



Neural Network Controller Sebagai Automatic Transfer Switch PV Panel Dan Baterai Pada Robot Penjaga Lahan Pertanian

Andika Wijaya¹, Pola Risma², Renny Maulidda³, Hendra Marta Yudha⁴

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

⁴ Fakultas Teknik Elektro, Universitas Tridianti Palembang

¹andik4wij4ya@gmail.com, ²polarisma@polsri.ac.id, ³rennymaulidda@polsri.ac.id, ⁴hendramy@univ-tridianti.ac.id

Abstract

A greenhouse is a building for cultivating plants inside. To prevent external threats such as thieves, cats, dogs and monkeys that can damage the plants in the greenhouse, a 24-hour guard is needed. To control the security and environmental conditions in the greenhouse, a robotics application is used, namely a farm guard robot whose function is to control security and maintain the environment outside the greenhouse continuously and provide real-time information to the greenhouse owner. In order for the robot to move 24 hours around the greenhouse, it requires electrical energy from PV panels and batteries that operate alternately. For the optimal process of switching the use of PV panels to batteries or vice versa, a neural network is used as an automatic transfer switch (ATS) and uses data on the intensity of sunlight hitting PV panels from LDR sensors and PV panel voltage data and battery voltage data from pzem 017 sensors where the sensor data is used as input from the neural network. The aim is to obtain control inputs that are effective in determining the output and optimising the use of electrical energy from PV panels and batteries. To prove the effectiveness of the neural network, testing is done using the Neuroph Studio application. Data from the test, obtained the total mean square error (MSE) <0.01 on the neural network as an automatic transfer switch (ATS) in controlling the output of the desired output value. The result data explains the use of neural network as an automatic transfer switch (ATS) is able to optimise the use of electrical energy PV panels and batteries so that the farm guard robot can help greenhouse owners in controlling security and maintaining the environment in the greenhouse.

Keywords: farm guard robot, neural networks, automatic transfer switches

Abstrak

Greenhouse adalah sebuah bangunan untuk membudidayakan tanaman di dalamnya. Untuk mencegah adanya gangguan dan ancaman dari luar seperti pencuri, kucing, anjing dan monyet yang dapat merusak tanaman di *greenhouse* sehingga dibutuhkan penjaga yang tersedia 24 jam. Untuk mengontrol keamanan dan kondisi lingkungan di *greenhouse*, digunakan aplikasi robotika yaitu robot penjaga lahan pertanian yang fungsinya mengontrol keamanan dan menjaga lingkungan di luar *greenhouse* secara terus-menerus dan memberikan informasi *real-time* kepada pemilik *greenhouse*. Agar robot tersebut bergerak 24 jam mengelilingi *greenhouse* diperlukan energi listrik PV panel dan baterai yang beroperasi secara bergantian. Untuk proses pergantian penggunaan PV panel ke baterai atau sebaliknya optimal digunakan *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS) dan menggunakan data intensitas cahaya matahari yang mengenai PV panel dari sensor LDR dan data tegangan PV panel serta data tegangan baterai dari sensor pzem 017 dimana data sensor tersebut digunakan sebagai *input* dari *neural network*. Tujuan untuk mendapatkan *input* kontrol yang efektif dalam menentukan *output* dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik PV panel dan baterai. Untuk membuktikan efektivitas dari *neural network* dilakukan melalui pengujian menggunakan aplikasi *Neuroph Studio*. Data hasil dari pengujian, didapatkan hasil total *mean square error* (MSE) < 0.01 pada *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS) dalam mengendalikan *output* dari nilai *output* yang diinginkan. Data hasil tersebut menjelaskan penggunaan *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS) mampu mengoptimalkan penggunaan energi listrik PV panel dan baterai sehingga robot penjaga lahan pertanian dapat membantu pemilik *greenhouse* dalam mengontrol keamanan dan menjaga lingkungan di *greenhouse*.

Kata kunci: robot penjaga lahan pertanian, neural network, automatic transfer switch

1. Pendahuluan

Greenhouse atau rumah kaca adalah sebuah bangunan yang dirancang khusus untuk membudidayakan tanaman didalamnya baik tanaman konvensional dengan media tanah dan budidaya modern seperti *hidroponik*, *aeroponik*, maupun *aquaponik* tergantung jenis tanaman dan tujuan budidaya. Tujuan utamanya untuk menciptakan kondisi tumbuh yang optimal bagi tanaman, termasuk suhu, kelembaban dan cahaya. Namun, ada gangguan dan ancaman yang datang seperti pencuri, kucing, anjing dan monyet yang dapat merusak tanaman di *greenhouse* sehingga *greenhouse* membutuhkan penjaga yang tersedia 24 jam. Saat ini, pengawas atau penjaga di *greenhouse* umumnya masih dilakukan manusia [1]-[11].

Teknologi robotika telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dan memberikan dampak positif tidak hanya industri, tetapi juga pada sektor pertanian. Petani saat ini mengandalkan robot untuk membantu dalam tugas-tugas pertanian seperti menanam, menyiram, dan memanen tanaman. Selain itu robot juga digunakan untuk keamanan, seperti robot penjaga yang mampu bergerak memantau lingkungan sekitar [12]-[24]. *Greenhouse* merupakan lingkungan yang sangat penting dalam pertanian, di mana tempat tanaman dibudidayakan. Oleh karena itu, menjaga keamanan dan kondisi lingkungan sekitar *greenhouse* sangat penting. Solusi yang digunakan adalah penggunaan robot penjaga lahan pertanian yang dapat memantau lingkungan disekitar *greenhouse* secara terus-menerus untuk memastikan pertumbuhan tanaman berjalan lancar, mulai dari penanaman hingga panen.

Robot penjaga lahan pertanian merupakan robot *wall follower* yang bergerak mengelilingi *greenhouse* dengan misi penjagaanya. Untuk memastikan kelancaran operasinya, robot tersebut memanfaatkan PV panel dan baterai sebagai sumber energi listrik sehingga dapat beroperasi secara mandiri.

Untuk mengoptimalkan penggunaan kedua sumber energi listrik, robot penjaga lahan pertanian menggunakan *neural network* sebagai *automatic transfer switch* agar dapat membuat keputusan efektif kapan harus menggunakan sumber energi listrik PV panel dan baterai untuk mensuplai motor dc sehingga robot penjaga lahan pertanian dapat terus beroperasi dan

menjalankan tugas pengawasan dan penjagaan tanpaterhenti akibat masalah daya [25]-[29]. *Neural network* (NN) merupakan jaringan saraf tiruan (JST) yang meniru cara kerja jaringan saraf manusia dalam membuat prediksi sehingga membantu meminimalkan kesalahan (*error*) dalam *automatic transfer switch*.

Robot penjaga lahan pertanian merupakan robot tenaga surya yang mengandalkan pasokan energi dari energi matahari. Robot jenis dapat bergerak langsung dengan energi surya maupun melalui baterai yang sudah di-charge dulu dengan energi surya melalui mini-PV panel yang terpasang pada robot tersebut [30][31]. Pengembangan robot tenaga surya diperlukan dalam pertanian karena implementasi robot sangat berguna menggantikan tugas manusia diantaranya sebagai pemanen, dan pemilih hasil panen [31][32] pada saat proses pengemasan hasil panen[33]-[35].

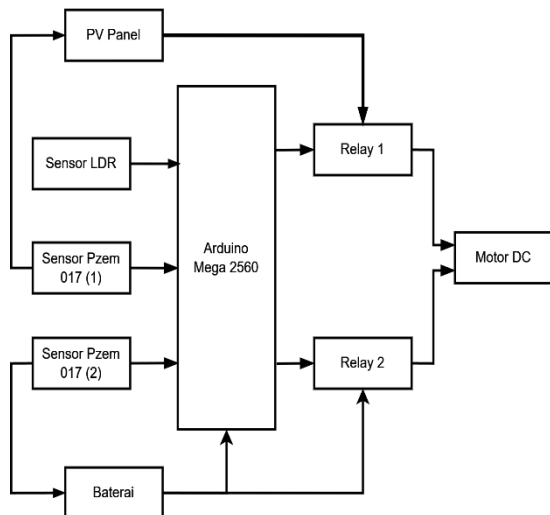
Paper ini membahas implementasi *Neural Network* sebagai *automatic transfer switch* pada robot tenaga surya. ATS ini berfungsi untuk *switching* antara robot menggunakan tenaga surya secara langsung pada saat cuaca cerah, atau memakai tenaga baterai yang telah di-charge oleh tenaga surya melalui PV panel terpasang pada robot. Paper ini ikut serta dalam kampanye penggunaan energi surya sebagai energi alternatif terbarukan yang memiliki potensi yang besar di Sumatera Selatan [36]-[44].

2. Metode Penelitian

Untuk memastikan alat dan sistem dapat terealisasi sesuai dengan rencana dan terget yang telah ditetapkan sehingga dibuat beberapa kegiatan pelaksanaannya. Beberapa kegiatan tersebut antara lain, yaitu :

2.1. Blok Diagram

Blok diagram merupakan bagian penting dalam perancangan suatu sistem pada robot penjaga lahan pertanian karena dapat memberikan gambaran umum tentang bagaimana komponen-komponen sistem saling berinteraksi untuk mencapai tujuan keseluruhan sistem. Cara kerja *automatic transfer switch* (ATS) pada robot penjaga lahan pertanian dijelaskan melalui blok diagram yang terlihat pada Gambar 1. Dengan menggunakan blok diagram tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan dengan baik dan memenuhi tujuan yang diinginkan.



Gambar 1. Blok diagram

Penjelasan pada setiap blok diagram diatas yaitu :

1. PV panel

PV panel berfungsi untuk mengubah energi panas cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada rancang bangun alat dan sistem, PV panel digunakan untuk mensuplai tegangan dan arus pada motor DC.

3. Baterai

Baterai adalah perangkat yang dapat diisi ulang atau diganti setelah energinya habis yang terdiri dari beberapa sel elektrokimia yang digunakan untuk menyimpan dan menghasilkan energi listrik. Pada penelitian, baterai sebagai energi listrik cadangan.

4. Sensor Pzem 017

Sensor pzem17 adalah sensor tegangan atau arus multifungsi yang berfungsi mendeteksi tegangan dan arus listrik dengan rentang tegangan dari 0.05 Volt DC – 20 Volt DC dan pendeteksian arus rentang 0 - 3 A. Pada perancangan alat dan sistem, sensor tegangan digunakan untuk mendeteksi tegangan, arus dan PV panel dan baterai pada robot penjaga lahan pertanian.

5. Sensor LDR

Sensor cahaya *Light Dependent Resistor (LDR)* adalah komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besar tergantung cahaya, berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari di *greenhouse*.

6. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 berfungsi untuk memproses data tegangan dari sensor tegangan dan data intensitas cahaya matahari dari sensor LDR

menggunakan algoritma *neural network*. Data tersebut digunakan untuk menentukan kondisi *relay*.

7. Relay 2 Channel

Relay berfungsi melakukan *switching* logika untuk mengontrol dan memutus penggunaan daya PV panel dan baterai secara bergantian ketika kondisi terpenuhi.

8. Driver Motor L298N

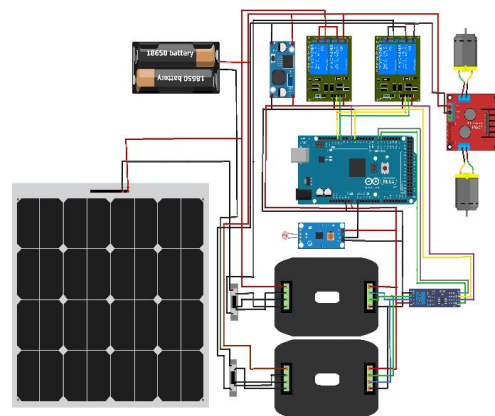
Driver motor berfungsi untuk mengendalikan arah putaran motor DC sebagai *aktuator* robot yang menentukan pergerakan yaitu berbelok dan maju. Pada perancangan alat terdapat 1 buah driver L298N yang digunakan untuk mengendalikan 4 motor DC (2WD) untuk menggerakkan robot.

9. Motor DC

Motor DC berfungsi sebagai aktuator dari robot lahan pertanian. Pada rancang bangun alat, motor DC yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan 12 Volt dengan kecepatan maksimum motor 250 RPM. Pada robot penjaga memiliki 4 buah motor DC (2WD) untuk bergerak.

2.2. Skema Rangkaian

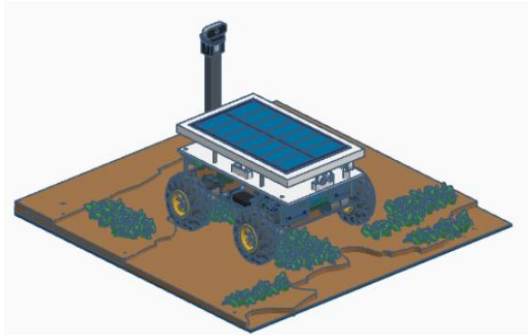
Skema rangkain digunakan untuk penghubung pada desain *neural network* sebagai *automatic transfer switch* sehingga komponen yang digunakan dapat bekerja dengan baik. Pada Gambar 2 adalah skema rangkain untuk sistem *neural network* sebagai *automatic transfer switch* dimana sumber energi listrik utama berasal dari PV Panel dengan tegangan maksimum 20 Volt dan energi cadangan dari baterai dengan tegangan 12,6 Volt untuk menghidupkan perangkat elektronik pada robot seperti sensor tegangan, sensor LDR, mikrokontroler, *relay*. *Relay* digunakan memutuskan penggunaan PV Panel dan baterai secara bergantian untuk menghidupkan aktuator berupa 4 motor DC (2WD) pada robot penjaga lahan pertanian.



Gambar 2. Skema rangkaian *neural network* sebagai *automatic transfer switch*

2.3. Desain Robot Penjaga Lahan Pertanian

Robot penjaga lahan pertanian yang digunakan adalah robot *wall follower* yang terlihat pada Gambar 3. Jenis robot tersebut diterapkan untuk mengawasi *greenhouse* dan dapat menggunakan sumber daya dari PV panel dan baterai.



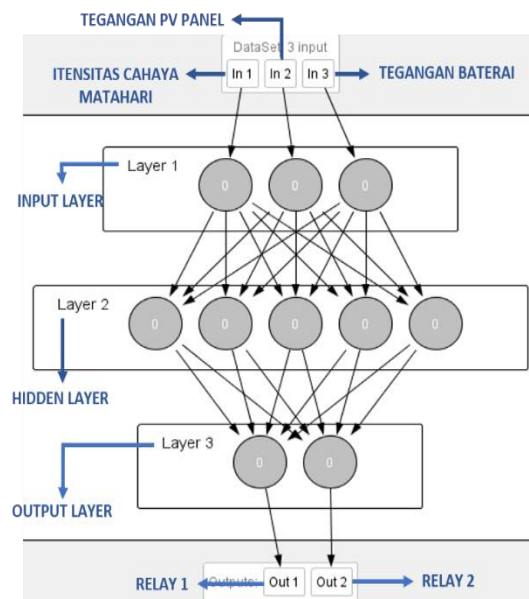
Gambar 3. Desain robot penjaga lahan pertanian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Simulasi Neural Network

Pada penelitian, dilakukan pengujian *neural network* sebagai *automatic transfer switch* pada robot *security* melalui simulasi menggunakan aplikasi *Neuroph Studio*. *Neural network* yang digunakan adalah jenis *Multi Layer Perceptrons (MLP)* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. MLP terdiri dari beberapa *layer* yang terhubung, yaitu, *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*.

Pada simulasi *neural network*, terdapat 3 *input* pada *input layer* dimana *input layer* 1 intensitas cahaya matahari (Lux) yang dideteksi sensor LDR sebagai pendeteksi di *greenhouse* dan *input layer* 2 merupakan tegangna pada PV Panel yang dideteksi sensor pzem 017 ke 1 serta *input* 3 merupakan tegangan pada baterai yang dideteksi sensor pzem 017 ke 2. Selain itu, terdapat 5 *layer* pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) sebagai penghubung antara *input layer* dengan *output layer* yang bertugas memproses data dan mentransformasi data *input* menjadi data *output*. Pada *output layer* terdapat 2 *output* yaitu *Relay 1* artinya PV Panel menjadi pilihan untuk mensuplai Motor DC, sementara *relay 2* artinya baterai menjadi pilihan untuk mensuplai Motor DC.



Gambar 4. Arsitektur neural network MLP

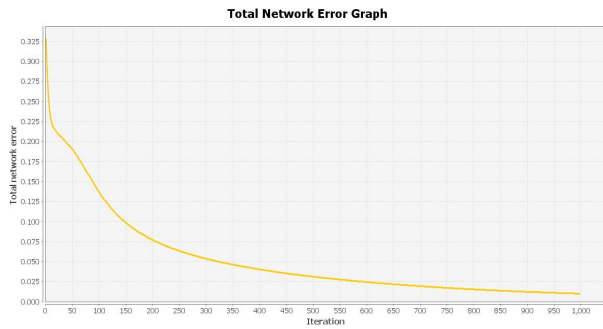
Input1	Input2	Input3	Output1	Output2
0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Gambar 4. Dataset training

Pada Gambar 4, merupakan *dataset training* yang digunakan untuk *training neural network* menggunakan 3 *input* pada *input layer* dan 2 *output layer*. Pada *input* 1, jika intensitas cahaya matahari < 850 Lux, nilai logika adalah 0, sedangkan jika intensitas cahaya matahari > 850 Lux, nilai logika adalah 1. Sementara pada *input* 2, jika tegangan PV Panel < 12 volt, nilai logika adalah 0, sedangkan jika tegangan baterai > 10 volt, nilai logika adalah 1 dan pada *input* 3 jika tegangan Baterai < 10 volt nilai logika adalah 0 sedangkan jika tegangan baterai > 10 volt, nilai logika adalah 1

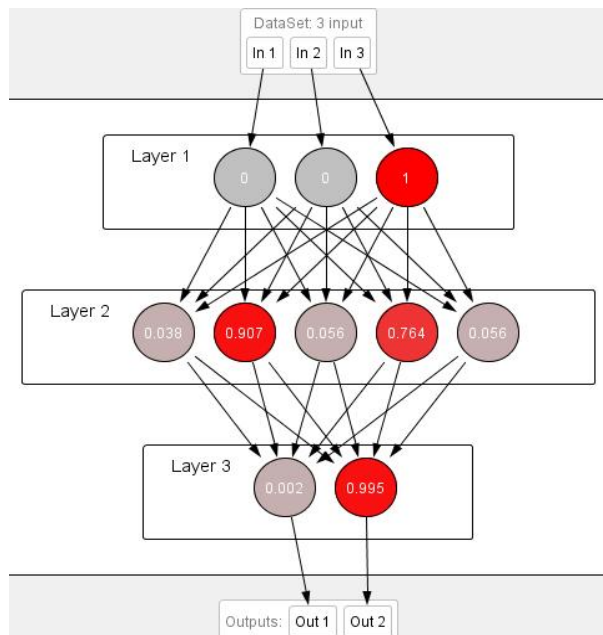
Input: 0; 0; 1; Output: 0.0017; 0.9949; Desired output: 0; 1; Error: 0.0017; -0.0051;
Input: 0; 1; 0; Output: 0.1515; 0.0151; Desired output: 0; 0; Error: 0.1515; 0.0151;
Input: 0; 1; 1; Output: 0.0388; 0.8829; Desired output: 0; 1; Error: 0.0388; -0.1171;
Input: 1; 0; 0; Output: 0.1579; 0.0066; Desired output: 0; 0; Error: 0.1579; 0.0066;
Input: 1; 1; 0; Output: 0.8285; 0.0047; Desired output: 1; 0; Error: -0.1715; 0.0047;
Input: 1; 0; 1; Output: 0.056; 0.8939; Desired output: 0; 1; Error: 0.056; -0.1061;
Input: 1; 1; 1; Output: 0.8234; 0.0724; Desired output: 1; 0; Error: -0.1766; 0.0724;
Input: 0; 0; 0; Output: 0.0018; 0.1198; Desired output: 0; 0; Error: 0.0018; 0.1198;
Total Mean Square Error: 0.009876791804406385

Gambar 6. Hasil test neural network



Gambar 7. Hasil grafik *mean square error* (MSE)

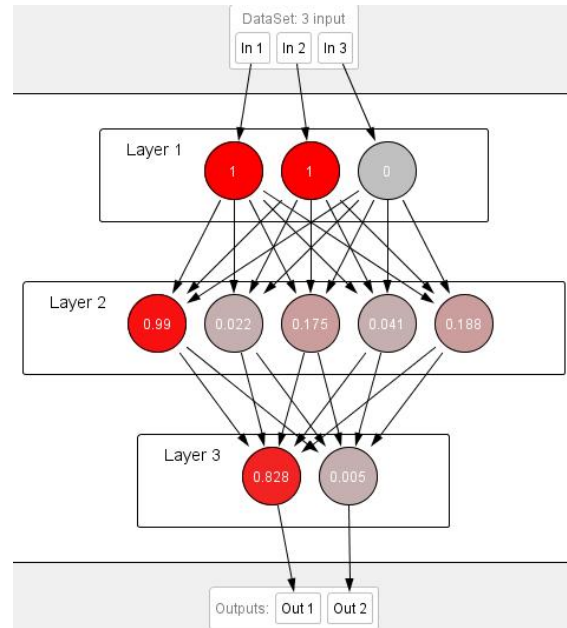
Setelah data *set* di training klik “Test” pada aplikasi neuroph studio untuk melihat total *error* dan kesalahan individu yang terjadi. Pada gambar 6 memperlihatkan hasil total *mean square error* (MSE) sebesar 0.009876791804406385 dari nilai *output* yang diinginkan dan juga pada gambar 7 menunjukkan grafik total MSE yang menurun serta terjadi *iteration* sebanyak 1000 kali. Total MSE berfungsi untuk mengetahui hasil *error* alat dalam mengendalikan *output*. Hasil menunjukkan dengan baik dan metode yang efektif sebagai paramater pembelajaran.



Gambar 8 Kondisi *input* 1 dan *input* 2 berlogika 0 serta *input* 3 berlogika 1

Pada Gambar 8 memperlihatkan hasil simulasi dari hasil proses *training*. Dapat dilihat jika *input* layer 1 dan *input* 2 memiliki nilai logika 0 karena sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari di *greenhouse* < 850 Lux. dan sensor pzem 017 ke 1 mendeteksi tegangan PV panel < 12 volt. Sedangkan *input* 3 memiliki nilai logika 1 karena sensor pzem 017 ke 2 mendeteksi tegangan baterai > 10 volt. Dari kondisi tersebut, hasil prediksi menunjukkan bahwa nilai *output* 2 mendekati logika 1 yaitu 0.995, yang menandakan *relay* 2 *on* berarti baterai menjadi pilihan untuk

mensuplai energi listrik pada Motor DC. Sedangkan *output* 1 mendekati nilai 0 yaitu 0.002 yang berarti *relay* 1 *off* sehingga PV panel tidak digunakan sebagai sumber energi listrik pada kondisi tersebut.

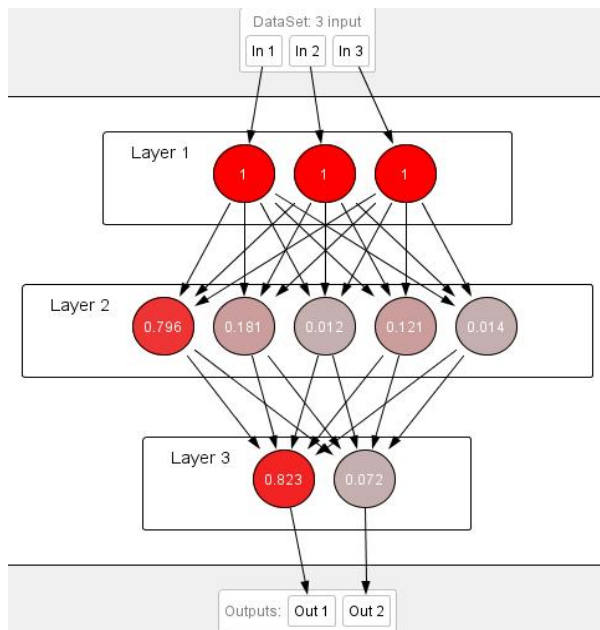


Gambar 9 Kondisi *Input* 1 dan *input* 2 berlogika 1 dan *Input* 2 Berlogika 0

Pada Gambar 9 memperlihatkan hasil simulasi dimana *input* 1 dan *input* 2 memiliki nilai logika 1 karena sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari > 850 Lux serta sensor Pzem 017 ke 1 mendeteksi tegangan PV panel > 12 volt. Sedangkan *input* 3 memiliki nilai logika 0 karena sensor Pzem 017 ke 2 mendeteksi tegangan baterai < 10 volt. Dari kondisi tersebut, hasil prediksi menunjukkan bahwa nilai *output* 1 mendekati logika 1 yaitu 0.828, yang menandakan *relay* 1 *on* berarti PV panel menjadi pilihan untuk mensuplai energi listrik pada Motor DC. Sedangkan *output* 2 mendekati nilai 0 yaitu 0.005 yang berarti *relay* 2 *off* menandakan bahwa baterai tidak digunakan sebagai sumber energi listrik pada kondisi tersebut.

Pada Gambar 10 memperlihatkan hasil simulasi dimana *input* 1 dan *input* 2 serta *input* 3 memiliki nilai logika 1 karena sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari > 850 Lux dan sensor pzem 017 ke 1 mendeteksi tegangan PV panel > 12 volt serta *input* 3 memiliki nilai logika 0 karena sensor pzem 017 ke 2 mendeteksi tegangan baterai < 10 volt. Dari kondisi tersebut, hasil prediksi menunjukkan bahwa nilai *output* 1 mendekati logika 1 yaitu 0.823, yang menandakan *relay* 1 *on* berarti PV panel menjadi pilihan untuk mensuplai energi listrik pada Motor DC. Sedangkan *output* 2 mendekati nilai 0 yaitu 0.072 yang berarti *relay* 2 *off* menandakan bahwa baterai sedang tidak

digunakan sebagai sumber energi listrik pada kondisi tersebut.



Gambar 10 Kondisi input 1 dan input layer serta dan input 3 berlogika 1

3.2. Data Pengujian Alat

Pada penelitian, diperoleh data hasil pengujian *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS) pada Tabel 1. Data tersebut diambil pada jam 13.00 - 15.00 mencakup nilai data intensitas cahaya matahari yang dideteksi oleh sensor LDR dan data tegangan PV Panel yang dideteksi oleh sensor pzem 17 ke 1, serta data tegangan baterai dari sensor pzem 017 ke 2. Dari data pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui kemampu *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS) dalam mengoptimalkan penggunaan energi listrik PV panel dan baterai pada saat robot menjaga lahan pertanian di *greenhouse*.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Alat

Waktu Pengujian	Intensitas cahaya (Lux)	Tegangan PV Panel	Tegangan Baterai	Kondisi Relay 1 PV Panel	Kondisi Relay 2 Baterai
		(Volt)	(Volt)		
13.00	1013	20	12,6	ON	OFF
13.20	1007	18	12,5	ON	OFF
13.40	765	11	12,3	OFF	ON
14.00	785	11,4	11,9	OFF	ON
14.20	975	15	11,5	ON	OFF
14.40	938	13	9,8	ON	OFF
15.00	863	12,4	9,5	ON	OFF

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa *automatic transfer switch* memutuskan menggunakan PV Panel guna menyuplai listrik bagi robot dengan mengaktifkan *relay 1* ketika adanya intensitas cahaya

matahari > 850 Lux dan sensor pzem 017 mendeteksi tegangan PV Panel > 12 Volt. ATS tidak memutuskan menggunakan PV Panel guna menyuplai listrik bagi robot ketika sensor mendeteksi < 850 Lux dan tegangan PV Panel < 12 Volt. Hal ini menandakan bahwa *neural network* sebagai *automatic transfer switch* bekerja dengan baik dan sesuai dengan *data set* telah ditentukan. Selain itu, diketahui bahwa ATS memutuskan untuk menggunakan baterai dengan mengaktifkan *relay 2* sensor pzem 017 mendeteksi tegangan baterai > 10 Volt. ATS tidak menggunakan guna menyuplai listrik bagi robot baterai ketika sensor pzem 017 mendeteksi tegangan baterai < 10 Volt yang menandakan *neural network* sebagai *automatic transfer switch* bekerja dengan baik dan sesuai dengan *data set* telah ditentukan .

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, robot penjaga lahan pertanian dibuat dengan tujuan membantu mengontrol keamanan dan menjaga *greenhouse*, untuk mencegah adanya gangguan dan ancaman dari luar seperti hewan yang dapat merusak tanaman di *greenhouse*, sehingga digunakan robot penjaga lahan pertanian. Agar robot tersebut bergerak 24 jam mengelilingi *greenhouse* diperlukan energi listrik PV panel dan baterai yang beroperasi secara bergantian Untuk proses pergantian penggunaan PV panel ke baterai atau sebaliknya optimal digunakan *neural network* sebagai *automatic transfer switch* (ATS). Dimana terbukti dari hasil pengujian *neural network*, didapatkan hasil total *mean square error* (MSE) < 0.01 pada *automatic transfer switch* dalam mengendalikan *output* dari nilai *output* yang diinginkan. Hasil tersebut bagus dan menunjukkan bahwa *neural network* merupakan pilihan metode yang efektif sebagai parameter pembelajaran dalam membuat prediksi. Untuk itu diharapkan hasil penelitian memberikan kontribusi yang signifikan dalam penggunaan energi surya sebagai energi alternatif terbarukan.

Daftar Rujukan

- [1] M. Liao, S. Chen, C. Chou, H. Chen, S. Yeh, Y. Chang, and J. Jiang, On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 136, pp. 125-139, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.003>.
- [2] A. Kumar, V. Singh, S. Kumar, S. P. Jaiswal, and V. S. Bhadoria, IoT enabled system to monitor and control greenhouse, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 49, No 8, pp. 3137-3141, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.040>
- [3] G. Singh, P. P. Singh, P. P. Singh Lubana, and K.G. Singh, Formulation and validation of a mathematical model of the microclimate of a greenhouse, *Renewable Energy*, Vol. 31, No 10, pp. 1541-1560, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.07.011>.
- [4] H. Kim, D. H. Lee, S. W. Ahn, W. K. Kim, S. O. Hur, J. Y. Choi, S. Chung, Design and testing of an autonomous irrigation controller for precision water management of greenhouse crops, *Engineering in Agriculture*,

- Environment and Food, Vol. 8, No 4, pp. 228-234, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.03.001>
- [5] D. S. Paraforos, H. W. Griepentrog, Multivariable greenhouse climate control using dynamic decoupling controllers, *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, No 18, pp. 305-310, 2013, <https://doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00064>.
- [6] C. A. Hernández-Morales, J.M. Luna-Rivera, and R. Perez-Jimenez, Design and deployment of a practical IoT-based monitoring system for protected cultivations, *Computer Communications*, Vol. 186, pp. 51-64, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.01.009>.
- [7] C. Chang, S. Chung, W. Fu, and C. Huang, Artificial intelligence approaches to predict growth, harvest day, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a IoT-enabled greenhouse system, *Biosystems Engineering*, Vol. 212, pp. 77-105, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.015>.
- [8] E. A. Abioye, M. S. Z. Abidin, M. S. A. Mahmud, S. Buyamin, M. K. I. AbdRahman, A. O. Otuoze, M. S. A. Ramli, and O. D. Ijike, IoT-based monitoring and data-driven modelling of drip irrigation system for mustard leaf cultivation experiment, *Information Processing in Agriculture*, Vol. 8, No 2, pp. 270-283, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.05.004>
- [9] E. Collado, E. Valdés, A. García, and Y. Sáez, Design and implementation of a low-cost IoT-based agroclimatic monitoring system for greenhouses, *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 5, No. 4, pp. 251-283, 2021. doi: 10.3934/electreng.2021014.
- [10] F. Hahn, Fuzzy controller decreases tomato cracking in greenhouses, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 77, No 1, pp. 21-27, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.03.003>.
- [11] H. Benyezza, M. Bouhedda, and S. Rebouh, Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 302, p. 127001, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127001>.
- [12] Dewi T., Nurmaini S., Risma P., Oktarina Y., and Roriz M., 2019, Inverse Kinematic Analysis of 4 DOF Pick and Place Arm Robot Manipulator using Fuzzy Logic Controller, *IJECE*, 10(2), pp. 1376-1386. doi:10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.
- [13] Uchiyama N., Dewi T., and Sano S., 2014, Collision Avoidance Control for a Human-Operated Four Wheeled Mobile Robot, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 228(13), pp. 2278-2284. <https://doi.org/10.1177/0954406213518523>.
- [14] Dewi T., Amperawan, Risma P., Oktarina Y., and Yudha D. A., 2020, Finger Cue for Mobile Robot Motion Control, *Computer Engineering and Application Journal*, 9(1), pp. 39-48. doi: [10.18495/COMENGAPP.V9I1.319](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V9I1.319).
- [15] Oktarina Y., Dewi T., and Risma T., 2020, The Concept of Automatic Transport System Utilizing Weight Sensor, Vol. 9, No. 2, pp. 155-163. doi:[10.18495/COMENGAPP.V0I0.339](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V0I0.339)
- [16] Farooq U., Amar M., Asad M.U., Hanif A., and Saleh S.O., 2014. Design and Implementation of Neural Network of Based Controller for Mobile Robot Navigation in Unknown Environment. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 6(2), pp. 83-89. doi:10.7763/IJCEE.2014.V6.799
- [17] Uchiyama N., Dewi T., Sano S., and Takahashi H., 2014, Swarm Robot Control for Human Services and Moving Rehabilitation by Sensor Fusion, *Journal of Robotics*, 2014(278659), 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/278659>.
- [18] Al Yahmedi A.S., and Fatmi M.A., 2016. Fuzzy Logic Based Navigation of Mobile Robots,” *Intech*, 6, pp. 111-133.
- [19] Nurmaini S., Tutuko B., Dewi K., Yuliza V., and Dewi T., 2017, Improving Posture Accuracy of Non-holonomic Mobile Robot system with Variable Universe of Discourse, *TELKOMNIKA*, 15(3). Pp. 1265-1279. doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v15i3.6078.
- [20] Dewi T., Wijanarko Y., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Controller Design for Leader-Follower Robot Navigation, *5th Proc. EECSEI*, 5(1), pp. 298-303. 16-18 Oct 2018, Malang : Indonesia. doi:[10.1109/EECSL2018.8752696](https://doi.org/10.1109/EECSL2018.8752696).
- [21] Dewi T., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Simulation as a Teaching-learning Media for Artificial Intelligence Class, *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 12(3), pp. 3-9. doi: [10.14313/JAMRIS.3-2018/13](https://doi.org/10.14313/JAMRIS.3-2018/13)
- [22] Dewi T., Oktarina Y., Risma P., and Kartini S., 2019, Desain Robot Pengikut Manusia Sederhana dengan Fuzzy Logic Controller, *Proc. Annual Research Seminar (ARS)*, 5(1), pp. 12-16, 16 Nov 2019, Palembang: Indonesia.
- [23] Oktarina Y., Septiarini F., Dewi T., Risma P., and Nawawi M., 2019, Fuzzy-PID Controller Design of 4 DOF Industrial Arm Robot Manipulator, *Computer Engineering and Application Journal*, 8(2), pp. 123-136. doi: [10.18495/COMENGAPP.V8I2.300](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V8I2.300).
- [24] Dewi T., Sitompul C., Risma P., Oktarina Y., Jelista R., Mulyati M., 2019, Simulation Analysis of Formation Control Design of Leader-Follower Robot Using Fuzzy Logic Controller, *Proc 2019 ICECOS*, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:[10.1109/ICECOS47637.2019.8984433](https://doi.org/10.1109/ICECOS47637.2019.8984433)
- [25] Yudha H. M., Dewi T., Hasana N., Risma P., Oktarina, Y. Kartini S., 2019, Performance Comparison of Fuzzy Logic and Neural Network Design for Mobile Robot Navigation, *Proc. 2019 ICECOS*, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:[10.1109/ICECOS47637.2019.8984577](https://doi.org/10.1109/ICECOS47637.2019.8984577)
- [26] Larasati N., Dewi T., and Oktarina Y., 2017. Object Following Design for a Mobile Robot using Neural Network. *Computer Engineering and Application Journal*, 6(1), pp. 5-14. doi:[10.18495/COMENGAPP.V6I1.189](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V6I1.189).
- [27] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Roseno M.T., 2017. Neural Network Design for a Mobile Robot Navigation a Case Study. *4th Proc. EECSEI*. 23-24 Sep. 2017. Yogyakarta: Indonesia. doi:[10.1109/EECSL2017.8239168](https://doi.org/10.1109/EECSL2017.8239168).
- [28] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Nawawi M., 2017. Neural Network Simulation for Obstacle Avoidance and Wall Follower Robot as a Helping Tool for Teaching-Learning Process in Classroom. *1st Proc. ICEAT*, 29-30 November 2017, Mataram: Indonesia. doi:10.1088/1757-899X/403/1/012043
- [29] Risma P., Dewi T., Oktarina Y., and Wijanarko Y., 2019. Neural Network Controller Application on a Visual based Object Tracking and Following Robot. *Computer Engineering and Application Journal*, 8(1). doi: [10.18495/COMENGAPP.V8I1.280](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V8I1.280).
- [30] Dewi T., Risma P., Taqwa A., Rusdianasari, and Renaldi H., 2020, Experimental analysis on solar powered mobile robot as the prototype for environmentally friendly automated transportation, *Proc. iCAST on Engineering Science*, 24-25 Oct 2019, Bali: Indonesia, doi:10.1088/1742-6596/1450/1/012034.
- [31] F. Septiarini, T. Dewi and Rusdianasari, Design of a solar-powered mobile manipulator using fuzzy logic controller of agriculture application, *International Journal of Computational Vision and Robotics, Inderscience*, Vol. 12, No. 5, pp. 506-531, 2022. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2022.125356>.
- [32] Y. Oktarina, T. Dewi, P. Risma, and M. Nawawi, Tomato Harvesting Arm Robot Manipulator; a Pilot Project, *Journal of Physics: Conference Series*, 1500, p 012003, Proc. 3rd FIRS, Palembang: Indonesia, 2020, DOI: 10.1088/1742-6596/1500/1/012003
- [33] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, Fruit Sorting Robot based on Color and Size for an Agricultural Product Packaging System, *Bulletin of Electrical Engineering, and Informatics (BEEI)*, vol. 9, no. 4, pp. 1438-1445, 2020, DOI: 10.11591/eei.v9i4.2353.

- [34] T. Dewi, Z. Mulya, P. Risma, and Y. Oktarina, BLOB Analysis of an Automatic Vision Guided System for a Fruit Picking and Placing Robot, *International Journal of Computational Vision and Robotics*, Vol. 11, No 3, pp. 315-326, 2021. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2021.115161>.
- [35] T. Dewi, C. Anggraini, P. Risma, Y. Oktarina, and Muslikhin, Motion Control Analysis of Two Collaborative Arm Robots in Fruit Packaging System, *SINERGI* Vol. 25, No. 2, pp. 217-226, 2021. <http://doi.org/10.22441/sinergi.2021.2.013>.
- [36] P. P. Putra, T. Dewi, and Rusdianasari, MPPT Implementation for Solar-powered Watering System Performance Enhancement," *Technology Reports of Kansai University*, Vol. 63, No. 01, pp. 6919-6931, 2021. ISSN: 04532198.
- [37] Y. Mases, T. Dewi, and Rusdianasari, Solar Radiation Effect on Solar Powered Pump Performance of an Automatic Sprinkler System. Paper presented at the Proceedings of 2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), pp. 246-250, 2021.
- [38] K. Junaedi, T. Dewi, and M. S. Yusi, "The Potential Overview of PV System Installation at the Quarry Open Pit Mine PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim," *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, Vol. 6, No. 1, pp. 41-50, 2021. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v6i1.114>.
- [39] Sarwono, T. Dewi, and RD Kusumanto, "Geographical Location Effects on PV Panel Output - Comparison Between Highland and Lowland Installation in South Sumatra, Indonesia," *Technology Reports of Kansai University*, Vol. 63, No. 02, pp. 7229-7243, 2021. ISSN: 04532198.
- [40] H. M. Yudha, T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, Life Cycle Analysis for the Feasibility of Photovoltaic System Application in Indonesia," *I in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 124 012005, 2018. DOI :10.1088/1755-1315/124/1/012005.
- [41] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, "A Review of Factors Affecting the Efficiency and Output of a PV system Applied in Tropical Climate," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 258 012039 ICoSITer 2018, 2019. doi:10.1088/1755-1315/258/1/012039.
- [42] H.A. Harahap, T. Dewi, and Rusdianasari, Automatic Cooling System for Efficiency and Output Enhancement of a PV System Application in Palembang, Indonesia, in *2nd Forum in Research, Science, and Technology*, IOP Conf. Series: *Journal of Physics: Conf. Series* 1167 012027, 2019. doi:10.1088/1742-6596/1167/1/012027.
- [43] A. A. Sasmanto, T. Dewi, and Rusdianasari, Eligibility Study on Floating Solar Panel Installation over Brackish Water in Sungsang, South Sumatra, *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, Vol. 8, No. 1, 2020.
- [44] B. Junianto, T. Dewi, and C. R. Sitompul, Development and Feasibility Analysis of Floating Solar Panel Application in Palembang, South Sumatra *Journal of Physics: Conf. Series* 3rd Forum in Research, Science, and Technology Palembang, Indonesia, 2020.