

Penerapan Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*) untuk Prakiraan Cuaca di Bandar Udara Radin Inten II Lampung

Adi Saputra^(1,a), Sri Ratna Sulistiyanti^(1,b), Roniyus Marjunus^(1,c),
Yanti Yulianti^(1,d), Junaidi^(1,e), dan Arif Surtoto^(2,f)

⁽¹⁾Program Studi Magister Fisika, Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

⁽²⁾Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

E-mail: adi.saputra@bmgk.go.id

Diterima (26 Oktober 2022), Direvisi (19 Desember 2022)

Abstract. *Weather predictions are needed in everyday life planning, one of which is to make decisions. Artificial Neural Network (ANN) is an algorithm that is generally very good at pattern recognition problems. The maximum parameters in the development of weather forecasting information design based on Artificial Neural Networks / ANN (Backpropagation) by adding input data are rainfall, temperature, humidity, solar radiation, air pressure, wind direction and wind speed. This research was conducted in the area of Lampung's Radin Inten II Airport. The data used in this study is in the form of daily data on meteorological conditions in the Radin Inten II Lampung Airport area from the Radin Inten II Meteorological Station for the last 3 years, from 2017 to 2019. This data is needed as input data for the algorithm to be used in study. Based on the results of the study, the best training accuracy was 100% in the neural network architecture with the levenberg-marquardt (trainlm) and scaled conjugate gradient (trainscg) training function parameters, binary sigmoid and bipolar sigmoid activation functions, and the number of neurons 20, 40, 60, 80, and 100. While the best test accuracy is 74,359% on neural network architecture with training function parameters gradient descent with momentum and adaptive learning rate (traingdx) and binary sigmoid activation function (logsig) and the number of neurons 20 and 80.*

Keywords: *Application of Artificial Neural Networks, Weather Forecast, Radin Inten II Airport Lampung*

Abstrak. *Prediksi cuaca diperlukan dalam perencanaan kehidupan sehari-hari, salah satunya untuk membuat keputusan. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan algoritma yang secara umum sangat baik dalam permasalahan pengenalan pola. Parameter maksimum dalam pengembangan perancangan informasi prakiraan cuaca berbasis Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*) dengan menambah inputan data curah hujan, suhu, kelembaban, penyinaran matahari, tekanan udara, arah angin dan kecepatan angin. Penelitian ini dilakukan di wilayah Bandar Udara Radin Inten II Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data harian kondisi meteorologi di wilayah Bandar Udara Radin Inten II Lampung dari Stasiun Meteorologi Radin Inten II selama 3 tahun terakhir yaitu dari tahun 2017 hingga tahun 2019. Data tersebut dibutuhkan sebagai data masukan untuk algoritma yang akan digunakan dalam penelitian. Berdasarkan pada hasil penelitian, diperoleh akurasi pelatihan terbaik sebesar 100% pada arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *levenberg-marquardt* (trainlm) dan *scaled conjugate gradient* (trainscg), fungsi aktivasi sigmoid biner dan sigmoid bipolar, dan jumlah neuron 20, 40, 60, 80, dan 100. Sedangkan akurasi pengujian terbaik sebesar 74.359% pada arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *gradient descent with momentum and adaptive learning rate* (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig) dan jumlah neuron 20 dan 80.*

Kata kunci: Penerapan Jaringan Saraf Tiruan, Prakiraan Cuaca, Bandar Udara Radin Inten II Lampung.

PENDAHULUAN

Cuaca adalah keadaan udara di atmosfer pada waktu dan tempat tertentu yang sifatnya tidak menentu dan berubah-ubah. Penilaian terhadap kategori cuaca umumnya dinyatakan dengan memperhatikan kondisi hujan, suhu udara, jumlah tutupan awan, penguapan, kelembapan, dan kecepatan angin di suatu tempat dari hari ke hari. Metode prediksi cuaca pada umumnya ada dua yang digunakan, yaitu metode dengan pendekatan empiris dan yang kedua adalah metode pendekatan dinamis. Metode pendekatan empiris sering disebut sebagai peramalan analog, metode ini menggunakan data cuaca masa lampau untuk memprediksi kejadian di masa depan. Sedangkan metode kedua didasarkan pada persamaan dan sering disebut sebagai metode numerik.

Metode yang paling banyak digunakan untuk memprediksi cuaca adalah metode pendekatan empiris. Metode pendekatan empiris ini seperti Jaringan Saraf Tiruan (JST), Logika *fuzzy*, dan lain-lain. Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk mengetahui pola yang ada pada data. Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sistem *self adaptive* yang dapat belajar untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks dan dapat menggeneralisasi pengetahuan yang diperoleh dan tak terduga seperti prediksi cuaca.

Prediksi cuaca sangat penting untuk digunakan dalam perencanaan kehidupan sehari-hari, salah satunya untuk membuat keputusan. Keberhasilan dari suatu prediksi cuaca akan berdampak pada pengambilan keputusan di bidang penerbangan, prediksi cuaca penting untuk menentukan waktu, lokasi, arah gerak, ketinggian serta merencanakan

pergerakan pesawat untuk memperhitungkan gangguan operasi yang dapat disebabkan jika cuaca sedang buruk dan juga untuk mempertimbangkan dalam menentukan rute penerbangan atau menentukan dalam membawa tambahan bahan bakar jika dalam suatu kasus pesawat harus kembali dikarenakan kondisi cuaca yang tidak memungkinkan.

Menurut *Federal Aviation Administration* dari tahun 2008 hingga 2018, tertundanya penerbangan lebih dari 15 menit disebabkan oleh 69% karena masalah cuaca, 19% karena masalah jumlah penumpang, 6% karena masalah landasan penerbangan, 1% karena masalah peralatan, dan 5% karena masalah lainnya. Cuaca yang buruk menyebabkan jadwal penerbangan yang berubah secara mendadak dan mempengaruhi lalu lintas udara. Oleh karena itu perlunya sebuah metode prediksi cuaca yang baik sehingga dapat mengurangi kerugian dan kerusakan.

Presisi dari Jaringan Saraf Tiruan bergantung pada konfigurasi kombinasi parameter input, algoritma pelatihan, dan konfigurasi arsitektur. Meningkatkan kombinasi parameter dan struktur dari Jaringan Saraf Tiruan (JST) bukanlah sesuatu yang mudah. Cara alternatif untuk menemukan arsitektur terbaik dari Jaringan Saraf Tiruan ada beberapa yaitu *trial and error*.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti lain, metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola suatu data sehingga dapat menghasilkan output dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, *Backpropagation* memiliki kinerja yang baik untuk diterapkan pada permasalahan yang kompleks seperti prediksi cuaca untuk kemudian dilakukan pengembangan bagi penelitian ini [7].

Melihat semakin banyaknya pergerakan pesawat di Bandar Udara Radin Inten II Lampung, maka penulis akan mengimplementasikan metode prakiraan cuaca penerbangan berbasis jaringan saraf tiruan perambatan balik atau *neural network backpropagation*. Dalam hal ini penulis berfokus pada parameter maksimum dalam pengembangan perancangan informasi prakiraan cuaca berbasis Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*) dengan menambah inputan data curah hujan, suhu, kelembaban, penyinaran matahari, tekanan udara, arah angin dan kecepatan angina.

Rumusan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah mencari parameter maksimum dari algoritma yang terbaik untuk mengimplementasikan metode Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*) dalam melakukan prediksi cuaca menggunakan bahasa pemrograman *MATLAB*.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mencari parameter maksimum yang terbaik untuk sistem prediksi cuaca dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*).
2. Untuk mengimplementasikan metode Jaringan Saraf Tiruan/ JST (*Backpropagation*) dalam melakukan prediksi cuaca dengan bahasa pemrograman *MATLAB*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: perangkat lunak *Microsoft Office Word*, *Microsoft Office Excel* dan *MATLAB*.

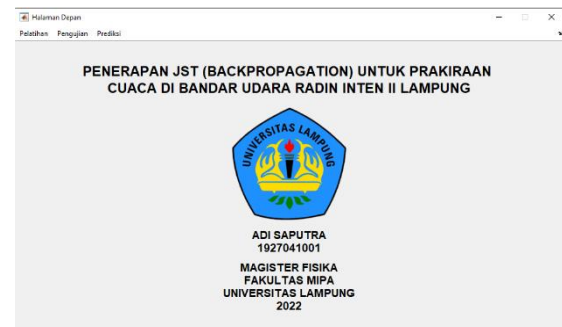
Variabel cuaca yang digunakan antara lain adalah suhu, kelembaban, hujan,

penyinaran matahari, tekanan udara, arah dan kecepatan angin. Jumlah data total selama 3 tahun terakhir dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 sebanyak 1095 data. Yang kemudian data tersebut di filter menjadi beberapa bagian yaitu data saat cuaca tidak hujan, data hujan ringan, dan data hujan sedang dengan total 180 data sebagai data latih dan 39 data uji. Hasil keluaran proses pelatihan, pengujian, dan prediksi menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* yang berupa data nilai akurasi pelatihan, nilai akurasi pengujian, data nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan data Regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

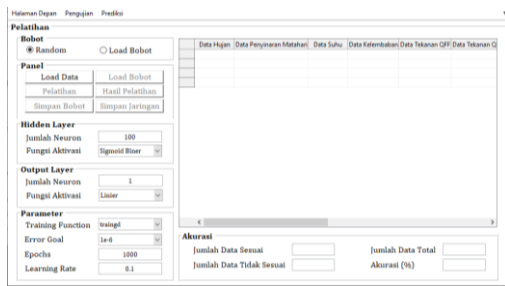
Perancangan Sistem

Sistem aplikasi prakiraan cuaca dalam penelitian ini dirancang dalam empat Tampilan antarmuka. Keempat Tampilan tersebut antara lain adalah halaman depan, halaman pelatihan, halaman pengujian, dan halaman prediksi. Rancangan antarmuka halaman depan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 1. Rancangan Antarmuka Halaman Depan

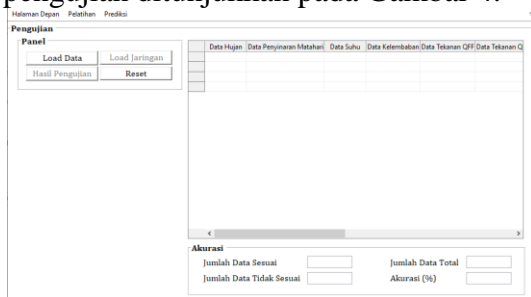
Rancangan antarmuka halaman pelatihan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Antarmuka Halaman Pelatihan

Pada rancangan antarmuka halaman pelatihan yang di Gambarkan, terdapat 1 tabel, 6 pushbutton, 2 radiobutton, 4 popumenu, dan 8 edit text.

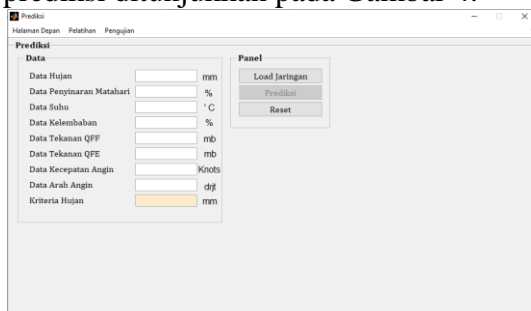
Rancangan antarmuka halaman pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Rancangan Antarmuka Halaman Pengujian

Pada rancangan antarmuka halaman pengujian yang di Gambarkan, terdapat 1 tabel, 4 pushbutton, dan 4 edit text.

Rancangan antarmuka halaman prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Antarmuka Halaman Prediksi

Pada rancangan antarmuka halaman prediksi yang digambarkan, terdapat 3 pushbutton dan 10 edit text.

Hasil akurasi pelatihan dan pengujian sistem

Pada penelitian ini dilakukan variasi terhadap parameter jaringan saraf tiruan. Parameter yang divariasikan di antaranya adalah fungsi pelatihan, fungsi aktivasi, dan jumlah neuron.

Tabel 1. Hasil pengujian kriteria cuaca dengan jaringan saraf tiruan

Uji Validasi Pengujian	Total Data Pengujian	Tidak Hujan	Hujan		Akurasi Data Sesuai (%)
			Ringan	Sedang	
Pengujian 1	39	10	8	11	74.359
Pengujian 2	39	10	8	11	74.359
Pengujian 3	39	10	8	11	74.359

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian sebanyak 3 kali maka persentase akurasi jaringan saraf tiruan mengenali semua jenis hujan sebesar 74,359 %. Persentase akurasi tertinggi mengenali kriteria hujan sedang 28.20% dan dan persentase akurasi terendah mengenali kriteria hujan ringan 20.51%. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan saraf tiruan *Backpropagation* mampu mengklasifikasikan kriteria hujan. Namun demikian dalam hal ini mengenai kriteria hujan sistem ini harus diperbaiki lagi misalnya dengan menambah lebih banyak data latih dan data uji. Hasil akurasi pelatihan dan pengujian sistem dengan berbagai variasi parameter jaringan saraf tiruan ditunjukkan pada tabel 1 sampai tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan gradient descent (traingd) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	85	74,359	0,12487	0,9015	180	153	27	39	29	10
2	40	86,1111	61,539	0,11155	0,91253	180	155	25	39	24	15
3	60	76,6667	64,1026	0,15814	0,87364	180	138	42	39	25	14
4	80	70	46,1538	0,22666	0,81288	180	126	54	39	18	21
5	100	63,8889	46,1538	0,25926	0,78233	180	115	65	39	18	21

Tabel 3. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan gradient descent (traingd) dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar (tansig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	87,2222	0	0,098084	0,92352	180	157	23	39	0	39
2	40	0	0	0	0	180	0	180	39	0	39
3	60	0	0	0	0	180	0	180	39	0	39
4	80	0	0	0	0	180	0	180	39	0	39
5	100	0	0	0	0	180	0	180	39	0	39

Tabel 4. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan gradient descent with momentum and adaptive learning rate (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	88,3333	74,359	0,098888	0,92288	180	159	21	39	29	10
2	40	91,6667	61,5385	0,080595	0,93764	180	165	15	39	24	15
3	60	87,7778	58,9744	0,09005	0,93014	180	158	22	39	23	16
4	80	90	74,359	0,081712	0,93677	180	162	18	39	29	10
5	100	90	66,6667	0,089019	0,93085	180	162	18	39	26	13

Tabel 5. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan gradient descent with momentum and adaptive learning rate (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar (tansig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	91,6667	66,6667	0,079546	0,93849	180	165	15	39	26	13
2	40	95,5556	61,5385	0,056787	0,9565	180	172	8	39	24	15
3	60	92,7778	48,7179	0,061936	0,95246	180	167	13	39	19	20
4	80	93,3333	61,5385	0,06428	0,95057	180	168	12	39	24	15
5	100	92,2222	66,6667	0,06059	0,95348	180	166	14	39	26	13

Tabel 6. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan levenberg-marquardt (trainlm) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig).

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	100	30,7692	8,4328E-07	1	180	180	0	39	12	27
2	40	100	41,0256	1,6759E-08	1	180	180	0	39	16	23
3	60	100	33,3333	3,006E-09	1	180	180	0	39	13	26
4	80	100	46,1538	8,1923E-08	1	180	180	0	39	18	21
5	100	100	35,8974	1,3234E-09	1	180	180	0	39	14	25

Tabel 7. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan levenberg-marquardt (trainlm) dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar (tansig).

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	100	23,0769	4,4656E-07	1	180	180	0	39	9	30
2	40	100	23,0769	2,059E-10	1	180	180	0	39	9	30
3	60	100	23,0769	5,1027E-08	1	180	180	0	39	9	30
4	80	100	43,5897	2,8614E-09	1	180	180	0	39	17	22
5	100	100	56,4103	3,986E-08	1	180	180	0	39	22	17

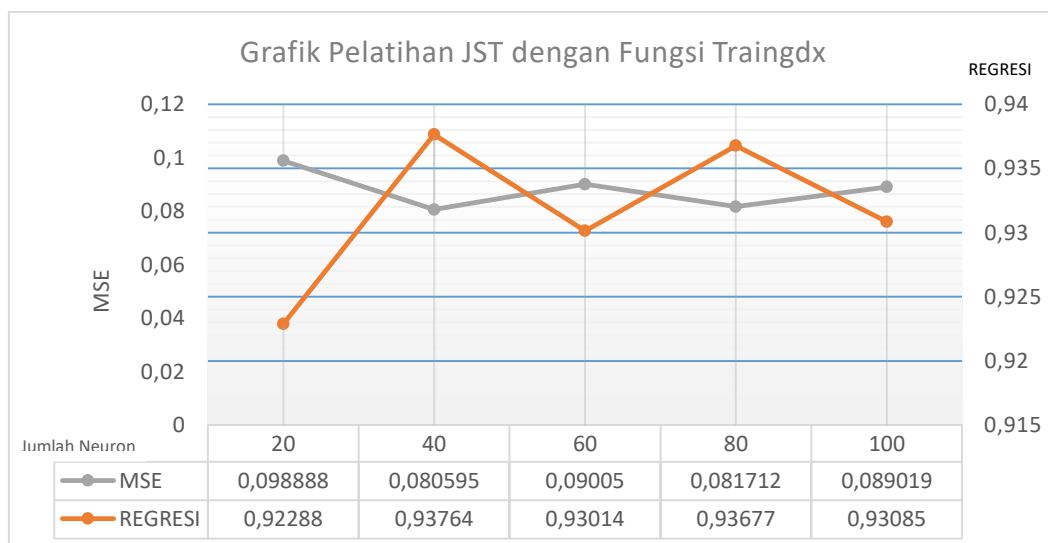
Tabel 8. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan scaled conjugate gradient (trainscg) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data Pelatihan			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	97,7778	58,9744	0,025309	0,98084	180	176	4	39	23	16
2	40	100	43,5897	0,0074424	0,99441	180	180	0	39	17	22
3	60	100	38,4615	0,0026817	0,998	180	180	0	39	15	24
4	80	100	41,0256	0,0016926	0,99873	180	180	0	39	16	23
5	100	100	43,5897	0,00073448	0,99945	180	180	0	39	17	22

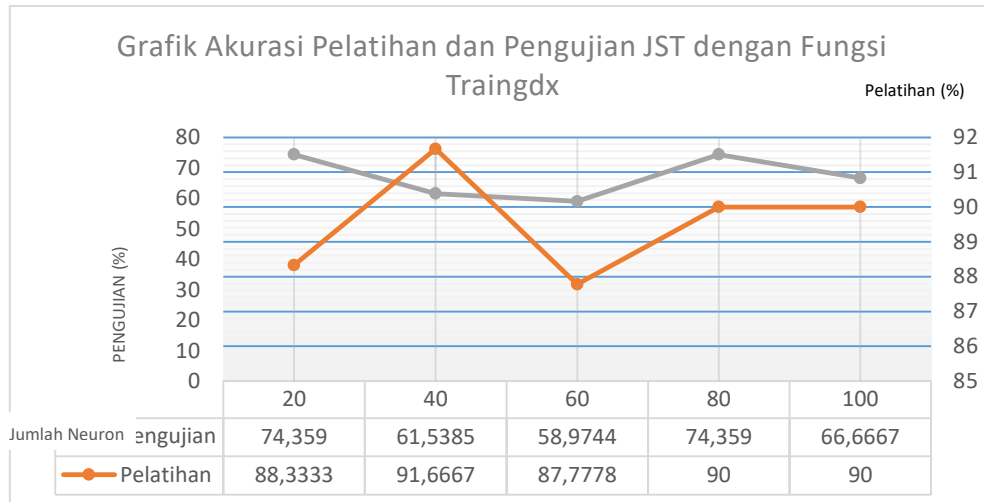
Tabel 9. Hasil akurasi sistem dengan fungsi pelatihan scaled conjugate gradient (trainscg) dan fungsi aktivasi sigmoid bipolar (tansig)

No	Jumlah Neuron	Akurasi (%)				Jumlah Data			Jumlah Data Pengujian		
		Pelatihan	Pengujian	MSE	Regresi	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai	Jumlah Data	Data sesuai	Tdk Sesuai
1	20	98,8889	38,4615	0,01684	0,98729	180	178	2	39	15	24
2	40	100	43,5897	0,0050962	0,99617	180	180	0	39	17	22
3	60	100	35,8974	0,0009791	0,99927	180	180	0	39	14	25
4	80	100	38,4615	0,00015418	0,99988	180	180	0	39	15	24
5	100	100	28,2051	0,00029277	0,99978	180	180	0	39	11	28

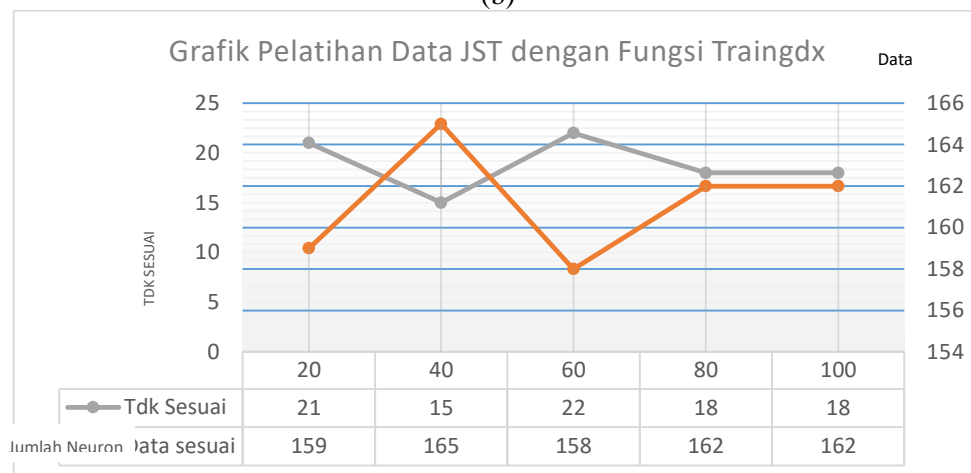
Untuk lebih detailnya dapat di gambarkan pada grafik berikut ini:



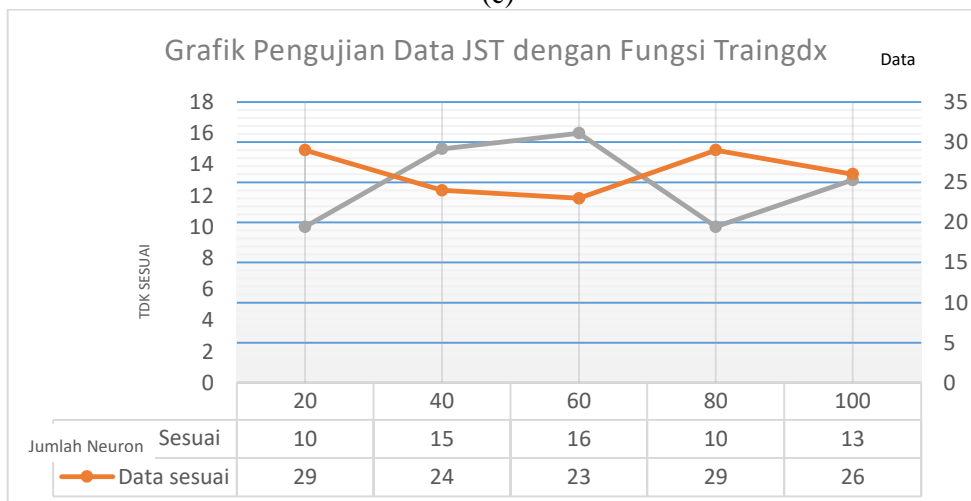
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Akurasi sistem dengan fungsi pelatihan gradient descent with momentum and adaptive learning rate (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig). (a) tampilan grafik nilai mse dan regresi (b) tampilan grafik nilai akurasi pelatihan dan pengujian (c) tampilan grafik pelatihan data (d) tampilan grafik pengujian data.

Pada Gambar 5.a. Grafik nilai perbandingan antara MSE dan Regresi terhadap variasi dengan jumlah neuron. Dan didapat pada pelatihan MSE 0,080595 dan Regresi 0,93764 terbaik pada neuron 40. Pada Gambar 5.b. Grafik nilai perbandingan antara akurasi pelatihan dan akurasi pengujian terhadap variasi dengan jumlah neuron. Dan didapat pada akurasi pelatihan terbaik 91,6667% pada neuron 40, dan akurasi pengujian terbaik 74,359% pada neuron 20 dan 80. Pada Gambar 5.c. Grafik nilai perbandingan antara pelatihan data yang sesuai dan tidak sesuai terhadap variasi dengan jumlah neuron. Dan didapat terbaik 165 data yang sesuai pada neuron 40. Pada Gambar 5.d. Grafik nilai perbandingan antara pengujian data yang sesuai dan tidak sesuai terhadap variasi dengan jumlah neuron. Dan didapat terbaik 29 data yang sesuai pada neuron 20 dan 80.

Berdasarkan pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6, Tabel 4.7, Tabel 4.8, dan Tabel 4.8 dan Gambar tampilan variasi jumlah neuron dan variasi training di atas, diperoleh hasil akurasi pelatihan terbaik sebesar 100% pada arsitektur jaringan saraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *levenberg-marquardt* (trainlm) dan *scaled conjugate gradient* (trainscg), fungsi aktivasi sigmoid biner dan sigmoid bipolar, dan jumlah neuron 20, 40, 60, 80, dan 100. Kemudian Sedangkan akurasi pengujian terbaik sebesar 74.359% pada arsitektur jaringan saraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *gradient descent wit momentum and adaptive learning rate* (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig) dan jumlah neuron 20 dan 80.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa implementasi metode prakiraan cuaca berbasis jaringan saraf tiruan perambatan

balik atau *neural network backpropagation*. Pengembangan perancangan informasi prakiraan cuaca berbasis Jaringan Saraf Tiruan / JST (*Backpropagation*) dengan masukan berupa data suhu, kelembapan, hujan, penyinaran matahari, tekanan udara, arah dan kecepatan angin. Sedangkan keluaran berupa kriteria hujan. Sistem aplikasi prakiraan cuaca dirancang dalam empat tampilan antarmuka meliputi halaman depan, halaman pelatihan, halaman pengujian, dan halaman prediksi. Berdasarkan pada hasil penelitian, diperoleh akurasi pelatihan terbaik sebesar 100% pada arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *levenberg-marquardt* (trainlm) dan *scaled conjugate gradient* (trainscg), fungsi aktivasi sigmoid biner dan sigmoid bipolar, dan jumlah neuron 20, 40, 60, 80, dan 100. Kemudian Sedangkan akurasi pengujian terbaik sebesar 74.359% pada arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan parameter fungsi pelatihan *gradient descent wit momentum and adaptive learning rate* (traingdx) dan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig) dan jumlah neuron 20 dan 80.

SARAN

Saran yang dapat penulis sampaikan untuk pengembangan penelitian ke depan:

1. Menambahkan jumlah data dalam sistem prakiraan cuaca.
2. Mengimplementasikan algoritma lain seperti *adaptive neuro fuzzy inference system*, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federal Aviation Administration (FAA), 2018, *Federal Aviation Regulations or Aeronautical Information Manual 2009*, Skyhorse Publishing Inc, USA.

- [2] Handayani, Lestari., dan Muhammad, Adri. 2015. Penerapan Jaringan Saraf Tiruan /JST (Backpropagation) untuk Prediksi Curah Hujan (Studi Kasus Kota Pekanbaru). <http://www.ejournal.uinsuska.ac.id/index.php/SNTIKI/article/view/2998.html>. Diakses pada 10 Desember 2020.
- [3] J, A, Litta., Sumam Mary Indicula., C. Naveen Francis. 2012. Artificial Neural Network Model for the Prediction of Thunderstorms over Kolkata. *International Journal of Computer Applications*, 50, 50-55.
- [4] Putra, Agie., C. L. 2014. Cumulonimbus Prediction Using Artificial Neural Network Back Propagation With Radiosonde Indeces. Seminar Nasional Penginderaan Jarak Jauh. 2014, (pp. 153-165).
- [5] Rafika, Dwi. 2017. Prediksi Cuaca Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan Dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dan Algoritma Genetika. <http://repository.its.ac.id/47052/.pdf>. Diakses pada 10 Desember 2020.
- [6] Saima H., J. J. 2011. Intelligent Methods for Weather Forecasting: A Review. https://www.researchgate.net/publication/345452174_Deterministic_weather_forecasting_models_based_on_intelligent_predictors_A_survey/link/5fa70a67a6fdcc06241d81f1/download. Diakses pada 10 Desember 2020.
- [7] Setiawan, Dian., Noor Mahmudah., Edo Laksmana Putra. 2019. Analisis Panjang Runway Bandara Radin Inten II untuk Pendaratan dan Take off Pesawat AirbusA330<https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/5759.pdf>. Diakses pada 10 Desember 2020.
- [8] Suhendra, C.D. 2015. Penentuan Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation (Bobot Awal dan Bias Awal) Menggunakan Algoritma Genetika. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*. 9, pp. 77-88. Indonesian Computer, Electronics, and Instrumentation Support Society.
- [9] Yuniar, Risty Jayanti., S, Didik, Rahardi., dan Setyawati, Onny. 2013. Perbaikan Metode Prakiraan Cuaca Bandara Abdulraman Saleh dengan Algoritma NeuralNetworkBackpropagation. <http://www.jurnaleccis.ub.ac.id/index.php/eccis/article/view/205.pdf>. Diakses pada 10 Desember 2020.

