

## **Identifikasi Gangguan Open Circuit Dan Short Circuit Pada Instalasi Photovoltaic Array Dengan MPPT Berbasis Artificial Neural Network**

**Khalin<sup>1\*</sup>; Sutedjo<sup>1</sup>; Dimas Okky Anggriawan<sup>1</sup>**

1. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Jawa Timur 60111, Indonesia

\*Email: [khalin7777@gmail.com](mailto:khalin7777@gmail.com)

### **Abstract**

*In the field of photovoltaic, the last few years have been very hotly discussed and researched as a new renewable source to produce electricity that cannot be exhausted. In the development effort there must be some problems arising from the existence of a new system. As with open circuit and short circuit interference. Therefore, The Identification of Open Circuit and Short Circuit Interference in Photovoltaic Array Installation with MPPT Based Artificial Neural Network is present to solve the problem. For identification of the location of the disruption is carried out on each photovoltaic string by knowing the voltage and current when there is an open circuit or short circuit interference, as well as the output power of the MPPT is used to determine the type of interference that occurs. Identification of interference using the Artificial Neural Network method with the purpose of this system can find out the location of interference and the type of open circuit or short circuit interference in photovoltaic array installations with MPPT. So that it is easy to know the location of the disturbance that is useful to maximize handling quickly and precisely.*

**Keywords:** Photovoltaic array, open circuit, short circuit, MPPT, Artificial Neural Network

### **Abstrak**

*Dalam bidang photovoltaic, beberapa tahun terakhir sangat hangat menjadi perbincangan dan penelitian sebagai sumber baru terbarukan untuk menghasilkan energi listrik yang tidak bisa habis. Dalam upaya pengembangannya pasti ada beberapa permasalahan yang timbul dari adanya sistem baru. Seperti halnya adanya gangguan open circuit dan short circuit. Maka dari itu, Identifikasi Gangguan Open Circuit dan Short Circuit pada Instalasi Photovoltaic Array dengan MPPT Berbasis Artificial Neural Network hadir untuk menyelesaikan masalah tersebut. Untuk identifikasi lokasi gangguan dilakukan pada setiap string photovoltaic dengan mengetahui tegangan dan arus ketika terjadi gangguan open circuit maupun short circuit, serta daya keluaran dari MPPT digunakan untuk mengetahui jenis gangguan yang terjadi. Identifikasi gangguan menggunakan metode Artificial Neural Network dengan tujuan sistem ini dapat mengetahui lokasi gangguan dan jenis gangguan open circuit atau short circuit pada instalasi photovoltaic array dengan MPPT. Sehingga memudahkan untuk mengetahui lokasi gangguan yang berguna untuk memaksimalkan penanganan secara cepat dan tepat.*

**Kata kunci:** Photovoltaic array, open circuit, short circuit, MPPT, Artificial Neural Network

## 1. PENDAHULUAN

Dalam bidang *photovoltaic*, beberapa tahun terakhir sangat hangat menjadi perbincangan dan penelitian sebagai sumber baru terbarukan untuk menghasilkan energi listrik yang tidak bisa habis. *Photovoltaic* (PV) menjadi topik yang sangat sering di perbincangkan di dunia industri global di karenakan keunggulannya dibandingkan dengan energi bahan bakar fosil yang bisa habis, dengan instalasi yang mudah, efesiensi yang tinggi dan biaya perawatan yang lebih murah [1]. Dalam upaya pengembangannya pasti ada beberapa permasalahan yang timbul dari adanya sistem baru. Saat ini pembangkit yang menggunakan tenaga surya dapat menghasilkan tenaga listrik dalam kapasitas MW, maka dari itu penting untuk melindungi pembangkit listrik *photovoltaic* dari kesalahan dan kegagalan untuk mencegah terjadinya resiko kebakaran serta untuk meningkatkan keandalan dan efesiensi kerja dari pembangkit tenaga surya [2].

Kegagalan yang sering terjadi pada sistem instalasi *photovoltaic array* yaitu *open circuit* dan *short circuit*. Seperti halnya adanya gangguan *open circuit* yang disebabkan oleh tidak terhubungnya sambungan pada instalasi dan *short circuit* yang dapat dihasilkan di dalam atau di luar peralatan sistem, menyebabkan kerusakan peralatan. Sebagian besar gangguan hubung singkat rusak pada isolasi peralatan yang disebabkan oleh sambaran petir, degradasi bahan isolasi karena kenaikan suhu dan sambungan listrik yang tidak disengaja antara dua konduktor melalui benda asing (alat, hewan, cabang pohon) yang terjadi pada sistem instalasi *photovoltaic array* [3][4].

Maka dari itu, Identifikasi Gangguan *Open Circuit* dan *Short Circuit* pada Instalasi *Photovoltaic Array* dengan *MPPT* Berbasis *Artificial Neural Network* dirancang untuk dapat menyelesaikan masalah tersebut. Kurva I-V analisis dalam [5] digunakan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan dari *array PV* yang rusak karena berbagai jenis gangguan, yang tidak dihubungkan di antara *modul/string PV*. Penelitian sebelumnya telah menjelaskan bagaimana tegangan dan arus dapat digunakan untuk identifikasi lokasi dan jenis gangguan disetiap *string* dengan menggunakan beban maksimum [6][7]. Pada jurnal ini identifikasi lokasi gangguan dilakukan pada setiap *string photovoltaic* dengan mengetahui tegangan dan arus ketika terjadi gangguan *open circuit* maupun *short circuit*, serta daya keluaran dari *MPPT* digunakan untuk mengetahui jenis gangguan yang terjadi.

Metode *Artificial Neural Network* telah banyak digunakan untuk diagnosis kesalahan pada sistem *photovoltaic array*, dan terbukti efektif pada penelitian [8]–[12]. Pada jurnal ini identifikasi gangguan juga menggunakan metode *Artificial Neural Network* dengan *input* pembelajaran yang digunakan yaitu tegangan dan arus pada setiap *string* instalasi *photovoltaic array* serta *output* daya *MPPT* dengan tujuan *output* pembelajaran yaitu sistem mampu mengetahui letak gangguan dan jenis gangguan *open circuit* atau *short circuit* pada instalasi *photovoltaic array* dengan *MPPT*. Sehingga memudahkan untuk mengetahui lokasi gangguan pada sistem instalasi *photovoltaic array* dengan *MPPT* yang berguna untuk memaksimalkan penanganan secara cepat dan tepat ketika terjadi gangguan. Dengan dihasilkan daya sebesar 200 Watt digunakan *Buck Converter* sebagai *MPPT* sistem untuk memaksimalkan daya dengan tegangan keluaran sebesar 24 Volt DC untuk *supply* beban resistor. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data menggunakan aplikasi PSIM dan pengolahan data menggunakan Simulink-Matlab.

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

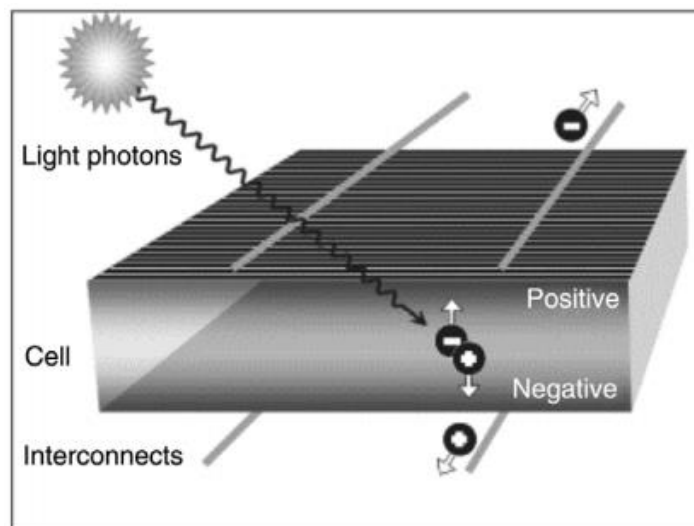
### 2.1. Perencanaan Data Penelitian

Dalam jurnal penelitian ini digunakan spesifikasi modul *photovoltaic* yang dapat dilihat dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Modul *Photovoltaic*

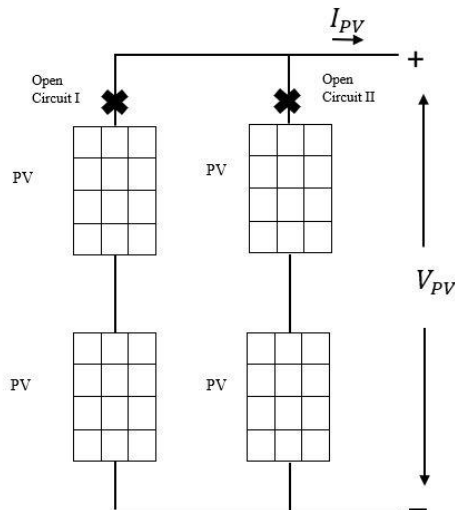
Maximum Power ( $P_{MP}$ )	50 Wp
Voltage at Maximum Power ( $V_{MP}$ )	17.8 V
Current at Maximum Power ( $I_{MP}$ )	2.81 A
Open Circuit Voltage ( $V_{OC}$ )	21,8 V
Short Circuit Voltage ( $I_{SC}$ )	3.03 A

*Photovoltaic* atau sel surya adalah komponen aktif utama dari sistem tenaga surya. Ini dilengkapi oleh subsistem lain untuk mengkondisikan dan mengalirkan energi serta menyimpannya. Sebuah sel surya menghasilkan listrik ketika foton cahaya meneruskan energi ke elektron bermuatan negatif dalam bahan semikonduktornya. Sekarang kita bisa memanfaatkan sinar matahari dengan menggunakan sel surya untuk mengubah energi cahaya menjadi listrik pada Gambar 1. [13][14].

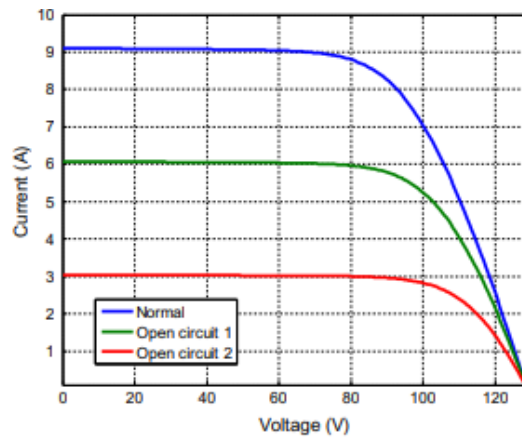


**Gambar 1.** Efek *photovoltaic* pada panel surya

Gangguan *open circuit* pada instalasi *photovoltaic array* biasanya terjadi ketika tidak terhubung sempurna atau tidak terhubungnya kabel pada instalasi *photovoltaic array* atau bisa juga oleh *switch* yang terbuka [15]–[19]. Gangguan dan grafik karakteristik *open circuit* dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

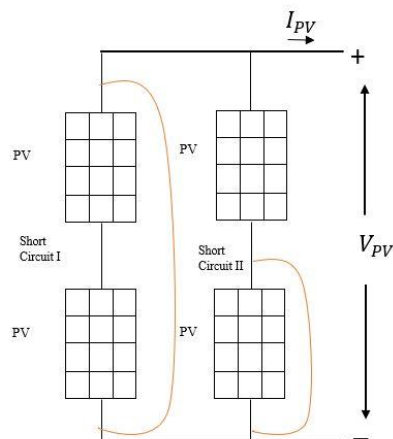


Gambar 2. Gangguan open circuit

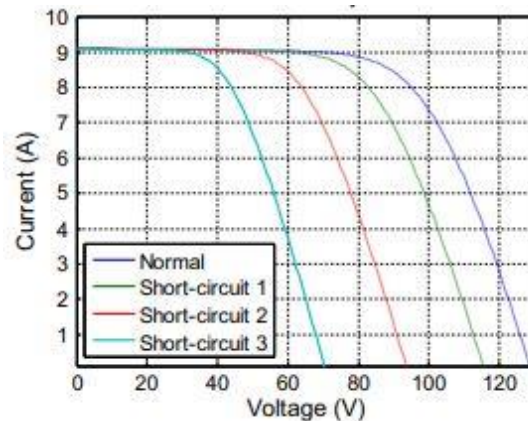


Gambar 3. Kurva I-V pada photovoltaic array ketika terjadi gangguan open circuit

Short circuit dapat terjadi pada instalasi photovoltaic array ketika terhubungnya konduktor dengan polaritas yang berbeda yang di sebabkan oleh benda asing seperti alat, makhluk hidup, dan lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4. [18][20]. Karakteristik kurva I-V ketika gangguan short circuit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Gangguan Short Circuit



**Gambar 6.** Kurva I-V pada *photovoltaic array* ketika terjadi gangguan *short circuit*

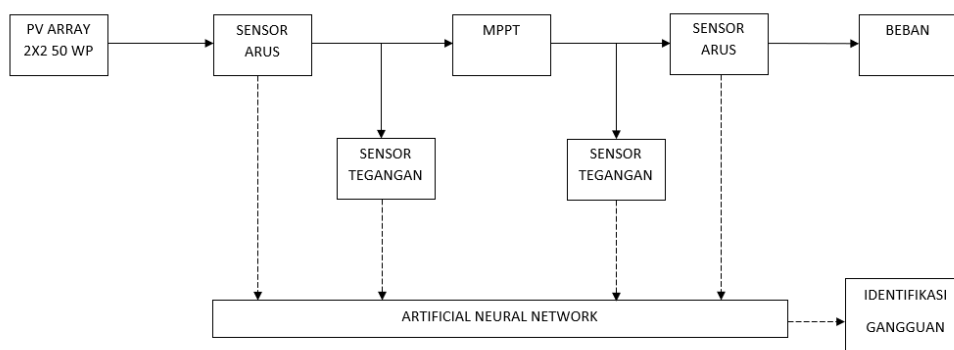
Dalam jurnal penelitian ini digunakan *buck converter* untuk sistem *MPPT* yang menggunakan metode *PnO* dengan spesifikasi dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Spesifikasi *Buck Converter*

Maximum Power	200 W
Voltage Input ( $V_s$ )	24-35.6 V
Current Input ( $I_s$ )	5.6 A
Voltage Output ( $V_o$ )	24 V
Current Output ( $I_o$ )	8.3 A
Beban	2.88 $\Omega$
Ripple Arus	20%
Ripple Tegangan	1%
Induktor	120.027 $\mu$ H
Kapasitor	40.07 $\mu$ F

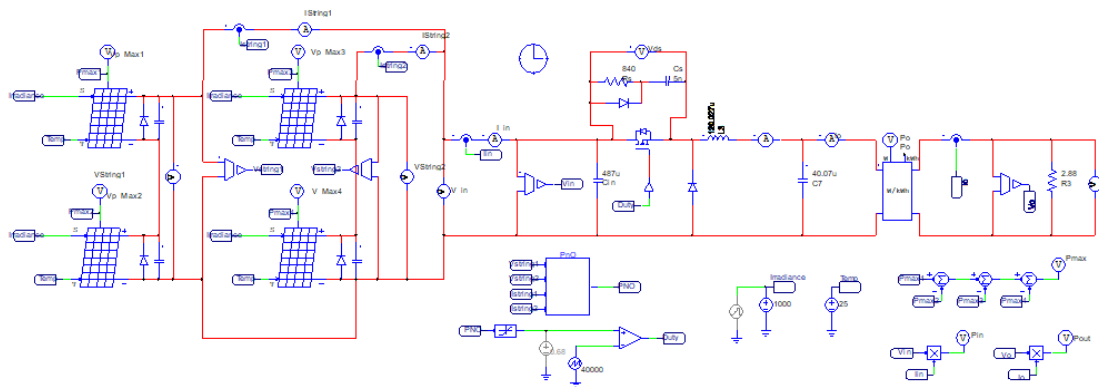
## 2.2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara simulasi pengambilan data ketika terjadi gangguan menggunakan aplikasi PSIM. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Blok diagram system identifikasi

Dari blok diagram diatas dapat disimulasikan pada Gambar 8. Merupakan konfigurasi system untuk gangguan *open circuit* dan *open circuit*.



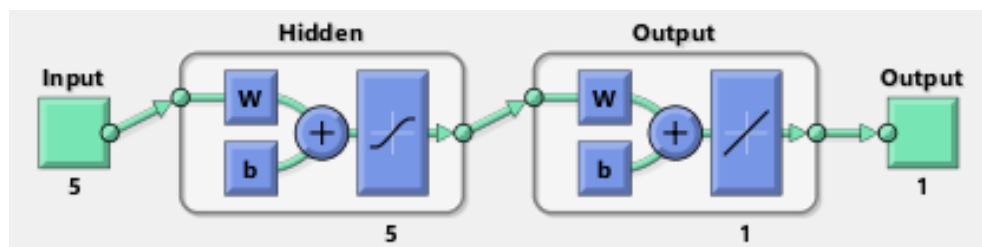
**Gambar 7.** Konfigurasi *photovoltaic array* untuk identifikasi gangguan menggunakan aplikasi PSIM

Pada Gambar 7 dapat dilihat identifikasi dilakukan dengan membaca nilai sensor tegangan dan sensor arus dari setiap *string photovoltaic array* dan *output MPPT*. Pengolahan data dari pembacaan sensor akan dilakukan menggunakan aplikasi Simulink-Matlab dengan *tool Artificial Neural Network*. Target dari identifikasi gangguan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Target identifikasi gangguan

Tanpa Gangguan	1
Gangguan Open Circuit pada String 1	2
Gangguan Open Circuit pada String 2	3
Gangguan Short Circuit pada Salah Satu Modul String 1	4
Gangguan Short Circuit pada Salah Satu Modul String 2	5
Gangguan Short Circuit pada String 1	6
Gangguan Short Circuit pada String 2	7

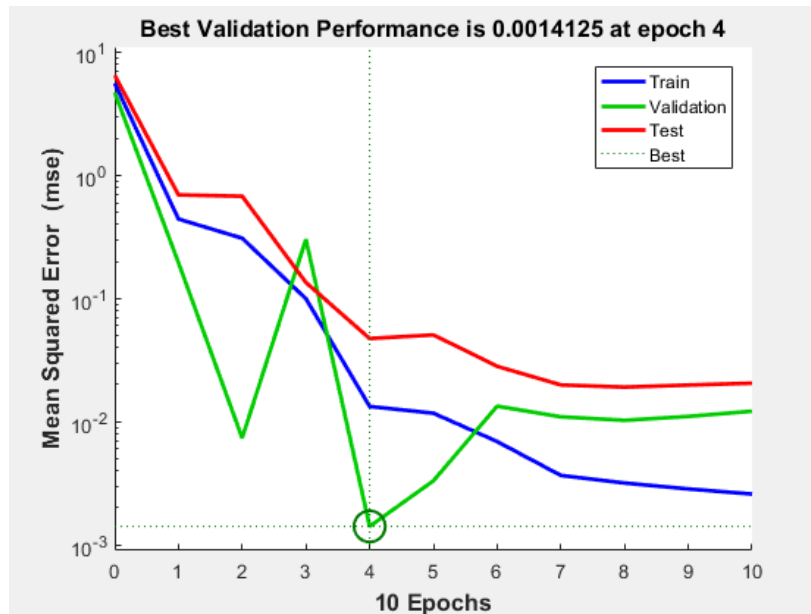
Dari Tabel 3 dan Gambar 7 dapat dilakukan desain ANN dengan menggunakan 5 *input*, 5 *hidden layer*, 1 *output layer* dan 1 *output*. Untuk penentuan dari jumlah *hidden layer* sendiri tidak ada parameter yang pasti. Biasanya dengan menggunakan 1 *hidden layer* saja sudah cukup, tetapi ketika nilai MSE masih terlalu tinggi maka dapat menambah nilai jumlah *hidden layer* yang digunakan.



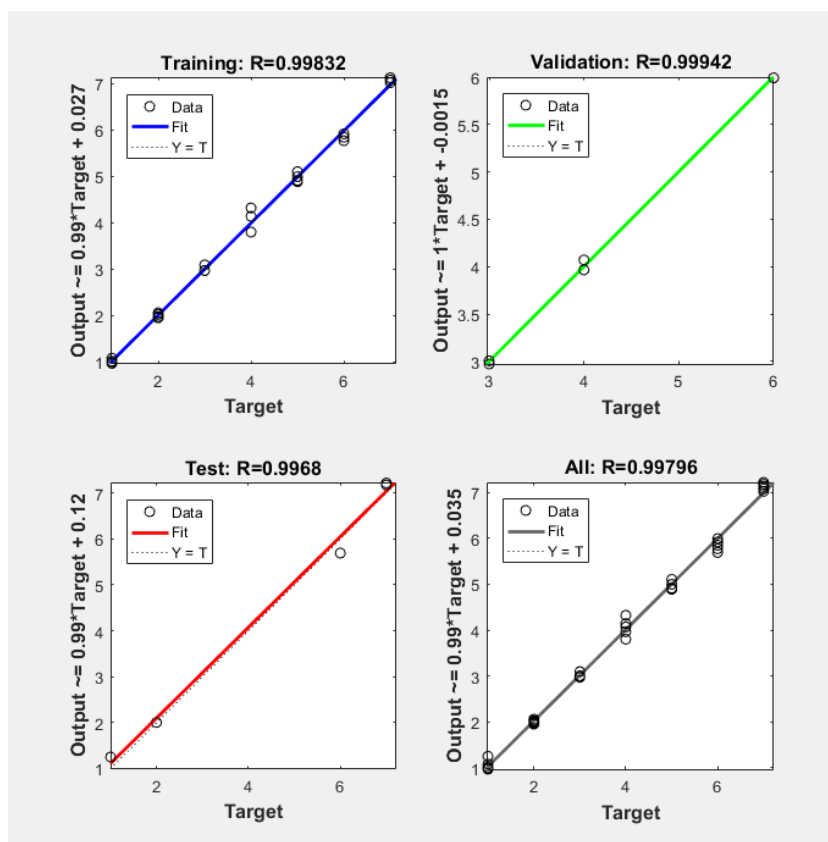
**Gambar 8.** Topologi Artificial Neural Network

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari *training* ANN yang dilakukan melalui Simulink-Matlab kemudian didapatkan nilai MSE (*Mean Square Error*). Nilai MSE ini dihasilkan dengan algoritma *Lavenberg – Marquardt* dengan nilai MSE sebesar 0.0014125, dapat dilihat dari Gambar 9.

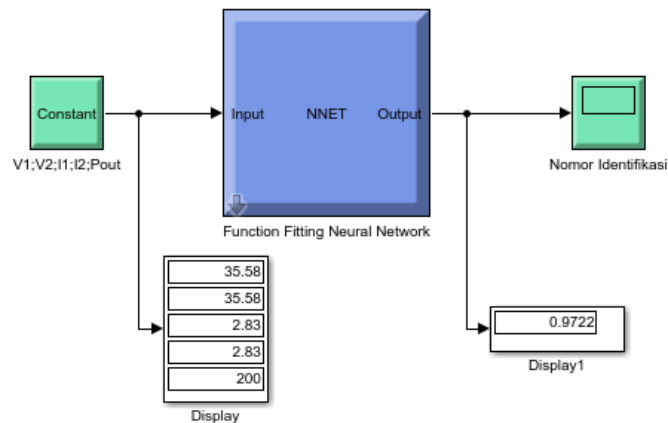


Gambar 9. Performa dari algoritma *Lavenberg – Marquardt*



Gambar 10. Regresion dari algoritma *Lavenberg – Marquardt*

Pada Gambar 11 merupakan hasil simulasi identifikasi menggunakan Simulink-Matlab dengan input yaitu V1, V2, I1, I2, dan Pout serta Nomor Identifikasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat hasil target nomor identifikasi yang sudah sesuai dengan target yang diinginkan, meskipun terdapat nilai error.



**Gambar 10.** Hasil simulasi identifikasi tanpa gangguan

Pada Tabel 4 yang merupakan tabel hasil pengujian simulasi identifikasi gangguan dengan menggunakan Simulink-Matlab. Pada penelitian ini pengambilan data dari Iradiasi 600-1000 W/m<sup>2</sup>.

**Tabel 4.** Hasil simulasi identifikasi gangguan menggunakan Simulink-Matlab

Iradiasi	Vstring1 (V)/ Input 1	Vstring2 (V)/ Input 2	Istring1 (A)/ Input 3	Istring2 (A)/Input 4	Pout (Watt)/ Input 5	Identifikasi ANN	Hasil Target Simulink ANN
1000	35.58	35.58	2.83	2.83	200	1	0.9973
900	35.39	35.39	2.55	2.55	180	1	0.9869
800	35.19	35.19	2.28	2.28	159	1	1.019
700	34.95	34.95	2	2	139	1	1.083
600	34.68	34.68	1.71	1.71	118	1	1.252
1000	43.6	35.03	0	2.86	99.53	2	1.955
900	43.36	34.95	0	2.58	89.29	2	1.981
800	43.1	34.85	0	2.29	79	2	2.005
700	42.8	34.71	0	2	68.78	2	2.028
600	42.46	34.52	0	1.72	58.49	2	2.062
1000	35.03	43.6	2.86	0	99.53	3	3.096
900	34.95	43.36	2.58	0	89.29	3	3.007
800	34.85	43.1	2.29	0	79	3	2.974
700	34.71	42.8	2	0	68.78	3	2.971
600	34.52	42.46	1.72	0	58.49	3	2.976
1000	19.25	19.25	2.4	3.02	104	4	3.802
900	18.57	18.57	2.38	2.72	94.73	4	4.323
800	18.68	18.68	2.07	2.42	83.82	4	4.072



700	18.68	18.68	1.79	2.12	72.81	4	3.966
600	18.47	18.47	1.56	1.81	62.13	4	4.141
1000	19.25	19.25	3.02	2.4	104	5	5.105
900	18.57	18.57	2.72	2.38	94.73	5	4.998
800	18.68	18.68	2.42	2.07	83.82	5	4.916
700	18.68	18.68	2.12	1.79	72.81	5	4.888
600	18.47	18.47	1.81	1.56	62.13	5	4.915
1000	0	0	0	3.02	0	6	5.691
900	0	0	0	2.72	0	6	5.772
800	0	0	0	2.42	0	6	5.847
700	0	0	0	2.12	0	6	5.92
600	0	0	0	1.81	0	6	5.993
1000	0	0	3.02	0	0	7	7.022
900	0	0	2.72	0	0	7	7.079
800	0	0	2.42	0	0	7	7.13
700	0	0	2.12	0	0	7	7.175
600	0	0	1.81	0	0	7	7.217

Dari Tabel 4 dapat dibuktikan bahwa dengan menggunakan *Artificial Neural Network* dapat mengatasi identifikasi gangguan *open circuit* dan *short circuit* pada instalasi *photovoltaic array* dengan *MPPT*. Selain dapat mengidentifikasi lokasi melalui pembacaan nilai arus dan tegangan di setiap *string photovoltaic array*, nilai daya keluaran dari *MPPT* juga dipengaruhi oleh adanya gangguan sehingga nilai daya *MPPT* dapat dijadikan acuan untuk membedakan jenis gangguan pada instalasi *photovoltaic array*.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada jurnal ini, arus dan tegangan pada setiap *string photovoltaic array* dapat memudahkan untuk identifikasi lokasi gangguan *open circuit* dan *short circuit* pada instalasi *photovoltaic array*. Nilai daya yang dihasilkan dari *MPPT* Ketika terjadi gangguan juga dapat dijadikan acuan untuk melihat jenis gangguan yang terjadi. Dalam penelitian ini dapat membuktikan bahwa nilai arus dan tegangan serta daya *MPPT* dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan adanya gangguan. Dengan menggunakan Simulink-Matlab dengan metode *Artificial Neural Network* terbukti sangat efektif untuk mengidentifikasi lokasi dan jenis gangguan. Untuk pengembangan selanjutnya bisa dengan menambah jenis gangguan pada instalasi *photovoltaic array* dengan berbagai jenis beban.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.-Q. Chen, G.-J. Yang, W. Gao, and M.-F. Guo, "Photovoltaic Fault Diagnosis Via Semisupervised Ladder Network With String Voltage and Current Measures," *IEEE J. Photovolt.*, vol. 11, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2021, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.3038335.

- 
- [2] B. Zbib and H. Al Sheikh, "Fault Detection and Diagnosis of Photovoltaic Systems through I-V Curve Analysis," in 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, Jun. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179390.
  - [3] P. Li, X. Li, and T. Zeng, "A Fast and Simple Fault Diagnosis Method for Interleaved DC-DC Converters Based on Output Voltage Analysis," *Electronics*, vol. 10, no. 12, Art. no. 12, Jun. 2021, doi: 10.3390/electronics10121451.
  - [4] "Short-Circuit Studies," in *Electric Distribution Systems*, Second Edition, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2018, pp. 111–161. doi: 10.1002/9781119509332.ch6.
  - [5] S. Sarikh, M. Raoufi, A. Bennouna, A. Benlarabi, and B. Ikken, "Fault diagnosis in a photovoltaic system through I-V characteristics analysis," in 2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC), Hammamet, Mar. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/IREC.2018.8362572.
  - [6] G. S. A. Pratama, H. E. H. Suharyanto, and Y. C. Arif, "Identify and Locating the Faults in the Photovoltaic Array Using Neural Network," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 2, Art. no. 2, 2021.
  - [7] A. B. Pamungkas, RANCANG BANGUN PENDETEKSI JENIS GANGGUAN PADA INSTALASI PHOTOVOLTAIC ARRAY BERBASIS ARTIFICIAL NEURAL NETWORK. 2019.
  - [8] I. M. Karmacharya and R. Gokaraju, "Fault Location in Ungrounded Photovoltaic System Using Wavelets and ANN," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 33, no. 2, Art. no. 2, Apr. 2018, doi: 10.1109/TPWRD.2017.2721903.
  - [9] Y. Chouay and M. Ouassaid, "An intelligent method for fault diagnosis in photovoltaic systems," in 2017 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT), Rabat, Morocco, Nov. 2017, pp. 1–5. doi: 10.1109/EITech.2017.8255225.
  - [10] A. Djalab, A. Hafaifa, M. M. Rezaoui, A. Teta, and N. Sabri, "An Intelligent Faults Diagnosis and Detection Method Based an Artificial Neural Networks for Photovoltaic Array," in 2019 International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID), Elazig, Turkey, Sep. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICAAID.2019.8934998.
  - [11] W. Chine and A. Mellit, "ANN-based fault diagnosis technique for photovoltaic stings," in 2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), Boumerdes, Oct. 2017, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICEE-B.2017.8192078.
  - [12] Syafaruddin, E. Karatepe, and T. Hiyama, "Controlling of artificial neural network for fault diagnosis of photovoltaic array," in 2011 16th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems, Hersonissos, Greece, Sep. 2011, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISAP.2011.6082219.
  - [13] "What Is Photovoltaics?," in *The Solar Generation*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2018, pp. 9–24. doi: 10.1002/9781119425618.ch2.
  - [14] M. Malinowski, J. I. Leon, and H. Abu-Rub, "PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS," in *Power Electronics in Renewable Energy Systems and Smart Grid*, 1st ed., B. K. Bose, Ed. Wiley, 2019, pp. 347–389. doi: 10.1002/9781119515661.ch7.
  - [15] B. P. Kumar, D. S. Pillai, N. Rajasekar, M. Chakkarapani, and G. S. Ilango, "Identification and Localization of Array Faults With Optimized Placement of Voltage Sensors in a PV System," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 68, no. 7, Art. no. 7, Jul. 2021, doi: 10.1109/TIE.2020.2998750.

- [16] M. W. Ahmad, N. B. Y. Gorla, H. Malik, and S. K. Panda, "A Fault Diagnosis and Postfault Reconfiguration Scheme for Interleaved Boost Converter in PV-Based System," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 36, no. 4, Art. no. 4, Apr. 2021, doi: 10.1109/TPEL.2020.3018540.
- [17] Y. Li, K. Ding, J. Zhang, F. Chen, X. Chen, and J. Wu, "A fault diagnosis method for photovoltaic arrays based on fault parameters identification," *Renew. Energy*, vol. 143, pp. 52–63, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.04.147.
- [18] W. Chine, A. Mellit, V. Lughi, A. Malek, G. Sulligoi, and A. Massi Pavan, "A novel fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural networks," *Renew. Energy*, vol. 90, pp. 501–512, May 2016, doi: 10.1016/j.renene.2016.01.036.
- [19] Z. Chen, L. Wu, S. Cheng, P. Lin, Y. Wu, and W. Lin, "Intelligent fault diagnosis of photovoltaic arrays based on optimized kernel extreme learning machine and I-V characteristics," *Appl. Energy*, vol. 204, pp. 912–931, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.05.034.
- [20] Y. Stauffer, D. Ferrario, E. Onillon, and A. Hutter, "Power monitoring based photovoltaic installation fault detection," in *2015 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, Palermo, Nov. 2015, pp. 199–202. doi: 10.1109/ICRERA.2015.7418695.