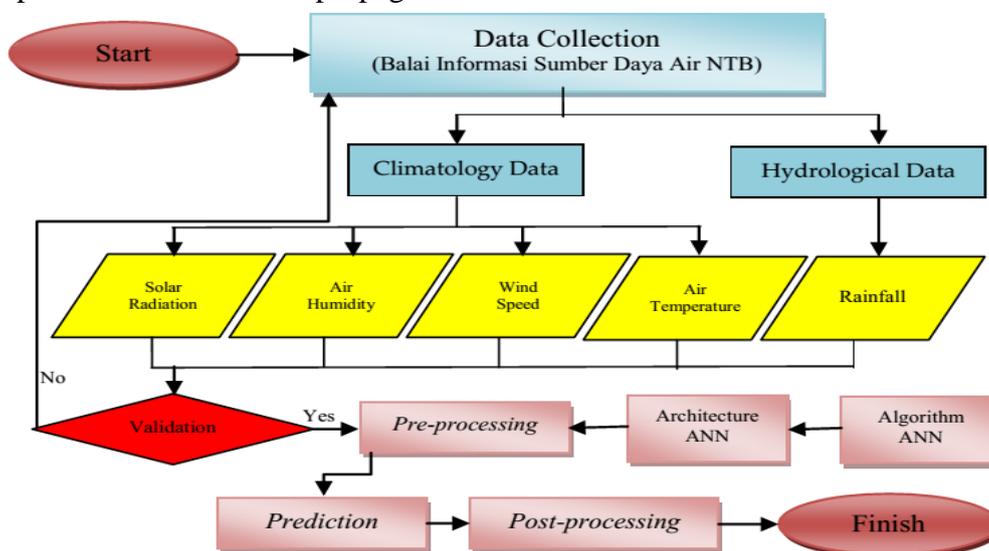
METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan untuk membangun system komputasi ANN Backpropagation sebagai berikut:

1. **Identifikasi masalah.** Pada tahapan ini penulis mengumpulkan referensi yang terkait dengan data hidroklimatologi dan metode prediksi-simulasi data time series menggunakan *Artificial Neural Network Backpropagation*.
2. **Pengambilan dan Validasi Data.** Pada tahapan ini peneliti mengambil data hidrologi (curah hujan) dan data klimatologi (kelembaban udara, suhu, penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dari Balai Informasi Sumber Daya Air (BISDA) Dinas Pekerjaan Umum NTB dari

Prosiding Seminar Nasional Pendidik dan Pengembang Pendidikan Indonesia dengan Tema “*Membangun Generasi Berkarakter Melalui Pembelajaran Inovatif*”. Aula Handayani IKIP Mataram 14 Oktober 2017. ISSN 2598-1978 tahun 1986 sampai tahun 2016 untuk daerah Lombok Tengah pada pos Keruak dan Kopang, kemudian divalidasi.

3. **Perancangan, Implementasi, dan Prediksi.** Pada tahapan ini peneliti merancang algoritma dan arsitektur *JST Backpropagation* secara numerik dan mengimplementasikannya menggunakan GUI Matlab untuk menentukan hasil prediksi data hidroklimatologi tahun 2017 dan tahun 2018.
4. **Analisa dan Pembahasan.** Pada tahap ini, peneliti melakukan analisa data dan membahas hasil prediksi oleh *JST Backpropagation*.



Gambar 1. Prosedur Pengembangan Aplikasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengambilan dan Validasi Data

Data yang sudah terkumpul yakni data tahun 1987 sampai 2016 divalidasi sebelum data diinputkan ke jaringan untuk melakukan prediksi. Triadmodjo (2006) memberikan rumusan untuk melakukan perbaikan data jika terjadi *missing data* (data tidak terisi) pada suatu pos dengan formula di bawah ini.

$$p_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (1)$$

Dalam penelitian ini, data diasumsikan sudah valid, karena sudah divalidasi oleh tim komputasi di BISDA NTB.

2. Pembagian Data Training, Testing, dan Validasi

Data input dalam penelitian ini adalah (1) data curah hujan, (2) data suhu, (3) data kelembaban udara, (4) data kecepatan angin, dan (5) data lama penyinaran matahari. Kelima data tersebut merupakan data dalam ukuran setengah bulanan (15 hari) selama 30 tahun dan masing-masing data akan diprediksi menggunakan *JST Backpropagation*.

Tabel 1. Pengaturan Data Input Untuk Prediksi.

Tahun	Data						
	Jan I	Jan II	Peb I	Peb II	...	Des I	Des II
1987	x_1	x_2	x_3	x_4	...	x_{23}	x_{24}
1988	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	...	x_{47}	x_{48}
1989	x_{47}	x_{48}	x_{49}	x_{50}	...	x_{71}	x_{72}
...
2016	x_{696}	x_{697}	x_{698}	x_{699}	...	x_{719}	x_{720}

Dari Tabel 1 di atas, diasumsikan bahwa $y_1 = 1987$, $y_2 = 1988$, $y_3 = 1989, \dots, y_{30} = 2016$ yang akan digunakan untuk peramalan. Karena peramalan tahun 2017 (y_{31}), dipengaruhi oleh $y_1, y_2, y_3, \dots, x_{30}$, maka secara matematis dapat diformulasikan:

y_{31} dipengaruhi oleh $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{30}$, atau

$x_{721}, x_{722}, \dots, x_{744}$ dipengaruhi oleh $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{720}$.

Sedangkan data input dan target untuk proses validasi dan prediksi disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Pengaturan Data Input dan Target

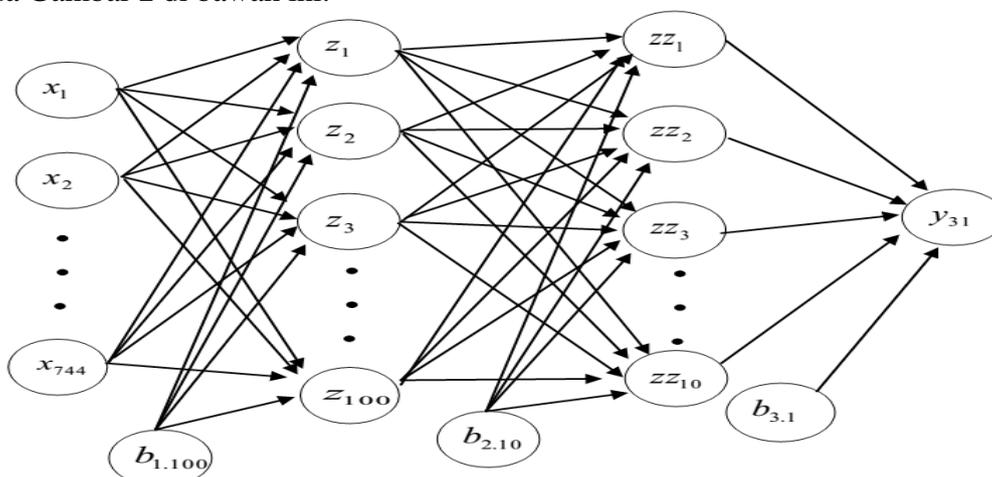
Data	Proses		
	Validasi	Prediksi 2017	Prediksi 2018
Tahun	1987 – 2015	1987 – 2016	1987 – 2017
Jumlah Input	696 data	720 data	744 data
Target	$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{695}$	$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{719}$	$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{743}$
Prediksi	$x_{25}, x_{26}, x_{27}, \dots, x_{696}$	$x_{25}, x_{26}, x_{27}, \dots, x_{720}$	$x_{25}, x_{26}, x_{27}, \dots, x_{744}$
	-	$x_{721}, x_{722}, \dots, x_{744}$	$x_{745}, x_{746}, \dots, x_{768}$

Perancangan arsitektur JST *Backpropagation* dilakukan untuk menentukan arsitektur terbaik dengan pengaturan parameter tertentu yang nantinya akan digunakan sebagai algoritma untuk prediksi melalui *training* dan *testing* data. Adapun parameter arsitektur yang peneliti gunakan dalam penelitian ini sesuai Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Pengaturan Parameter *Backpropagation*

Parameter	Atributs	Ukuran / Tipe
Jumlah Neuron	Layar Input	744
	Layar Hidden 1	100
	Layar Hidden 2	10
	Layar Output	1
	Algoritma Training	Trainrp
	Fungsi Aktivasi	Sigmoid Biner
Pengaturan Parameter	Maks. Epoch	10000
	Error (Goal)	0,0001
	Learning Rate	0,07
	Momentum	0,9
	Rasio Penurunan	0,7
	Rasio Penaikkan	1,05

Adapun arsitektur yang digunakan dalam penelitian ini untuk prediksi data tahun 2017 dan 2018 terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Arsitektur JST *Backpropagation* dengan Dua Layar Hidden

Prosiding Seminar Nasional Pendidik dan Pengembang Pendidikan Indonesia dengan Tema “*Membangun Generasi Berkarakter Melalui Pembelajaran Inovatif*”. Aula Handayani IKIP Mataram 14 Oktober 2017. ISSN 2598-1978

Arsitektur yang telah dirancang kemudian disimulasikan menggunakan GUI Matlab yang sudah dibangun sebelumnya dan di evaluasi dengan melihat nilai persentase keakurasiannya dengan persamaan berikut ini.

$$P = \frac{Q}{R} \times 100\% \quad (2)$$

Adapun hasil simulasi untuk data *training* hidrologi diperoleh tingkat akurasi rata-rata mencapai 96,61% dan data *training* klimatologi diperoleh tingkat akurasi rata-rata mencapai 96,32%. Sedangkan tingkat akurasi untuk *testing* data hidrologi rata-rata mencapai 95,72 % dan tingkat akurasi untuk *testing* data klimatologi rata-rata mencapai 96,19 %.

3. Validasi Arsitektur

Validasi dilakukan untuk melihat tingkat kevalidan hasil prediksi menggunakan arsitektur yang telah dirancang. Validasi dilakukan dengan cara memprediksi data tahun 2016 menggunakan data tahun 1987–2015. Kemudian hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan data aktual tahun 2016 untuk melihat besar persentase kesalahan (error) dari hasil prediksi yang telah diperoleh dengan persamaan berikut ini.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n \sum_{i=1}^n O_i} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana P_i hasil prediksi tahun 2016 dan O_i data aktual tahun 2016. Semakin kecil error yang dihasilkan maka semakin baik arsitektur yang digunakan.

Dari hasil simulasi diperoleh besar persentase error arsitektur pada masing-masing jenis data sebagaimana disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Error Arsitektur Prediksi

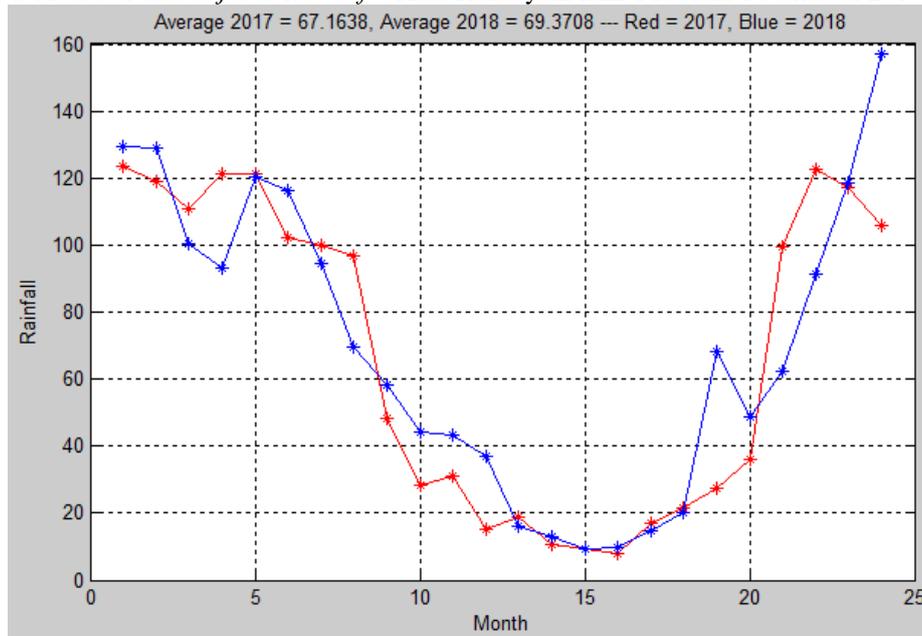
Jenis Data	Akurasi	Persentase Error
Curah Hujan	99,73 %	2,78 %
Suhu	99,63 %	0,20 %
Kelembaban Udara	99,78 %	0,45 %
Kecepatan Angin	99,90 %	1,45 %
Lama Sinar Matahari	99,77 %	0,74 %
Rata-rata	99,76 %	1,12 %

Dari Tabel 4 di atas, dapat diketahui bahwa rata-rata error hasil prediksi menggunakan arsitektur yang telah dirancang sebesar 1,12% Ini membuktikan bahwa arsitektur tersebut baik digunakan untuk prediksi dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,76%.

Kemudian menggunakan arsitektur yang sudah divalidasi tersebut dilakukan prediksi data hidroklimatologi tahun 1987-2016 untuk tahun 2017, dan data tahun 1987-2017 untuk tahun 2018. Prediksi dilakukan terhadap data hidrologiklimatologi dalam ukuran setengah bulanan (15 hari). Dari hasil prediksi kemudian ditentukan rerata kawasan masing-masing POS Curah Hujan dan Klimatologi.

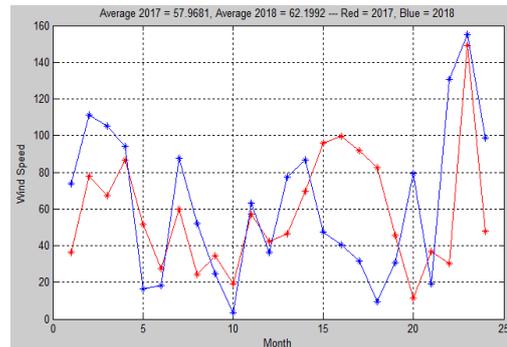
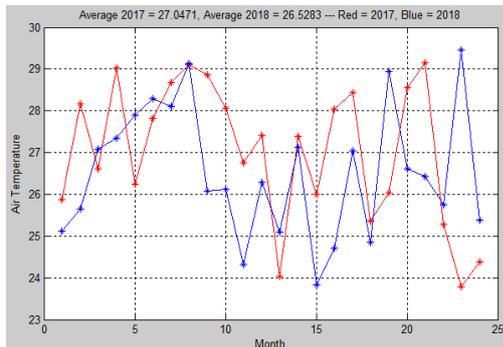
4. Hasil Prediksi

Hasil prediksi data curah hujan Lombok Tengah Tahun 2017 rata-rata sebesar 67,16 dengan maksimum 123,39 mm/hari dan minimum 7,89 mm/hari, sehingga beriklim sedang. Sedangkan hasil prediksi curah hujan tahun 2018 di Lombok Tengah rata-rata sebesar 69,37 dengan maksimum 157,15 mm/hari dan minimum 9,17 mm/hari, sehingga beriklim sedang.

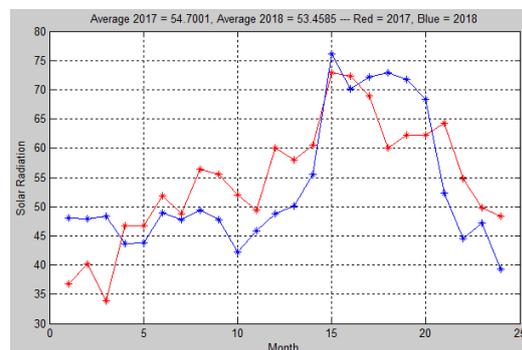
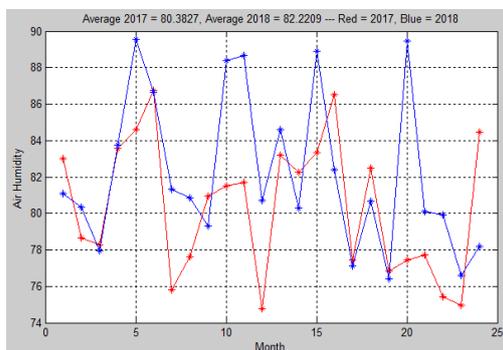


Gambar 3. Rainfall 2017 and 2018 in Central Lombok, Indonesia.

Dari hasil prediksi diketahui bahwa bahwa Lombok Tengah tahun 2017 memiliki suhu rata-rata 27,05°C, kelembaban udara 80,38%, kecepatan angin 57,97 m/s, dan lama penyinaran matahari 54,70%. Sedangkan menurut prediksi tahun 2018 diketahui bahwa Lombok Tengah memiliki suhu rata-rata 26,53°C, kelembaban udara 82,22%, kecepatan angin 62,20 m/s, dan lama penyinaran matahari 53,46%.



Gambar 4. Air Temperature and Wind Speed 2017 and 2018



Gambar 5. Air Humidity and Solar Radiation 2017 and 2018

SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jaringan syaraf tiruan dengan metode Backpropagation mampu memprediksi data hidroklimatologi yang terdiri dari data curah hujan, data suhu, data kelembaban udara, data kecepatan angin, dan data lama penyinaran matahari dengan tingkat akurasi sebesar 95,72% - 96,61% untuk data *training* dan *testing*. Sedangkan pada pengujian validasi prediksi diperoleh besar rata-rata persentase error adalah 1,12% dengan tingkat akurasi rata-rata 99,76%.
2. Algoritma dan arsitektur ini sangat baik dan bisa digunakan dalam proses selanjutnya yakni menghitung kebutuhan air tanaman pangan serta optimasi perhitungan keuntungan maksimum dari hasil panen para petani.

REFERENSI

- Abdullah-al-mamun, Mustak, A. (2015). Hypothetical Pattern Recognition Design Using Multi-Layer Perceptorn Neural Network For Supervised Learning”, *International Journal Of Scientific & Technology Research*, vol. 4, no. 12, pp. 97-102, December 2015.
- Ayush, R., Aviral U., Vikrant, N. (2017). Software Testing And Defect Analysis Using Soft Computing Concepts. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 6, 6, 210-215.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. (1986). Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan 01, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Network*. Prentice Hall, New York.
- Hanan A, R, A., Firas R. M. (2016). Evolutionary Algorithms For Neural Networks Binary And Real Data Classification. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 5, 7, 55-60.
- Herbert, Riza, L. S, and Mukmin, A. (2011). Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Peramalan Curah Hujan. *Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 1, 1, 1-5.
- I.U. Abhulimen, J.I. Achebo. (2014). Application Of Artificial Neural Network In Predicting The Weld Quality Of A Tungsten Inert Gas Welded Mild Steel Pipe Joint. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 3, 1, 277-285.
- Mohammad, M. A. M., Shovasis, K. B., Monalisa, C. U., and Abubakar, S. (2015). An Algorithm For Training Multilayer Perceptron (MLP) For Image Reconstruction Using Neural Network Without Overfitting. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4, 2, 271-275.
- Syahrir, S. (2017). *Application Of Cooperative Learning Model Index Card Match Type In Improving Student Learning Results On Composition And Composition Functions Of Functions Invers In Man 1 Mataram*. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 6(3), 414-420.
- Sektor Pertanian. (2011). *Kajian Risiko dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat*, Dinas Pertanian NTB, Mataram.
- Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Erlangga, Jakarta.