



**SKRIPSI**

**PREDIKSI DAYA OUTPUT PANEL SURYA  
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF  
TIRUAN (ANN) BERBASIS DATA CUACA  
LOKAL (STUDI KASUS DI GEDUNG LAB  
TERPADU UM SURABAYA)**

**AHMAD ZAIDAN AL-KARIM ROMADHONI**

**NIM. 20221330018**

**DOSEN PEMBIMBING:**

**MUHAMAD AMIRUL HAQ S.T., M.SC., PH.D**

**WINARNO S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

**2026**



## **SKRIPSI**

**PREDIKSI DAYA OUTPUT PANEL SURYA  
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF  
TIRUAN(ANN) BERBASIS DATA CUACA  
LOKAL(STUDI KASUS DI GEDUNG LAB  
TERPADU UMSURABAYA)**

**AHMAD ZAIDAN AL-KARIM ROMADHONI**

**NIM. 20221330018**

**DOSEN PEMBIMBING:**

**MUHAMAD AMIRUL HAQ S.T., M.SC., PH.D**

**WINARNO S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

**2026**

## LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

### **PREDIKSI DAYA OUTPUT PANEL SURYA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN (ANN) BERBASIS DATA CUACA LOKAL (STUDI KASUS DI GEDUNG LAB TERPADU UMSURABAYA)**

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Ahmad Zaidan Al-Karim Romadhoni  
NIM. 20221330018

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing :

1. Muhamad Amirul Haq S.T., M.Sc., Ph.D
2. Winarno S.T., M.T.



## LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

### **PREDIKSI DAYA OUTPUT PANEL SURYA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN (ANN) BERBASIS DATA CUACA LOKAL (STUDI KASUS DI GEDUNG LAB TERPADU UMSURABAYA)**

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Ahmad Zaidan Al-karim Romadhoni  
NIM. 20221330018

Disetujui Oleh:

Dosen Penguji :

1. Muhamad Amirul Haq S.T., M.Sc., Ph.D

()

2. Triuli Novianti, ST., MT.

()

3. Winarno, S.T., M.T.

()

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PREDIKSI DAYA OUTPUT PANEL SURYA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN (ANN) BERBASIS DATA CUACA LOKAL (STUDI KASUS DI GEDUNG LAB TERPADU UMSURABAYA)

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Ahmad Zaidan Al-Karim Romadhoni  
NIM. 20221330018

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vippy Dhamawati, M. Ars.  
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui Oleh,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.  
NIDN. 001.606.8101

## PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ahmad Zaidan Al-karim Romadhoni

NIM 20221330018

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 13 Juli 2026  
Yang membuat pernyataan



(Ahmad Zaidan Al-Karim R)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kata pertama yang dapat peneliti ucapkan atas ungkapan rasa syukur peneliti kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat, karunia, taufik serta hidayah-Nya sehingga pada kesempatan ini peneliti dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Prediksi Daya Output Panel Surya Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) Berbasis Data Cuaca Lokal (Studi Kasus di Lab Terpadu UMSURABAYA)”

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademis program Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Surabaya. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat di perlukan agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang mendukung terselesaikannya laporan skripsi ini baik secara moril serta materi. Karena tanpa adanya dukungan tersebut, peneliti tidak akan sampai menyelesaikan laporan skripsi ini

Untuk itu peneliti menyampaikan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan laporan skripsi.
4. Bapak Muhamad Amirul Haq S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing utama yang telah menyetujui dan memberikan bimbingan dalam melakukan penelitian maupun penulisan laporan skripsi sehingga

dapat selesai tepat waktu. Spesial dari peneliti juga ucapkan terimakasih atas dedikasi beliau yang selalu sabar, terkenal cerdas, memberikan penjelasan secara bertahap sehingga mudah untuk dipahami dan ketulusan beliau dalam membimbing peneliti. Semoga adik – adik angkatan selanjutnya dapat memanfaatkan ilmu luar biasa yang diperoleh dari beliau dengan baik.

5. Bapak Winarno, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran dan masukan pada penelitian maupun dalam penulisan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu. Spesial peneliti juga ucapkan terimakasih atas dedikasi beliau yang terkenal banyak pengalaman dan cerdas, semoga adik – adik angkatan selanjutnya dapat memanfaatkan ilmu luar biasa yang diperoleh dari beliau dengan baik.
6. Bapak dan ibu Dosen Pengajar serta Staff di lingkungan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang senantiasa memberikan pesan – pesan dan arahan yang menumbuhkan motivasi dalam penyusunan skripsi.
7. Kedua orang tua peneliti yang telah memberikan bantuan moril dan materi, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan penuh kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan tepat waktu. Tanpa ada nya mereka mungkin penelitian ini tidak akan selesai.
8. Teruntuk seorang perempuan yang berinisial SLS mungkin dari awal sampai sekarang masih menemani terima kasih sebesar – besarnya atas bantuan waktu, materi, maupun yang lainnya, untuk memberikan dukungan dari awal penyusunan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu.

9. Sebuah tempat yang menemani peneliti mengerjakan skripsi yaitu Warkop Drinks hingga dapat mengerjakan skripsi dengan lancar dan selesai pada waktunya.
10. Semua pihak yang membantu menyelesaikan skripsi yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi peneliti dan rekan – rekan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, Juli 2026



Ahmad Zaidan Al-Karim R.

## ABSTRAK

Krisis energi fosil dan perubahan iklim mendorong transisi menuju energi terbarukan, salah satunya adalah energi surya. Namun, daya keluaran panel photovoltaic (PV) bersifat fluktuatif karena dipengaruhi oleh variabel cuaca seperti radiasi matahari, suhu modul, dan suhu lingkungan. Penelitian ini mengembangkan model prediksi daya keluaran panel surya menggunakan Artificial Neural Network (ANN) berbasis data cuaca lokal di Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya. Dataset bersumber dari Global Solar Atlas 2025 sebanyak 288 data yang mencakup Global Horizontal Irradiance (GHI), suhu lingkungan, dan suhu modul. Empat variasi arsitektur ANN diuji menggunakan algoritma pelatihan Levenberg-Marquardt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur ANN-3L-32N (tiga hidden layer, 32 neuron) merupakan konfigurasi optimal dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 1,0000 dan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,000863 W pada data pengujian. GHI terbukti berpengaruh positif dominan terhadap daya keluaran, dimana kenaikan GHI dari 0 W/m<sup>2</sup> pada malam hari hingga 916 W/m<sup>2</sup> pada kondisi puncak di bulan September menghasilkan  $P_{max}$  dari 0-78,152 W/m<sup>2</sup>, sedangkan suhu modul berpengaruh negatif terhadap efisiensi konversi melalui koefisien suhu  $\gamma = -0,0045^\circ\text{C}$  sehingga kenaikan  $T_c$  dari 27°C-57,625°C menyebabkan penurunan efisiensi sebesar 14,67% pada kondisi puncak. Validasi pengujian pada kondisi ekstrem menunjukkan bahwa kondisi *irradiasi* puncak (916 W/m<sup>2</sup>). Dan menengah (560 W/m<sup>2</sup>), menghasilkan *deviasi absolut* sebesar 0,0002 W dan selisih relatifnya 0,0002% dan 0,0005%. Berdasarkan hasil tersebut, direkomendasikan penerapan sistem PLTS Rooftop On-Grid tanpa baterai berkapasitas 18 kWp menggunakan 180 unit panel dengan estimasi daya rata-rata harian sebesar 6,20 kW dan produksi energi 27,91 kWh/hari. Rekomendasi operasional meliputi penjadwalan beban pada jam puncak iradiasi, pemeliharaan panel berkala, serta integrasi model ANN ke sistem pemantauan untuk mendukung optimalisasi kinerja PLTS rooftop di lingkungan kampus.

**Kata Kunci:** *Artificial Neural Network (ANN), Global Horizontal Irradiance (GHI), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).*

## ABSTRACT

The fossil energy crisis and climate change have accelerated the transition toward renewable energy, particularly solar energy. However, the output power of photovoltaic (PV) panels is highly variable due to weather-related factors such as solar irradiance, module temperature, and ambient temperature. This study develops a solar panel output power prediction model using an Artificial Neural Network (ANN) based on local weather data collected from the Integrated Laboratory Building of Universitas Muhammadiyah Surabaya. The dataset, obtained from the Global Solar Atlas 2025, consists of 288 data samples, including Global Horizontal Irradiance (GHI), ambient temperature, and module temperature. Four ANN architectures were evaluated using the Levenberg–Marquardt training algorithm. The results indicate that the ANN-3L-32N architecture (three hidden layers with 32 neurons) achieved the best performance, with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 1.0000 and a Root Mean Square Error (RMSE) of 0.000863W on the testing dataset. GHI was found to have the most significant positive influence on output power, where an increase in GHI from 0 W/m<sup>2</sup> at night to 916 W/m<sup>2</sup> under peak conditions in September produced a maximum output power ranging from 0 to 78.152 W/m<sup>2</sup>. In contrast, module temperature negatively affected conversion efficiency through the temperature coefficient ( $\gamma = -0.0045\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ); an increase in module temperature from 27 °C to 57.625 °C resulted in a 14.67% reduction in efficiency under peak operating conditions. Validation under extreme operating conditions showed that peak irradiance (916 W/m<sup>2</sup>) and moderate irradiance (560 W/m<sup>2</sup>) produced absolute deviations of 0.0002 W, with relative errors of 0.0002% and 0.0005%, respectively. Based on these findings, the implementation of an 18 kWp grid-connected rooftop photovoltaic (PV) system without battery storage is recommended, utilizing 180 solar panels with an estimated average daily output power of 6.20 kW and daily energy production of 27.91 kWh. Operational recommendations include scheduling electrical loads during peak irradiance periods, performing regular panel maintenance, and integrating the ANN model into the monitoring system to support the optimization of rooftop PV system performance within the university campus.

**Keywords:** Artificial Neural Network (ANN), Global Horizontal Irradiance (GHI), Solar Power Plant (PLTS).

## DAFTAR ISI

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI .....                                | i    |
| LEMBAR PENGUJI SKRIPSI.....                                    | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....                                 | iii  |
| PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI.....                       | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                                           | v    |
| ABSTRAK .....                                                  | viii |
| ABSTRACT .....                                                 | ix   |
| DAFTAR ISI.....                                                | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....                                             | xv   |
| DAFTAR TABEL .....                                             | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                         | 1    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                       | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                     | 3    |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....                                   | 3    |
| 1.4. Manfaat Penelitian.....                                   | 4    |
| 1.5. Batasan Masalah .....                                     | 4    |
| 1.6. Sistematika Penulisan.....                                | 5    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                    | 6    |
| 2.1. Sistem Panel Surya ( <i>Photovoltaic System</i> ).....    | 6    |
| 2.1.1. Prinsip Dasar Sistem Fotovoltaik .....                  | 6    |
| 2.1.2. Karakteristik I-V dan P-V .....                         | 6    |
| 2.1.3. Faktor yang Mempengaruhi Daya Keluaran PV .....         | 7    |
| 2.1.4. Simulasi Sistem PV .....                                | 7    |
| 2.2. Parameter Cuaca Lokal sebagai Variabel <i>Input</i> ..... | 8    |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.1 Radiasi Matahari ( <i>Irradiance</i> ).....                              | 8         |
| 2.2.2 Suhu Lingkungan dan Suhu Modul.....                                      | 8         |
| <b>2.3. Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network-ANN</i>).....</b> | <b>9</b>  |
| 2.3.1. Konsep Dasar ANN.....                                                   | 9         |
| 2.3.2. Algoritma Backpropagation .....                                         | 11        |
| 2.3.3. Algoritma Optimasi Bobot <i>Levenberg-Marquardt</i> (LM) ....           | 12        |
| 2.3.4. Evaluasi Kinerja ANN.....                                               | 14        |
| <b>2.4. Penelitian Terdahulu.....</b>                                          | <b>15</b> |
| <b>2.5. Kerangka Pemikiran Penelitian.....</b>                                 | <b>18</b> |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                                         | <b>21</b> |
| <b>3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian .....</b>                              | <b>21</b> |
| 3.1.1. Jenis Penelitian: Eksperimen.....                                       | 21        |
| 3.1.2. Pendekatan Penelitian .....                                             | 21        |
| <b>3.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>3.3. Jadwal Penelitian .....</b>                                            | <b>22</b> |
| <b>3.4. Spesifikasi Dataset <i>Global Solar Atlas</i> .....</b>                | <b>22</b> |
| 3.4.1. Sumber Data Cuaca Penelitian .....                                      | 22        |
| 3.4.2. Parameter yang Digunakan .....                                          | 23        |
| <b>3.5. Diagram Alir Metode Penelitian .....</b>                               | <b>26</b> |
| <b>3.6. Perancangan Sistem.....</b>                                            | <b>29</b> |
| 3.6.1. Sistem <i>Input</i> Data.....                                           | 29        |
| 3.6.2. Permodelan Artificial Neural Network (ANN) .....                        | 31        |
| 3.6.3. Pelatihan dan Pengujian <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) .        | 32        |
| 3.6.4. Evaluasi Kinerja Model.....                                             | 33        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                       | <b>36</b> |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.1. Deskripsi Dataset .....</b>                                           | <b>36</b> |
| 4.1.1. Gambaran Umum Data dari <i>Global Solar Atlas</i> (GSA) 2025 .....     | 36        |
| 4.1.2. Statistik Deskriptif Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....     | 37        |
| 4.1.3. Visualisasi Pola Data: Fluktuasi Musiman (Hujan dan Kemarau) .....     | 40        |
| <b>4.2. Hasil <i>Preprocessing</i> Data .....</b>                             | <b>44</b> |
| 4.2.1. Pemeriksaan <i>Missing Values</i> dan Data Anomali .....               | 45        |
| 4.2.2. Kalkulasi Variabel Turunan ( $T_c$ dan $P_{max}$ ) .....               | 46        |
| 4.2.3. Normalisasi <i>Min-Max Scaling</i> .....                               | 48        |
| 4.2.4. Pembagian Dataset <i>Training</i> , Validasi, dan <i>Testing</i> ..... | 54        |
| <b>4.3. Perancangan Arsitektur Model ANN .....</b>                            | <b>58</b> |
| 4.3.1. Arsitektur ANN-2L-32N (2 <i>Hidden Layer</i> , 32 <i>Neuron</i> ) ...  | 59        |
| 4.3.2. Arsitektur ANN-2L-64N (2 <i>Hidden Layer</i> , 64 <i>Neuron</i> ) ...  | 61        |
| 4.3.3. Arsitektur ANN-3L-32N (3 <i>Hidden Layer</i> , 32 <i>Neuron</i> ) ...  | 63        |
| 4.3.4. Arsitektur ANN-3L-64N (3 <i>Hidden Layer</i> , 64 <i>Neuron</i> ) ...  | 64        |
| 4.3.5. Perbandingan Keempat Arsitektur ANN .....                              | 66        |
| <b>4.4. Hasil Pelatihan Model ANN .....</b>                                   | <b>67</b> |
| 4.4.1. Parameter Pelatihan .....                                              | 67        |
| 4.4.2. Proses dan Hasil Pelatihan per Arsitektur .....                        | 67        |
| 4.4.3. Kurva Konvergensi MSE (Training Performance Plot) .....                | 74        |
| <b>4.5. Evaluasi Kinerja Model ANN .....</b>                                  | <b>78</b> |
| 4.5.1. Perbandingan Metrik Evaluasi Keempat Arsitektur .....                  | 78        |
| 4.5.2. Regression Plot (Scatter $R^2$ ) Keempat Arsitektur .....              | 79        |
| 4.5.3. Grafik Perbandingan Daya Aktual dan . Prediksi .....                   | 81        |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.5.4. <i>Error Histogram</i> Keempat Arsitektur .....                           | 84         |
| 4.5.5. Pemilihan Arsitektur Terbaik .....                                        | 87         |
| <b>4.6. Validasi Model Arsitektur Terpilih .....</b>                             | <b>88</b>  |
| 4.6.1. Analisis Residual.....                                                    | 88         |
| 4.6.2. Pengujian pada Kondisi Ekstrem .....                                      | 90         |
| <b>4.7. Pembahasan Hasil Penelitian .....</b>                                    | <b>91</b>  |
| 4.7.1. Pengaruh Kedalaman dan Lebar Jaringan terhadap Akurasi.....               | 91         |
| 4.7.2. <i>Trade-off</i> Akurasi dan Kompleksitas Komputasi .....                 | 93         |
| 4.7.3. Implikasi terhadap Rumusan Masalah Penelitian .....                       | 93         |
| 4.7.4. Rekomendasi Operasional Sistem PLTS <i>Rooftop</i> Lab<br>Terpadu .....   | 94         |
| 4.7.5. Perbandingan dengan Pendekatan ANN-RBF pada Penelitian<br>Terdahulu ..... | 100        |
| 4.7.6. Korelasi Karakteristik GHI dengan Pemilihan Jenis Panel<br>Surya .....    | 101        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                          | <b>103</b> |
| <b>5.1. Kesimpulan.....</b>                                                      | <b>103</b> |
| <b>5.2. Saran .....</b>                                                          | <b>104</b> |
| 5.2.1. Saran untuk Pengembangan Penelitian Lanjutan .....                        | 105        |
| 5.2.2. Saran untuk Implementasi Praktis.....                                     | 105        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                      | <b>107</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                             | <b>110</b> |
| <b>Lampiran 1. Kartu Kendali Bimbingan Skripsi .....</b>                         | <b>110</b> |
| <b>Lampiran 2. Hasil Evaluasi Ujian Skripsi.....</b>                             | <b>111</b> |
| <b>Lampiran 3. Endorsement Letter .....</b>                                      | <b>114</b> |
| <b>Lampiran 4. Surat Keterangan Bebas Pinjam.....</b>                            | <b>115</b> |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Lampiran 5. Bukti Bebas Plagiasi.....</b>        | <b>116</b> |
| <b>Lampiran 6. Dokumentasi Sidang Skripsi .....</b> | <b>122</b> |
| <b>Lampiran 7. Riwayat Hidup Penulis .....</b>      | <b>126</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2. 1</b> Struktur Dasar ANN.....                                                                                                                  | 9  |
| <b>Gambar 2. 2</b> Diagram kerangka pemikiran.....                                                                                                          | 18 |
| <b>Gambar 3. 1</b> Direct normal irradiation.....                                                                                                           | 25 |
| <b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Metode Penelitian .....                                                                                                     | 26 |
| <b>Gambar 3. 3</b> Diagram Blok Sistem Perancangan.....                                                                                                     | 29 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Alur Tahapan Preprocessing Data ANN .....                                                                                                | 44 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Perbandingan 20 Sampel Data Sebelum dan Sesudah<br>Normalisasi Min-Max Scaling .....                                                     | 53 |
| <b>Gambar 4. 3.</b> Grafik Data GHI sebelum dan sesudah dinormalisasi .....                                                                                 | 54 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Distribusi Pembagian Dataset Training, Validasi, dan Testing<br>.....                                                                    | 55 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Visualisasi distribusi data Musim Hujan dan Musim Kemarau<br>pada tiap subset.....                                                       | 56 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Arsitektur ANN Konfigurasi 2L-32N Berbasis Algoritma<br>Levenberg-Marquardt (Aktivasi: tansig-purelin · Pembagian Data: Random)<br>..... | 60 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Arsitektur ANN Konfigurasi 2L-64N Berbasis Algoritma<br>Levenberg-Marquardt .....                                                        | 62 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Arsitektur ANN Konfigurasi 3L-32N Berbasis Algoritma<br>Levenberg-Marquardt .....                                                        | 63 |
| <b>Gambar 4. 9</b> Arsitektur ANN Konfigurasi 3L-64N Berbasis Algoritma<br>Levenberg-Marquardt .....                                                        | 65 |
| <b>Gambar 4. 10</b> Hasil pelatihan MSETraining, MSE Validasi, dan MSE<br>Testing ANN 2L-32N .....                                                          | 69 |
| <b>Gambar 4. 11</b> Hasil pelatihan MSETraining, MSE Validasi, dan MSE<br>Testing ANN 2L-64N .....                                                          | 69 |
| <b>Gambar 4. 12</b> Hasil pelatihan MSETraining, MSE Validasi, dan MSE<br>Testing ANN 3L-32N .....                                                          | 69 |
| <b>Gambar 4. 13</b> Hasil pelatihan MSETraining, MSE Validasi, dan MSE<br>Testing ANN 3L-64N .....                                                          | 69 |
| <b>Gambar 4. 14.</b> Jendela Neural Network Training ANN-2L-32N .....                                                                                       | 70 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Jendela Neural Network Training ANN-2L-64N.....                                                                                         | 71 |

|                     |                                                                                                        |    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 16</b> | Jendela Neural Network Training ANN-3L-32N.....                                                        | 72 |
| <b>Gambar 4. 17</b> | Jendela Neural Network Training ANN-3L-64N.....                                                        | 73 |
| <b>Gambar 4. 18</b> | Kurva Konvergensi MSE ANN-2L-32N .....                                                                 | 74 |
| <b>Gambar 4. 19</b> | Kurva Konvergensi MSE ANN-2L-64N .....                                                                 | 75 |
| <b>Gambar 4. 20</b> | Kurva Konvergensi MSE ANN-3L-32N .....                                                                 | 76 |
| <b>Gambar 4. 21</b> | Kurva Konvergensi MSE ANN-3L-64N .....                                                                 | 77 |
| <b>Gambar 4. 22</b> | <i>Regression Plot</i> ANN-2L-32N.....                                                                 | 79 |
| <b>Gambar 4. 23</b> | <i>Regression Plot</i> ANN-2L-64N .....                                                                | 80 |
| <b>Gambar 4. 24</b> | <i>Regression Plot</i> ANN-3L-32N.....                                                                 | 80 |
| <b>Gambar 4. 25</b> | <i>Regression Plot</i> ANN-3L-64N.....                                                                 | 81 |
| <b>Gambar 4. 26</b> | Perbandingan Daya Aktual dan Prediksi ANN-2L-32N<br>Keseluruhan Dataset (288 Data, Jan–Des 2025) ..... | 83 |
| <b>Gambar 4. 27</b> | Perbandingan Daya Aktual dan Prediksi ANN-2L-64N<br>Keseluruhan Dataset (288 Data, Jan–Des 2025).....  | 82 |
| <b>Gambar 4. 28</b> | Perbandingan Daya Aktual dan Prediksi ANN-3L-32N<br>Keseluruhan Dataset (288 Data, Jan–Des 2025).....  | 83 |
| <b>Gambar 4. 29</b> | Perbandingan Daya Aktual dan Prediksi ANN-3L-64N<br>Keseluruhan Dataset (288 Data, Jan–Des 2025).....  | 83 |
| <b>Gambar 4. 30</b> | Error Histogram ANN-2L-32N.....                                                                        | 85 |
| <b>Gambar 4. 31</b> | Error Histogram ANN-2L-64N.....                                                                        | 85 |
| <b>Gambar 4. 32</b> | Error Histogram ANN-3L-32N.....                                                                        | 86 |
| <b>Gambar 4. 33</b> | Error Histogram ANN-3L-64N.....                                                                        | 86 |
| <b>Gambar 4. 34</b> | Residual Error ANN-3L-32N Keseluruhan Dataset.....                                                     | 89 |
| <b>Gambar 4. 35</b> | Hasil Pengujian Arsitektur Terpilih pada Kondisi Ekstrem<br>Matlab .....                               | 91 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Parameter Modul PV Polycrystalline (Poly-Si) .....                                             | 8  |
| <b>Tabel 2. 2</b> Parameter Konfigurasi Algoritma Pelatihan Levenberg–<br>Marquardt (LM) .....                   | 14 |
| <b>Tabel 2. 3</b> Ringkasan Penelitian Terdahulu.....                                                            | 15 |
| <b>Tabel 3. 1</b> Jadwal Penelitian .....                                                                        | 22 |
| <b>Tabel 3. 2</b> Parameter Dataset GSA .....                                                                    | 24 |
| <b>Tabel 3.3</b> Parameter Arsitektur Model ANN .....                                                            | 32 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Spesifikasi Teknis Dataset Global Solar Atlas (GSA) 2025 .....                                 | 36 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Statistik Deskriptif Variabel Input dan Output .....                                           | 37 |
| <b>Tabel 4. 3.</b> Profil GHI, Suhu, dan Estimasi Daya Keluaran Bulanan .....                                    | 39 |
| <b>Tabel 4. 4.</b> Perbandingan Parameter GHI dan Daya antara Musim Hujan<br>dan Musim Kemarau .....             | 40 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Profil GHI Harian per Jam setiap Bulan ( $W/m^2$ ) .....                                       | 41 |
| <b>Tabel 4. 6.</b> Profil Suhu Lingkungan Bulanan di Lokasi Penelitian ( $^{\circ}C$ ).....                      | 42 |
| <b>Tabel 4. 7.</b> Rentang Nilai untuk Min-Max Normalization Dataset .....                                       | 43 |
| <b>Tabel 4. 8.</b> Hasil Pemeriksaan Kualitas Data (Missing Values dan Anomali)<br>.....                         | 45 |
| <b>Tabel 4. 9.</b> Contoh Kalkulasi Variabel Turunan $T_c$ dan $P_{max}$ pada Tiga<br>Kondisi Representatif..... | 48 |
| <b>Tabel 4. 10.</b> Parameter Batas Min-Max Normalization untuk Setiap<br>Variabel Dataset.....                  | 50 |
| <b>Tabel 4. 11.</b> Perbandingan Statistik Deskriptif Sebelum dan Sesudah<br>Normalisasi Min-Max Scaling .....   | 50 |
| <b>Tabel 4. 12</b> Perbandingan 20 Sampel Data Sebelum dan Sesudah<br>Normalisasi Min-Max Scaling .....          | 51 |
| <b>Tabel 4. 13.</b> Distribusi Pembagian Dataset Training, Validasi, dan Testing<br>.....                        | 55 |
| <b>Tabel 4. 14</b> Peran Masing-Masing Subset Data dalam Pelatihan Model<br>ANN.....                             | 57 |
| <b>Tabel 4. 15</b> Ringkasan Hasil Seluruh Tahapan Preprocessing Data .....                                      | 57 |
| <b>Tabel 4. 16.</b> Ringkasan Empat Variasi Arsitektur ANN yang Dirancang... 59                                  |    |
| <b>Tabel 4. 17</b> Konfigurasi Arsitektur ANN-2L-32N.....                                                        | 60 |

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4. 18.</b> Konfigurasi Arsitektur ANN-2L-64N.....                                                                      | 61  |
| <b>Tabel 4. 19</b> Konfigurasi Arsitektur ANN-3L-32N.....                                                                       | 63  |
| <b>Tabel 4. 20.</b> Konfigurasi Arsitektur ANN-3L-64N.....                                                                      | 64  |
| <b>Tabel 4. 21</b> Perbandingan Komprehensif Empat Arsitektur ANN yang dirancang.....                                           | 66  |
| <b>Tabel 4. 22</b> Parameter pelatihan yang digunakan pada keempat Arsitektur.....                                              | 67  |
| <b>Tabel 4. 23</b> Hasil pelatihan keempat Arsitektur.....                                                                      | 68  |
| <b>Tabel 4. 24</b> Perbandingan Metrik Evaluasi (MSE, RMSE, $R^2$ , MAPE) keempat Arsitektur pada Subset Testing.....           | 78  |
| <b>Tabel 4. 25</b> Ringkasan pemilihan arsitektur optimal .....                                                                 | 87  |
| <b>Tabel 4. 26</b> Hasil Pengujian Arsitektur Terpilih pada Kondisi Ekstrem.....                                                | 90  |
| <b>Tabel 4. 27</b> Analisis Pengaruh Kedalaman (Layer ) dan Lebar (Neuron ) Jaringan terhadap Akurasi.....                      | 92  |
| <b>Tabel 4. 28</b> Klasifikasi Panel Surya Poli-Si Berdasarkan kapasitas Wp.....                                                | 95  |
| <b>Tabel 4. 29</b> Rekomendasi Operasional Sistem PLTS Rooftop Laboratorium Terpadu Berdasarkan Hasil Prediksi ANN-3L-32N ..... | 99  |
| <b>Tabel 4. 30</b> Ringkasan Capaian Penelitian terhadap Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian .....                            | 100 |
| <b>Tabel 4. 31</b> Perbandingan Kinerja Model ANN-3L-32N dengan Studi ANN-RBF dan Backpropagation Terdahulu .....               | 101 |

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohd Zaini, Nur Ellysa Mu'izz, and Ahmad Fateh Mohamad Nor. 2024. "A Comprehensive Review of *Artificial Neural Network* Techniques for Predicting Photovoltaic Output." *International Journal of Computer Engineering in Research Trends* 11(1): 37–42.
- [2] Chuluunsaikhan, Tserenpurev et al. 2021. "Predicting the Power Output of Solar Panels Based on Weather and Air Pollution Features Using Machine Learning." *Journal of Korea Multimedia Society* 24(2):1–11. <https://doi.org/10.9717/kmms.2021.24.2.222>.
- [3] Prisilia, Aini, and Aulia Siti. 2013. "Perancangan Sistem Prediktor Daya Pada Panel Photovoltaic Di Buoy Weather Station." 2(2): 1–5.
- [4] Luki Mahendra, Maknunah, Jauharotul, Karimatun Herwono, Bagiyo Anggraini, Yussi Nisa. 2021. "Prediksi Daya Keluaran Pv Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Pada Pusat Perbelanjaan Tangerang." (Ciastech): 335–42.
- [5] Supratno, Yoga Heri et al. 2021. "PREDIKSI POWER SOLAR ENERGY MELALUI SOLAR FOTOVOLTIK MENGGUNAKAN ANN-RBF." *Journal of Physical Therapy Science* 9(1): 17–23.
- [6] Silalahi, Desri Kristina, Agnes Christy Margareth Rumaepa, Wahmisari Priharti, and Bandiyah Sri Aprillia. 2023. "Forecasting Photovoltaic Output Power Based on Environmental Parameters Using *Artificial Neural Network* Methods." *Journal RESTI* 7(6): 1276–84.
- [7] Astomo, Reynanda Bagus Widyo. 2021. "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 400 WP Di Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya." : 17–26.
- [8] Marion, W et al. 2014. "User ' s Manual for Data for Validating Models for PV Module Performance User's Manual for Data for Validating Models for PV Module Performance." (April).
- [9] Rochmawati, Dwi Robiul. 2024. "Prediksi Cuaca Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Python." *Jurnal Teknologi Komputer dan Informatika* 2(2): 162–71.
- [10] Arifianto, Teguh et al. 2022. "Prediksi Daya Pada Panel Surya Menggunakan Metode Time Series Dan Analisis Regresi Prediction of Power in Solar Panels Using Time Series Methods and Regression Analysis." *Jurnal Ilmiah Intech : Information Technology Journal of UMUS* 4(01): 52–63.

- [11] Info, Site. 2025. "Surabaya - 07.259767°, 112.78966°." : 4–7  
<https://globalsolaratlas.info/detail?c=-7.259882,112.789721,19&m=site&a=112.269287,-7.163575,112.269287,-6.825534,112.574158,-6.825534,112.574158,-7.163575,112.269287,-7.163575&s=-7.259882,112.789721&pv=medium.0,13,100>.
- [12] Bahri, Syamsul, Muhammad Rijal, and Nurul Fitriyani. 2022. "Dynamic Neural Network Model Design for Solar Radiation Forecast." 13(2): 96–104.
- [13] Benganem, M., A. Mellit dan S. N. Alamri, "ANN-based modelling and estimation of daily global solar radiation data: A case study.", *Energy conversion and management*, 50.7: 1644-1655, (2009).
- [14] Alsina, E. F., M. Bortolini, M. Gamberi, dan A. Regattieri, "Artificial neural network optimisation for monthly average daily global solar radiation prediction.", *Energy conversion and management*, 120: 320-329, (2016).
- [15] Mellit, A. dan A. M. Pavan, "A 24-h forecast of solar irradiance using artificial neural network: Application for performance prediction of a grid-connected PV plant at Trieste, Italy.", *Solar Energy*, 84.5: 807-821, (2010).
- [16] Bounoua, Z. dan A. Mechaqrane, "Prediction of daily global horizontal solar irradiation using artificial neural networks and commonly measured meteorological parameters.", *AIP Conference Proceedings*, 2056, 020024 (2018).
- [17] Boussaada, Z., O. Curea, A. Remaci, H. Camblong dan N. Mrabet Bellaaj, "A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation.", *Energies* 11.3: 620, (2018).
- [18] Gueymard, C. A., "A review of validation methodologies and statistical performance indicators for modeled solar radiation data: Towards a better bankability of solar projects.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39: 1024-1034, (2014).
- [19] Li, M. F., X. P. Tang, W. Wu dan H. B. Liu, "General models for estimating daily global solar radiation for different solar radiation zones in mainland China.", *Energy conversion and management*, 70: 139-148, (2013).
- [20] Al-Dahidi, Sameer, Salah Al-Nazer, Osama Ayadi, Shuruq Shawish, and Nahed Omran. 2020. "Analysis of the Effects of Cell

- Temperature on the Predictability of the Solar Photovoltaic Power Production." *International Journal of Energy Economics and Policy* 10(5): 208–219. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9533>.
- [21] Despotovic, M., V. Nedic, D. Despotovic, dan S. Cvetanovic, "Evaluation of empirical models for predicting monthly mean horizontal diffuse solar radiation.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56: 246-260, (2016). .
- [22] Ntsangwane, L., B. Mabasa, V. Sivakumar, N. Zwane, K. Ncongwane, J. Botai, "Quality control of solar radiation data within the South African Weather Service solar radiometric network", *Journal of Energy in Southern Africa*, Volume 30 Number 4, November 2019.
- [23] Singh, Lakhan, Vrij Mohan Vidyarthi, and Monika Bijalwan. 2019. "Power Optimization from PV Panel on the Basis of Temperature and Irradiance Values." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, NCRIETS – 2019 Conference Proceedings, 7(12): 1–7.
- [24] Bounoua, Z., M. Marzouq dan A. Mechaqrane, "Assessment of a quality control procedure of hourly solar irradiations at Fez city, Morocco.", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 161. No. 1. IOP Publishing, (2018).