

PREDIKSI IRADIASI MATAHARI MENGUNAKAN ALGORITMA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Fatahillah Al Mahfudz¹, Suwasti Broto², Akhmad Musafa³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur Jakarta, Indonesia

11752500015@student.budiluhur.ac.id, [2suwasti.broto@budiluhur.ac.id](mailto:suwasti.broto@budiluhur.ac.id), [3akhmad.musafa@budiluhur.ac.id](mailto:akhmad.musafa@budiluhur.ac.id)

ABSTRAK

Prediksi iradiasi matahari merupakan hal yang krusial dalam merancang dan mengembangkan sistem energi terbarukan dengan energi matahari. Dalam tugas akhir ini dilakukan prediksi iradiasi matahari dengan menggunakan algoritma Artificial Neural Network (ANN) dalam bentuk model sekuensial. Model Sequential ANN dilatih dengan dataset yang mencakup berbagai faktor cuaca seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, serta data radiasi matahari historis. Proses pelatihan dimulai dengan membagi dataset menjadi data latih dan data uji dengan tiga variasi komposisi data latih dan uji yang berbeda (80%:20%), (75%:25%), dan (66%:34%). Model ANN yang dibuat terdiri dari empat lapisan, satu lapisan masukan, dua lapisan tersembunyi dengan jumlah neuron (32, 64), dan satu lapisan keluaran. Melalui iterasi berulang, model diperbarui menggunakan algoritma optimisasi Adaptive Moment Estimation (ADAM) untuk mengoptimalkan parameter. Model ANN diuji dengan tiga variabel masukan iradiasi matahari yang berbeda (Global Horizontal Irradiance, Diffuse Horizontal Irradiance, dan Direct Normal Irradiance). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model Sequential ANN mampu menghasilkan prediksi iradiasi matahari dengan tingkat akurasi yang signifikan. Hasil prediksi menunjukkan Mean Absolute Error (MAE=0,0029), Mean Absolute Percentage Error (MAPE=2,3289%), Root Mean Square Error (RMSE=0,0038), dan Mean Square Error (MSE=0,0001) pada komposisi data latih dan uji (80%:20%).

Kata kunci: Energi Matahari, Sequential ANN, Iradiasi Matahari, Adaptive Moment Estimation

ABSTRACT

Solar irradiation prediction is crucial in designing and developing renewable energy systems with solar energy. In this final project, solar irradiation prediction is carried out using the Artificial Neural Network (ANN) algorithm in the form of a sequential model. The Sequential ANN model is trained with a dataset that includes various weather factors such as temperature, humidity, air pressure, and historical solar radiation data. The training process starts by dividing the dataset into training and test data with three different variations of training and test data composition (80%:20%), (75%:25%), and (66%:34%). The ANN model consists of four layers, one input layer, two hidden layers with the number of neurons (32, 64), and one output layer. Through repeated iterations, the model is updated using the Adaptive Moment Estimation (ADAM) optimization algorithm to optimize the parameters. The ANN model was tested with three different solar irradiation input variables (Global Horizontal Irradiance, Diffuse Horizontal Irradiance, and Direct Normal Irradiance). The test results show that the Sequential ANN model is able to produce solar irradiation predictions with a significant level of accuracy. The prediction results show Mean Absolute Error (MAE=0.0029), Mean Absolute Percentage Error (MAPE=2.3289%), Root Mean Square Error (RMSE=0.0038), and Mean Square Error (MSE=0.0001) on the composition of training and test data (80%:20%).

Keywords : Solar Energy, Sequential ANN, Solar Irradiance, Adaptive Moment Estimation

I. PENDAHULUAN

Iradiasi matahari adalah energi radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi atau suatu permukaan lain dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Energi matahari ini sangat penting bagi berbagai aspek kehidupan di Bumi, termasuk pertanian, energi terbarukan, cuaca, dan lainnya [1]. Namun, iradiasi matahari tidak selalu konsisten dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti awan, aerosol, polusi, dan variasi aktivitas Matahari. Oleh karena itu, memprediksi iradiasi matahari dengan akurat memiliki dampak besar terhadap pengelolaan sumber daya energi terbarukan khususnya untuk pemanfaatan energi surya yang diterapkan pada *Photovoltaic* (PV) dan *Concentrating Solar Power* (CSP) [2].

Memprediksi iradiasi matahari menjadi tantangan yang kompleks karena melibatkan pemahaman mendalam tentang interaksi antara atmosfer, permukaan Bumi, dan energi Matahari. Namun dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam teknologi penginderaan jauh, analisis data, dan pemodelan numerik telah memberikan kemungkinan untuk mengembangkan metode prediksi iradiasi matahari yang lebih akurat. Salah satu metode yang digunakan untuk melakukan prediksi adalah dengan pendekatan *Machine Learning* [3]. Seperti pada penelitian [2] dipaparkan bahwa ANN adalah satu teknologi yang mudah diterapkan untuk memenuhi kebutuhan manusia di berbagai bidang termasuk prediksi karena dapat memodelkan fungsi matematika yang relatif sulit. Kemudian, pada penelitian [4] dilakukan prediksi iradiasi matahari menggunakan algoritma *Elman Recurrent Neural Network* (ERNN). Hasilnya, ERNN mendapat nilai akurasi terbaik sebesar 96,33% dengan set parameter nilai learning rate 0,1 epoch 500 dan minimal error 0,0001.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan prediksi iradiasi Matahari dengan mengolah data iradiasi matahari harian sebelumnya menggunakan algoritma *Sequential Artificial Neural Network* agar didapat hasil akurasi prediksi yang baik dan menjadi tolok ukur pemanfaatan iradiasi matahari serta pencegahan dampak negatif di masa yang akan datang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini, dijelaskan dasar teori yang digunakan untuk memprediksi iradiasi matahari.

A. Cuaca dan Iklim

Cuaca memiliki dampak besar terhadap berbagai sektor, seperti pertanian, transportasi, energi, dan kesehatan. Oleh karena itu, pemantauan dan pemahaman tentang cuaca sangat penting dalam perencanaan dan pengambilan keputusan sehari-hari serta dalam mitigasi terhadap potensi dampak cuaca ekstrem. Perubahan cuaca terjadi disebabkan oleh berbagai faktor seperti pergerakan massa udara,

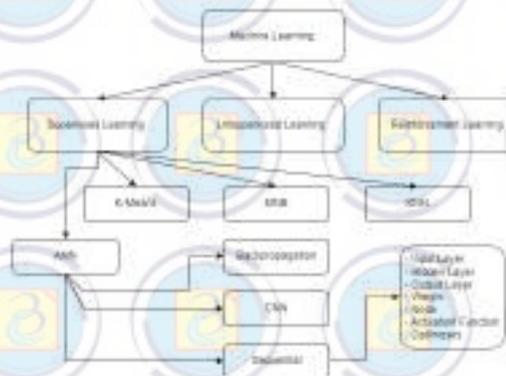
interaksi antara sistem cuaca, atau perubahan dalam pola aliran jet stream. Perubahan cuaca dapat berlangsung secara singkat dan seringkali sulit diprediksi secara akurat dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang [5].

B. Iradiasi Matahari

Iradiasi matahari adalah salah satu komponen cuaca yang memiliki banyak kegunaan. Aplikasi dalam bidang pertanian, meteorologi, dan pemanfaatan energi surya. Dalam konteks energi surya, iradiasi digunakan untuk memprediksi potensi energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik melalui teknologi panel surya [4].

C. Machine Learning

Machine Learning (Pembelajaran Mesin) adalah cabang ilmu komputer yang fokus pada pengembangan algoritma dan model yang memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data dan pengalaman tanpa harus secara eksplisit diprogram [6]. Tujuan utama dari machine learning adalah untuk memungkinkan komputer mengidentifikasi pola, membuat prediksi, atau mengambil keputusan berdasarkan data yang diberikan, tanpa perlu pemrograman manual yang mendalam untuk setiap tugas spesifik. Jenis *Machine Learning* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Artificial Neural Network* [7].



Gambar 1. Machine Learning dan Jenisnya

D. Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) adalah salah satu jenis dari *Supervised Learning*. Sebuah model matematika yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi jaringan saraf biologis dalam otak manusia. ANN terdiri dari neuron-neuron buatan yang saling terhubung dan membentuk lapisan-lapisan [8].

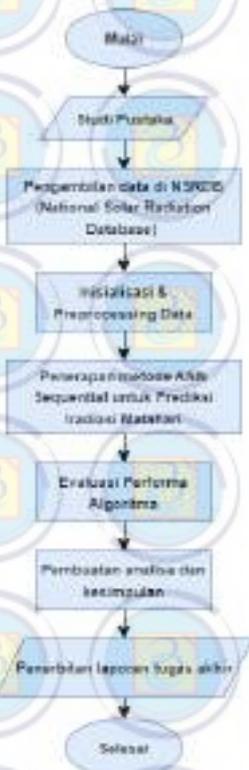
E. Parameter Performa

Untuk mengevaluasi kinerja model prediksi *Sequential Artificial Neural Network*, dilakukan pengujian model dengan menggunakan beberapa parameter performa model untuk mengukur tingkat akurasi dari hasil prediksi yang didapat. Beberapa metrik evaluasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Root*

Mean Squared Error (RMSE) dan Mean Squared Error (MSE) [9].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Penelitian dimulai dari studi pustaka, pengambilan dan pengolahan data, pembuatan program prediksi dengan penerapan ANN, pengujian dan evaluasi program, serta pembuatan analisa dan kesimpulan yang bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

A. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data iradiasi matahari (*Global Horizontal Irradiance* dan *Direct Horizontal Irradiance*) dan temperatur udara (*Temperature*) di lokasi penelitian yaitu Universitas Budi Luhur. Sumber data berasal dari *National Renewable Energy Laboratory* yang diakses melalui (<https://nsrdb.nrel.gov/>) dengan memasukkan titik koordinat lintang (-6,234087) dan bujur (106,747341) maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.



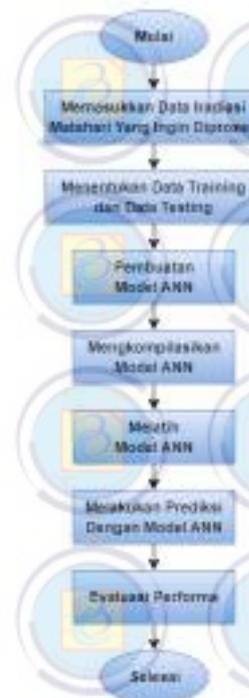
Gambar 3. Lokasi Pengambilan Data
Seperti yang ditunjukkan Gambar 3, data yang

diambil berlokasi di gedung unit 7 Universitas Budi Luhur. Data yang diunduh melalui laman resmi *National Renewable Energy Laboratory* berisi data iradiasi matahari dan temperatur yang diambil pada tahun 2016 – 2020. Data tersebut diukur setiap satu jam sekali mulai pukul 00.00 – 23.00. Namun, data yang akan digunakan pada penelitian ini hanya data yang diukur pada pukul 06.00 – 18.00.

Data yang sudah diambil akan menjadi data masukan dalam pengujian algoritma ANN untuk memprediksi iradiasi matahari yang dilakukan dengan tiga variabel *output* yang berbeda yaitu *Global Horizontal Irradiance* (GHI), *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI), dan *Direct Normal Irradiance* (DNI). Ketiga variabel tersebut adalah jenis iradiasi matahari sesuai dengan arah datang sinarnya. Pengujian akan dilakukan dengan tiga skenario komposisi perbandingan data train dan data test yang berbeda yaitu komposisi (80%:20%), (75%:25%), dan (66%:34%).

B. Diagram Alir Program

Diagram alir program prediksi yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Program

Berdasarkan pada Gambar 4, maka alur diagram alir sistem yang dijalankan pada program yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

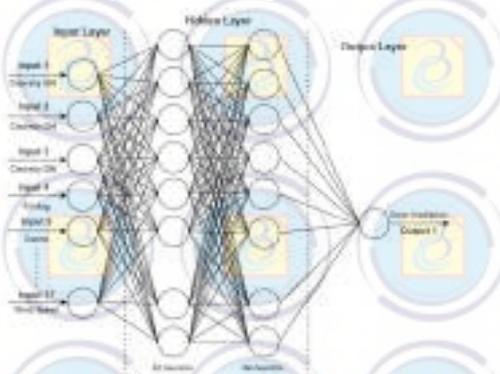
1. Mulai
Pada tahap ini program dimulai dengan mendeklarasikan pustaka-pustaka yang dibutuhkan dalam program.
2. Memasukkan Data Iradiasi Matahari Yang Ingin Diproses.
Pada tahap ini, dilakukan proses memasukkan data yang sudah diunduh kemudian diolah

menjadi data yang sesuai dengan pengukuran pada waktu yang ditentukan yaitu pukul 06.00-18.00.

3. Menentukan Data Training dan Data Testing
Setelah data sudah selesai diolah, pada tahap ini dilakukan pemisahan data untuk menentukan data training dan data testing.
4. Pembuatan Model ANN
Pada tahap ini dilakukan pembuatan model ANN tipe Sequential
5. Mengkompilasikan Model ANN
Setelah model dibuat, data akan dikompilasi dengan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) dan pengoptimal *Adaptive Moment Estimation* (ADAM).
6. Melatih Model ANN
Setelah model sudah dikompilasi, tahap selanjutnya dilakukan pelatihan model menggunakan data yang sudah ditentukan.
7. Melakukan Prediksi Dengan Model ANN
Setelah model selesai dilatih, maka dilakukan prediksi nilai iradiasi matahari menggunakan model ANN yang sudah matang.
8. Evaluasi Performa
Tahap selanjutnya, hasil prediksi yang didapat akan dievaluasi menggunakan metrik-metrik yang sudah ditentukan (MAE, MAPE, RMSE, dan MSE).
9. Selesai
Setelah semua tahapan selesai, maka akan didapat data prediksi iradiasi matahari dan nilai performa dari algoritma yang dijalankan yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

C. Model Algoritma ANN

Model Algoritma yang digunakan adalah tipe Sequential yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Arsitektur Sequential Neural Network

Berdasarkan pada Gambar 5. Algoritma Sequential Artificial Neural Network yang dirancang pada program penelitian ini terdiri dari *Input Layer*, *Hidden Layer*, dan *Output Layer*.

1. Input Layer

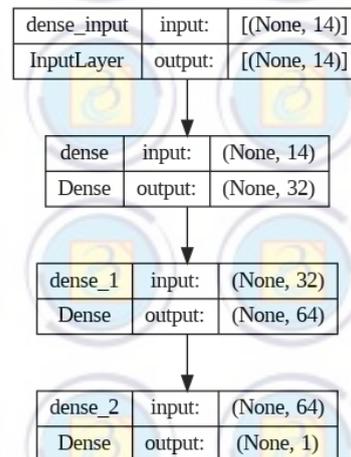
Lapisan ini terdiri dari 17 data masukan berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Input Layer

No.	Data	Keterangan
1	Input 1	Clearsky GHI
2	Input 2	Clearsky DHI
3	Input 3	Clearsky DNI
4	Input 4	Cloud type
5	Input 5	Fill flag
6	Input 6	Ozone
7	Input 7	Solar zenith angle
8	Input 8	Precipitable water
9	Input 9	Temperature
10	Input 10	Dew point
11	Input 11	DHI
12	Input 12	DNI
13	Input 13	Relative humidity
14	Input 14	Surface albedo
15	Input 15	Pressure
16	Input 16	Wind direction
17	Input 17	Wind speed

2. Hidden Layer

Pada lapisan ini terdapat fungsi yang dijalankan untuk mengolah data masukan pada *input layer*.



Gambar 6. Empat Lapisan Sequential ANN

Jika dilihat pada Gambar 6, model ANN terdiri dari 4 lapisan. 1 lapisan masukan, 2 lapisan tersembunyi, dan 1 lapisan keluaran. Pada lapisan tersembunyi seluruh neuron diaktifkan menggunakan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU).

3. Output Layer

Lapisan ini berisi hasil dari pengolahan data masukan oleh fungsi yang dijalankan pada program. Hasil yang didapat berupa data prediksi nilai Iradiasi Matahari tahun 2020.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dilakukan pembahasan pengujian alat dan analisa dari program yang dibuat. Pengujian program terdiri dari pengujian inialisasi dan prapemrosesan data, pemisahan data, dan pengujian algoritma prediksi.

A. Pengujian Inialisasi dan Prapemrosesan Data

Pada pengujian ini data yang sudah diunduh pada tautan yang dicantumkan pada program, data yang diunduh diolah agar sesuai dengan waktu pengukuran yang ditentukan. Proses hasil pengolahan data yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.

Source	Location ID	City	Status	Country	Latitude	Longitude
NSRDB	2599433	Jakarta Raya	Indonesia	-6.24	106.75	
Year	Month	Day	Hour	Minute	Cloudy Dst	Cloudy Dst
2020	1	1	0	0	0	0
2020	1	1	1	0	0	0
2020	1	1	2	0	0	0
2020	1	1	3	0	0	0
2020	1	1	4	0	0	0
2020	1	1	5	0	0	0
2020	1	1	6	0	0	0
2020	1	1	7	0	117	348
2020	1	1	8	0	171	548
2020	1	1	9	0	183	670
2020	1	1	10	0	225	724
2020	1	1	11	0	236	750
2020	1	1	12	0	237	782
2020	1	1	13	0	200	775
2020	1	1	14	0	285	825
2020	1	1	15	0	181	830

Gambar 7. Tampilan data utuh yang diunduh

Pada Gambar 7 terlihat tampilan data utuh yang belum diolah. Kemudian pada gambar 4.2 terlihat bagian kolom sudah berubah.

Year	Month	Day	Hour	Minute	Cloudy Dst	Cloudy Dst	Cloudy Dst
2020	1	1	7	0	23	511	30
2020	1	1	8	0	117	348	107
2020	1	1	9	0	171	548	433
2020	1	1	10	0	183	670	689
2020	1	1	11	0	221	734	831
2020	1	1	12	0	236	750	100
2020	1	1	13	0	227	762	906
2020	1	1	14	0	200	775	500
2020	1	1	15	0	285	825	822
2020	1	1	16	0	181	830	646
2020	1	1	17	0	148	511	431
2020	1	1	18	0	97	378	197
2020	1	1	19	0	13	18	14
2020	1	2	0	0	21	58	25
2020	1	2	7	0	114	364	220
2020	1	2	8	0	187	518	180
2020	1	2	9	0	136	385	676
2020	1	2	18	0	223	759	504
2020	1	2	13	0	223	776	888
2020	1	2	13	0	256	759	983
2020	1	2	13	0	226	767	594
2020	1	2	14	0	213	738	821

Gambar 8. Tampilan data dengan kolom yang sudah diubah

Pada Gambar 8 data yang terlihat berjumlah 8778 data, sedangkan pada Gambar 9 data sudah diolah sehingga hanya tersisa data pada waktu pengukuran pukul 06.00-18.00.

Cloudy Dst	Cloudy Dst	Cloudy Dst	Cloud Type	FBI Flag	Glaze	Solar Zenith Angle	Precipitable Water
23	511	30	0	1	0.268	88.56	0
117	348	238	0	1	0.245	72.85	6.2
171	548	433	0	1	0.242	55.99	6.1
183	670	689	7	0	0.241	48.34	6.1
221	734	831	7	0	0.24	32.81	6.1
236	750	906	7	0	0.238	15.57	6
227	762	976	5	1	0.241	18.82	5.8
200	775	935	7	0	0.242	32.76	5.9
285	825	932	6	1	0.243	48.09	5.8
181	830	646	5	1	0.244	47.24	5.8
148	511	431	0	1	0.245	69.81	5.8
97	378	197	0	1	0.248	74.58	5.8
13	18	14	0	1	0.247	88.12	5.6
21	58	25	0	1	0.245	86.57	6
114	364	220	0	1	0.248	72.54	5.5
187	518	180	0	1	0.246	53.05	5.9
136	385	676	0	1	0.248	43.81	5.8
223	759	504	5	0	0.248	32.87	5.8
223	776	888	5	0	0.247	15.58	5.8
213	738	821	5	0	0.248	18.74	5.7

Gambar 9. Tampilan data hasil preprocessing

Pada Gambar 9 terlihat data hasil pengujian sudah siap menjadi data masukan pada program.

B. Skenario Pengujian Algoritma ANN

Pengujian algoritma ANN untuk prediksi iradiasi matahari dilakukan dengan tiga variabel *output* yang berbeda yaitu *Global Horizontal Irradiance* (GHI), *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI), dan *Direct Normal Irradiance* (DNI). Ketiga variabel tersebut adalah jenis iradiasi matahari sesuai dengan arah datang sinarnya. Pengujian akan dilakukan dengan tiga skenario komposisi perbandingan data train dan data test yang berbeda yaitu komposisi (80%:20%), (75%:25%), dan (66%:34%).

C. Pengujian Program Pemisahan Data

Pada pengujian ini data masukan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *train* dan data *test*. Data dipisah dengan variasi komposisi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Data Train dan Test

No	Data Training		
	Periode Tahun	Jumlah Data	Persentase
1	2016-2019	18993	80%
2	2017-2019	14235	75%
3	2018-2019	9490	66%
No	Data Testing		
	Periode Tahun	Jumlah Data	Persentase
1	2020	4758	20%
2	2020	4758	25%
3	2020	4758	34%

D. Pengujian Algoritma Prediksi

Setelah data latih dan data uji sudah siap, maka dilakukan pengujian model ANN dengan komposisi data latih dan uji (80%:20%) untuk memprediksi nilai iradiasi matahari dengan nilai akurasi terbaik. Perbandingan antara nilai aktual dan hasil prediksi iradiasi matahari (GHI, DHI) pada tanggal 1 Januari 2020 mulai dari pukul 06.00 – 18.00 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Irradiasi Aktual dan Hasil Prediksi (80%:20%)

Jam	Nilai GHI Aktual (W/m ²)	Nilai GHI Hasil Prediksi (W/m ²)	Nilai DHI Aktual (W/m ²)	Nilai DHI Hasil Prediksi (W/m ²)
06.00	21,00	21,91	21,00	23,04
07.00	11,00	11,17	11,00	12,22
08.00	24,00	24,54	24,00	25,42
09.00	44,00	45,25	44,00	45,23
10.00	225,00	226,36	218,00	217,98
11.00	448,00	447,75	411,00	411,61
12.00	450,00	450,65	416,00	416,06
13.00	432,00	433,01	399,00	399,05
14.00	255,00	255,25	245,00	246,07
15.00	303,00	304,36	280,00	279,36
16.00	260,00	260,59	215,00	214,33
17.00	45,00	45,81	45,00	46,38
18.00	5,00	6,80	5,00	7,12

Jika dilihat pada Tabel 3, untuk hasil prediksi nilai GHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 07.00 sebesar 0,17 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 18.00 sebesar 1,80 W/m². Lalu untuk hasil prediksi nilai DHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 10.00 sebesar 0,02 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 07.00 sebesar 2,22 W/m².

Kemudian, pada skenario kedua dilakukan pengujian model ANN dengan komposisi data latih dan uji (75:25) untuk memprediksi nilai irradiasi matahari. Perbandingan antara nilai aktual dan hasil prediksi irradiasi matahari (GHI, DHI) pada tanggal 1 Januari 2020 mulai dari pukul 06.00 – 18.00 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Irradiasi Aktual dan Hasil Prediksi (75%:25%)

Jam	Nilai GHI Aktual (W/m ²)	Nilai GHI Hasil Prediksi (W/m ²)	Nilai DHI Aktual (W/m ²)	Nilai DHI Hasil Prediksi (W/m ²)
06.00	448,00	450,72	411,00	409,39
07.00	450,00	453,49	416,00	414,02
08.00	432,00	435,53	399,00	397,18
09.00	255,00	255,97	245,00	243,99
10.00	303,00	306,81	280,00	279,03
11.00	260,00	263,46	215,00	215,51
12.00	45,00	47,85	45,00	45,44
13.00	5,00	6,40	5,00	6,03
14.00	255,00	255,25	245,00	246,07
15.00	303,00	304,36	280,00	279,36
16.00	260,00	260,59	215,00	214,33

Jam	Nilai GHI Aktual (W/m ²)	Nilai GHI Hasil Prediksi (W/m ²)	Nilai DHI Aktual (W/m ²)	Nilai DHI Hasil Prediksi (W/m ²)
17.00	45,00	45,81	45,00	46,38
18.00	5,00	6,80	5,00	7,12

Jika dilihat pada Tabel 4, hasil prediksi untuk nilai GHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 14.00 sebesar 0,97 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 15.00 sebesar 3,81 W/m². Lalu, untuk hasil prediksi nilai DHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 17.00 sebesar 0,44 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 12.00 sebesar 2,98 W/m².

Terakhir, pada skenario ketiga dilakukan pengujian model ANN dengan komposisi data latih dan uji (66%:34%) untuk memprediksi nilai irradiasi matahari. Perbandingan antara nilai aktual dan hasil prediksi irradiasi matahari (GHI, DHI, DNI) pada tanggal 1 Januari 2020 mulai dari pukul 06.00 – 18.00 yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Irradiasi Aktual dan Hasil Prediksi (66%:34%)

Jam	Nilai GHI Aktual (W/m ²)	Nilai GHI Hasil Prediksi (W/m ²)	Nilai DHI Aktual (W/m ²)	Nilai DHI Hasil Prediksi (W/m ²)
06.00	21,00	14,82	21,00	24,25
07.00	11,00	7,49	11,00	13,17
08.00	24,00	21,35	24,00	24,07
09.00	44,00	42,03	44,00	44,06
10.00	225,00	225,64	218,00	217,72
11.00	448,00	450,25	411,00	412,26
12.00	450,00	452,68	416,00	416,44
13.00	432,00	435,50	399,00	399,61
14.00	255,00	254,90	245,00	245,67
15.00	303,00	300,73	280,00	280,51
16.00	260,00	258,17	215,00	216,31
17.00	45,00	39,82	45,00	48,85
18.00	5,00	0,25	5,00	9,01

Jika dilihat pada Tabel 5, hasil prediksi nilai GHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 14.00 sebesar 0,10 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 06.00 sebesar 6,28 W/m². Lalu, untuk hasil Prediksi DHI, nilai kesalahan terkecil adalah pada prediksi pukul 09.00 sebesar 0,06 W/m² dan nilai kesalahan terbesar adalah pada prediksi pukul 18.00 sebesar 4,01 W/m².

E. Evaluasi Algoritma Prediksi

Setelah didapat hasil prediksi daya keluaran,

dilakukan pengujian program evaluasi algoritma untuk mendapatkan nilai akurasi terbaik dari hasil prediksi yang didapat. Hasil pengujian program evaluasi dengan metrik dapat dilihat pada Tabel 3, 4, dan 5.

Tabel 6. Performa Sequential ANN Untuk Prediksi GHI

No	Parameter	Komposisi Data Train : Data Test		
		(80%: 20%)	(75%: 25%)	(66%: 34%)
1	Mean Absolute Error (MAE)	0,0029	0,0068	0,0082
2	Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	2,3289	3,7562	3,0648
3	Root Mean Squared Error (RMSE)	0,0038	0,0080	0,0099
4	Mean Squared Error (MSE)	0,0101	0,0436	0,0661

Tabel 7. Performa Sequential ANN Untuk Prediksi DHI

No	Parameter	Komposisi Data Train : Data Test		
		(80%: 20%)	(75%: 25%)	(66%: 34%)
1	Mean Absolute Error (MAE)	0,0080	0,0090	0,0082
2	Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	3,0682	4,1268	4,7078
3	Root Mean Squared Error (RMSE)	0,0102	0,0110	0,0104
4	Mean Squared Error (MSE)	0,0001	0,0001	0,0001

Tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa hasil kinerja dari algoritma *Sequential Artificial Neural Network* sudah sangat baik dan dari ketiga variasi komposisi yang diujikan, hasil kinerja terbaik adalah pada saat komposisi perbandingan data *train* dan data *test* (80%:20%) karena mendapat nilai *error* paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah data *train* yang disiapkan, maka akan semakin akurat prediksi yang dihasilkan.

V. KESIMPULAN

1. Model Algoritma *Sequential ANN* yang dirancang terdiri dari 4 lapisan. 1 lapisan masukan, 2 lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) dan pengoptimal *Adaptive Moment Estimation* (ADAM) yang terdiri dari (32, 64) neuron dan 1 lapisan keluaran yang dilatih dengan jumlah iterasi 150 *epoch*. Kemudian, model ANN

dievaluasi dengan parameter *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *Mean Squared Error* (MSE).

2. Pada pengujian model ANN dengan komposisi data *train* dan data *test* (80%:20%) hasil prediksi dengan akurasi terbaik adalah saat memprediksi nilai GHI dengan nilai error terkecil untuk parameter MAE sebesar 0.0029, MAPE sebesar 2.3289%, dan RMSE sebesar 0.0038. Sedangkan hasil prediksi nilai DHI mendapat nilai MSE terkecil sebesar 0.0001.
3. Pada pengujian model ANN dengan komposisi data *train* dan data *test* (75%:25%) hasil prediksi dengan akurasi terbaik adalah saat memprediksi nilai GHI dengan nilai error terkecil untuk parameter MAE sebesar 0.0068, MAPE sebesar 3.7562%, dan RMSE sebesar 0.0080. Sedangkan hasil prediksi nilai DHI mendapat nilai MSE terkecil sebesar 0.0001.
4. Pada pengujian model ANN dengan komposisi data *train* dan data *test* (66%:34%) hasil prediksi dengan akurasi terbaik adalah saat memprediksi nilai GHI dengan nilai error terkecil untuk parameter MAE sebesar 0.0082, MAPE sebesar 3.0648%, dan RMSE sebesar 0.0099. Sedangkan hasil prediksi nilai DHI mendapat nilai MSE terkecil sebesar 0.0001.
5. Dari ketiga variasi komposisi pengujian model ANN, hasil prediksi dengan akurasi terbaik adalah pada saat pengujian model ANN dengan komposisi data *train* dan data *test* (80%:20%) dengan nilai error terkecil untuk parameter MAE sebesar 0.0029, MAPE sebesar 2.3289%, dan RMSE sebesar 0.0038.

REFERENSI

- [1] Harmini and T. Nurhayati, "PREDIKSI POWER SOLAR ENERGY MELALUI SOLAR PHOTOVOLTAIC (SPV) MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK – RADIAL BASIC FUNCTION (ANN-RBF)," *SIMETRIS*, vol. 12, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- [2] S. Sidda, "A Review on Artificial Intelligence Techniques in Electrical Drives Neural Networks , Fuzzy logic , and Genetic Algorithm," *Int. Conf. Smart Technol. dor Smart Nation*, no. January, 2018.
- [3] A. El Kounni, H. Radoine, H. Mastouri, and H. Bahi, "Solar Power Output Forecasting Using Artificial Neural Network," 2021.
- [4] N. Yanti, E. P. Cynthia, Y. Vitriani, and G. Azmi, "Prediksi Radiasi Matahari Dengan Penerapan Metode Elman Recurrent Neural Network," no. November, pp. 22–29, 2019.
- [5] A. Prastawa and R. Dalimi, "Parameter Cuaca Sebagai Prediktor Model Prediksi Potensi Energi Surya Di Wilayah Indonesia," *J. Energi dan Lingkung.*, vol. 10, no. 1, pp. 55–62, 2014.
- [6] N. Schrawat, S. Vashisht, and A. Singh, "Solar

irradiance forecasting models using machine learning techniques and digital twin : A case study with comparison,” *Int. J. Intell. Networks*, vol. 4, no. November 2022, pp. 90–102, 2023.

- [7] P. Singla, M. Duhan, and S. Saroha, *A comprehensive review and analysis of solar forecasting techniques*. 2021.
- [8] O. Nkuriyingoma, “Solar power plant generation forecasting using NARX neural network model : A case study,” *Int. J. Energy Appl. Technol.*, vol. 80–92, no. December, 2021.
- [9] L. Mahendra, J. Maknunah, B. Herwono, Y. Anggraini, and K. Nisa, “PREDIKSI DAYA KELUARAN PV BERBASIS JARINGAN SARAF TIRUAN PADA PUSAT PERBELANJAAN TANGERANG,” *4th Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. (CIASTECH 2021)*, no. 4, pp. 335–342, 2021.