

# Maximum Power Point Tracking Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network Berbasis Arus Hubung Singkat Panel Surya

Muhammad Nizar Habibi, Mas Sulung Wisnu Jati, Novie Ayub Windarko, dan Anang Tjahjono  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
e-mail: nizaarhabibi@gmail.com

**Abstrak**—Konversi energi surya menjadi energi listrik dapat dimanfaatkan dengan menggunakan panel surya, tetapi rasio konversi energi masih rendah. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan produksi energi pada proses konversi energi listrik pada panel surya. *Artificial Neural Network* (ANN) adalah salah satu metode soft-computing yang bisa diterapkan sebagai MPPT dengan keunggulan memiliki proses pembelajaran, unggul dalam kestabilan saat tracking, cepat, tidak memerlukan pemodelan matematika yang rumit, serta memiliki performa yang baik untuk segala jenis kondisi cuaca dan permasalahan perubahan radiasi. MPPT ANN diajukan dengan masukan hanya berasal dari arus hubung singkat dari panel surya dan digunakan sebagai referensi ANN untuk bisa mencapai daya maksimum dari panel surya. Proses deteksi arus hubung singkat ditandai dengan turun sesaat nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma yang diajukan dapat mencapai titik operasi daya maksimum dari panel surya meskipun terjadi perubahan radiasi. Ketika sudah berada pada titik operasi daya maksimum, ANN bisa menjaga nilai yang didapatkan, sehingga nilai yang dihasilkan tidak berubah-ubah dan tidak mengandung osilasi daya. Pada kondisi radiasi sebesar 1000 W/m<sup>2</sup> dan menggunakan panel surya 100 WP, ANN dapat menghasilkan daya maksimum sebesar 99,97 Watt dengan waktu 0,063 detik.

**Kata kunci:** *maximum power point tracking, artificial neural network, arus hubung singkat*

**Abstract**—The conversion of solar energy into electrical can be utilized by using the solar panel, but the energy conversion ratio is still low. Maximum Power Point Tracking (MPPT) is a method used to increase energy production in the process of converting electrical to the solar panel. Artificial Neural Network (ANN) is one of the soft-computing methods that can be applied as MPPT with the advantage of having a learning process, very stable, fast, doesn't require complicated mathematical modeling, and has good performance. ANN is proposed with input from the short circuit current of the solar panel and is used as a reference for the ANN to reach the maximum power. The process of detecting a short circuit current is indicated by a momentary decrease of the power by the solar panel. The results show the proposed algorithm can reach the maximum power operating point of the solar panel despite the change of radiation. When at maximum power operating point, ANN can hold the value, so the resulting value doesn't change and doesn't generate ripple. At radiation of 1000 W/m<sup>2</sup> and using 100 WP, ANN can produce a maximum power of 99.97 Watts with a time of 0.063 seconds.

**Keywords:** *maximum power point tracking, artificial neural network, short circuit current*

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

## I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan sektor terbaik untuk bisa memenuhi permintaan kebutuhan energi dengan keunggulan dalam segi ramah lingkungan dan bebas polusi. Energi surya, angin, air adalah beberapa contoh energi terbarukan yang tersedia di Indonesia. Pemanfaatan energi surya memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan, kapasitas yang melimpah, aksesibilitas yang mudah, efisiensi dan efektivitas biaya dalam segi perakitan sistem, pengoperasian, dan pemeliharaan jika dibandingkan dengan pemanfaatan energi angin dan air [1].

Akan tetapi, panel surya juga memiliki kelemahan yaitu

efisiensi rasio konversi energi yang masih rendah [2], [3], sehingga sering kali panel surya tidak selalu mengeluarkan daya yang maksimal ketika terjadi perubahan radiasi matahari. Ada banyak inovasi dan metode yang sudah diteliti dan diterapkan agar panel surya selalu mengeluarkan daya yang maksimal pada setiap terjadi perubahan radiasi matahari seperti *Solar Tracker* [4], *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) [5], pemberian sistem pendinginan untuk panel surya [6], dan pemberian kaca pada panel surya [7]. Hal tersebut dilakukan supaya panel surya yang digunakan selalu mengeluarkan daya maksimal dan efisiensi konversi energi menjadi naik. Metode MPPT adalah metode yang paling unggul di antara metode-metode yang lain, karena

MPPT memiliki keakuratan data yang lebih baik dan tepat, mudah dalam pengoperasian dan lebih fleksibel karena tidak memerlukan komponen-komponen penyusun yang besar dan rumit, serta dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi radiasi matahari sehingga tetap bisa mencari daya maksimum dari panel surya.

Ada dua macam jenis metode MPPT secara umum, yaitu MPPT konvensional dan MPPT *soft-computing*. Metode MPPT konvensional adalah metode MPPT yang memiliki perhitungan yang sangat sederhana dan tanpa suatu pemodelan terlebih dahulu. Beberapa contoh metode MPPT konvensional adalah *Curve-Fitting* [8], *Fractional Short-Circuit Current* (FSCI) [9], *Fractional Open-Circuit Voltage* (FOCV) [10], *Look-Up Table* [11]. *Fractional Short Circuit Current* (FSCC) memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dalam mencapai daya maksimum dari panel surya dan tidak menggunakan persamaan yang rumit. Metode tersebut menggunakan sifat hubungan yang linier antara arus hubung singkat dengan arus pada daya maksimum. Metode MPPT konvensional yang lain adalah *Perturb and Observe* (P&O) [12], *Incremental Conductance* (IC) [13], dan *Incremental Resistance* [14]. Ketiga metode MPPT ini disebut sebagai metode konvensional karena ketiga metode MPPT tersebut bekerja berdasarkan perubahan nilai tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan dan perubahannya tergantung dari masing-masing sifat algoritma. Ketiga metode MPPT tersebut tidak memiliki pemodelan untuk proses komputasinya sehingga masih dikategorikan dalam metode MPPT konvensional. Ketiga metode MPPT tersebut masih memiliki kekurangan dalam hal masih adanya osilasi daya saat berada pada daya maksimum atau *Maximum Power Point* (MPP) dari panel surya yang diakibatkan oleh nilai *step size* yang digunakan. Semakin besar nilai *step size* yang digunakan maka akan semakin cepat mencapai MPP, tetapi osilasi daya saat berada di MPP akan semakin besar. Jika *step size* bernilai kecil maka akan semakin lama menuju daerah MPP dan osilasi daya yang dihasilkan lebih sedikit.

Metode MPPT *soft-computing* merupakan metode MPPT yang memiliki komputasi berdasarkan pemodelan. Beberapa contohnya adalah algoritma *Firefly* [2], *Grey Wolf Optimization* [5], *Fuzzy Logic* [15], Algoritma Genetika [16], dan *Artificial Neural Network* (ANN) [17]. *Firefly*, *Grey Wolf Optimization*, dan Algoritma Genetika merupakan tiga metode *soft-computing* yang pemodelan matematika berdasarkan kebiasaan dari perilaku makhluk hidup. Sehingga bentuk pemodelannya lebih rumit dan respon awal yang dihasilkan juga nilainya berubah secara cepat dan bisa signifikan. *Fuzzy Logic* adalah metode *soft-computing* yang membutuhkan masukan berupa parameter dan disertai dengan logika atau *rule* yang harus dibuat sendiri. Sehingga pekerjaan yang dilakukan juga semakin banyak. *Artificial Neural Network* (ANN) adalah metode MPPT yang mengadopsi cara bekerja jaringan saraf pada tubuh manusia, dan metode berbasis *soft-computing* yang berbeda jika dibandingkan dengan algoritma yang lain. Perbedaannya yaitu adanya proses pembelajaran (*learning*) yang memungkinkan algoritma

mengetahui pola karakteristik dari panel surya yang digunakan sehingga mengakibatkan hasil pencarian daya maksimum dari panel surya yang lebih baik dan akurat. Selain itu ANN memiliki keunggulan lain di antaranya memiliki kestabilan saat *tracking*, cepat menuju MPP, tidak memerlukan perhitungan matematika atau komputasi yang rumit, serta memiliki performa yang baik untuk segala jenis kondisi dan permasalahan [17], [18], [19]. MPPT ANN dapat mencapai daya maksimum atau MPP dari panel surya tanpa ada proses pencarian di area titik daya yang optimal [20].

Dari beberapa permasalahan yang sudah dipaparkan maka dirancang suatu metode MPPT dengan menggunakan algoritma ANN. Parameter masukan dari ANN menggunakan satu parameter saja yaitu menggunakan arus hubung singkat dari panel surya. Parameter keluaran dari ANN merupakan nilai *duty cycle* dari posisi MPP dari panel surya. Sehingga dengan arsitektur ANN yang sangat sederhana yaitu satu masukan dan satu keluaran, algoritma yang diajukan bisa mencapai MPP dengan cepat, tepat, dan tidak mengandung osilasi daya.

## II. STUDI PUSTAKA

Metode MPPT dengan menggunakan nilai arus hubung singkat dari panel surya adalah suatu metode yang menerapkan pendekatan secara linier hubungan antara arus hubung singkat dari panel surya dengan nilai arus pada daya maksimum ( $I_{MPP}$ ) pada panel surya [21], [22]. Persamaan matematika yang dapat digunakan untuk bisa mencapai arus pada daya maksimum ( $I_{MPP}$ ) adalah sebagai berikut:

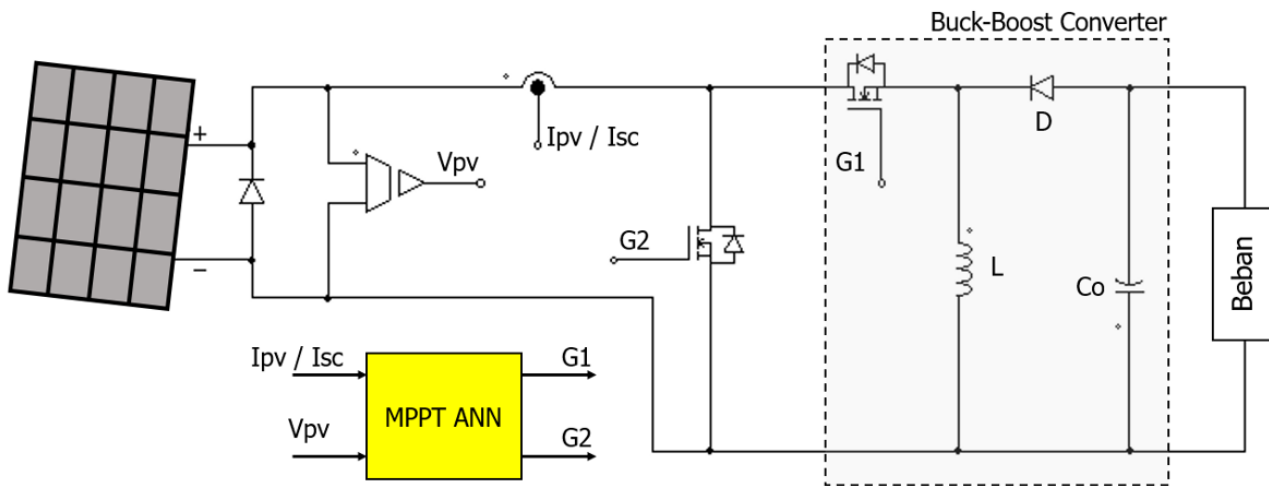
$$I_{MPP} \approx k \cdot I_{SC}, \quad (1)$$

dimana  $k$  merupakan konstanta yang nilainya mengikuti karakteristik panel surya yang digunakan. Hal tersebut bersifat tidak pasti dan dapat menyebabkan pengujian secara *trial* dan *error*, sehingga akan sangat membutuhkan waktu juga untuk bisa menyesuaikan nilai konstanta yang sesuai. Hadeed Ahmed Sher, dkk. [23], telah melakukan penelitian dengan menggabungkan prinsip kerja dari MPPT arus hubung singkat dengan MPPT *Perturb and Observe*. Proses pendeteksian arus hubung singkat digunakan sebagai posisi awal *tracking* dari MPPT *Perturb and Observe* agar lebih cepat mencapai daerah MPP. Akan tetapi ketika berada pada daerah MPP, masih terjadi osilasi daya pada daerah MPP. Dengan berbagai penelitian yang dilakukan, arus hubung singkat dari panel surya bisa digunakan sebagai parameter *input* dari ANN untuk mencapai titik operasi daya maksimum.

## III. METODE

### A. Karakteristik Panel Surya dan Proses Pengambilan Data Learning

Algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) diimplementasikan sebagai *Maximum Power Point*



Gambar 1. Skema MPPT ANN dengan deteksi arus hubung singkat

Tabel 1. Spesifikasi dari modul surya

POLYCRYSTALLINE		
Maximum Power	Pmax	100 W
Maximum Power Voltage	Vmp	17.6 V
Maximum Power Current	Imp	5.69 A
Open Circuit Voltage	Voc	22.6 V
Short Circuit Current	Isc	6.09 A
Standard Test Condition : Temp = 25 °C ; AM = 1.5 ; Irradiance = 1000 W/m <sup>2</sup>		

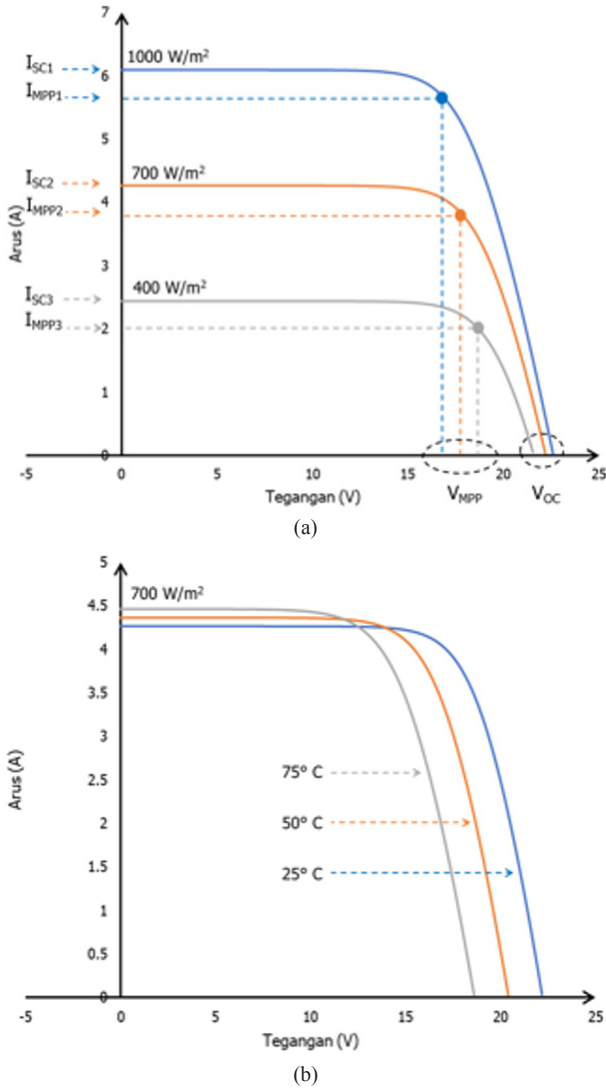
Tracking (MPPT) untuk mendapatkan daya maksimum dari panel surya dengan referensi arus hubung singkat panel surya. Gambar 1 merupakan skema MPPT ANN yang dilengkapi dengan deteksi arus hubung singkat dari panel surya. Terdapat dua sensor yang terpasang pada panel surya, yaitu sensor arus yang digunakan untuk membaca nilai arus yang dihasilkan oleh panel surya dan juga digunakan untuk membaca nilai arus hubung singkat dari panel surya. Sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Konverter daya yang digunakan merupakan konverter daya dengan tipe *Buck-Boost*. Arus hubung singkat terjadi ketika sistem memberikan nilai *duty cycle* sebesar 100% pada G2, sehingga MOSFET akan terhubung dan berlaku seperti saklar. Kemudian nilai arus akan terbaca oleh sensor dan dikirim ke sistem untuk dikalkulasi besar nilai *duty cycle* pada daerah MPP.

Nilai *duty cycle* yang dihasilkan oleh MPPT ANN dikirim melalui G1 menuju ke konverter daya. Kemudian nilai arus dan tegangan terbaca oleh sensor, dan dikalkulasi besar daya yang bisa dihasilkan oleh algoritma. Modul surya yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modul surya dengan kapasitas 100 WP pada radiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, spesifikasi dari modul surya ditunjukkan dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan kurva karakteristik dari modul surya terhadap perubahan radiasi matahari seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(a), dan terhadap perubahan suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(b).

Gambar 2(a) menunjukkan bahwa hubungan arus hubung singkat pada modul surya memiliki pendekatan secara linier terhadap arus pada daya maksimum (IMPP). Gambar 2 juga menunjukkan bahwa pengaruh terbesar terhadap perubahan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya disebabkan oleh perubahan nilai radiasi. Nilai arus berubah secara signifikan jika terjadi perubahan radiasi. Sehingga dalam penelitian ini, nilai yang digunakan pada data *learning* dan nilai yang diamati pada pengujian MPPT dilakukan pada kondisi perubahan radiasi saja. Untuk proses mendapatkan arus hubung singkat pada setiap kondisi radiasi matahari yang berbeda dan digunakan untuk data *learning* dilakukan proses sesuai pada Gambar 3. Pada setiap nilai radiasi matahari akan dicatat nilai arus hubung singkat yang dihasilkan dan nilai *duty cycle* pada daerah MPP. *Duty cycle* pada konverter daya akan diatur secara manual untuk mengetahui berapa nilai *duty cycle* yang tepat pada daerah MPP. Nilai arus hubung singkat akan digunakan sebagai parameter nilai *input* serta nilai *duty cycle* pada daerah MPP akan digunakan sebagai parameter nilai *output* pada arsitektur ANN.

### B. Arsitektur Artificial Neural Network (ANN) dan Hasil Learning

ANN yang digunakan merupakan ANN yang terdiri dari satu layer *input*, satu layer *hidden*, dan satu layer *output*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Satu layer *input* yang merupakan arus hubung singkat dari panel surya, satu layer *hidden* dan satu layer *output* yang merupakan nilai *duty cycle* pada daerah MPP dari panel surya yang digunakan. Layer *hidden* tersusun dari lima *neuron* yang merupakan hasil dari pengujian *neural network regression* pada *software* MATLAB. Penentuan jumlah *neuron* dilakukan mulai dari jumlah *neuron* sebanyak satu, sampai sepuluh *neuron*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB yang merupakan layer *input* adalah nilai-nilai arus hubung singkat dan layer *output* adalah nilai-nilai *duty cycle* pada daerah MPP. Hasil pengujian pada *software* MATLAB untuk menentukan jumlah *neuron* yang digunakan ditunjukkan sebagaimana

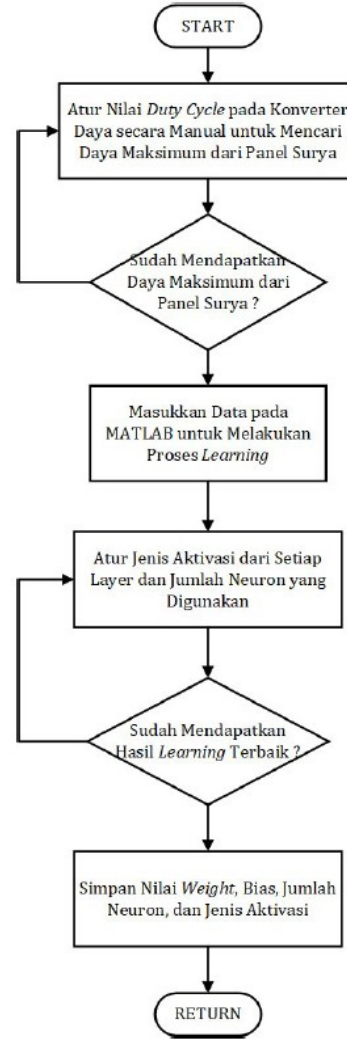


Gambar 2. Kurva karakteristik I-V modul surya (a) Terhadap perubahan radiasi matahari (b) Terhadap perubahan suhu

pada Gambar 5 dengan nilai maksimal terdapat pada neuron kelima dengan nilai 0,99969.

Penggunaan parameter pada layer *input* hanya menggunakan arus hubung singkat dari panel surya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(a) tentang kurva karakteristik I-V dari panel surya dengan tiga nilai variasi radiasi matahari. Pada radiasi 1000 W/m<sup>2</sup> nilai arus hubung singkat bernilai 6,09 A, pada radiasi 700 W/m<sup>2</sup> nilai arus hubung singkat bernilai 4.26 A, dan pada radiasi 400 W/m<sup>2</sup> nilai arus hubung singkat bernilai 2,44 A. Hal ini menunjukkan bahwa nilai arus hubung singkat memiliki hubungan linier dengan nilai radiasi matahari. Secara perhitungan matematis, nilai arus hubung singkat merupakan hasil perbandingan searah dari nilai radiasi matahari. Sehingga nilai arus hubung singkat bisa merepresentasikan nilai dari radiasi matahari.

Pada layer *input* dari ANN, nilai-nilai dari arus hubung singkat dari panel surya membutuhkan normalisasi terlebih dahulu sebelum masuk pada persamaan ANN yang digunakan. Persamaan yang digunakan untuk proses normalisasi ditunjukkan pada (2).



Gambar 3. Flowchart untuk mendapatkan data learning

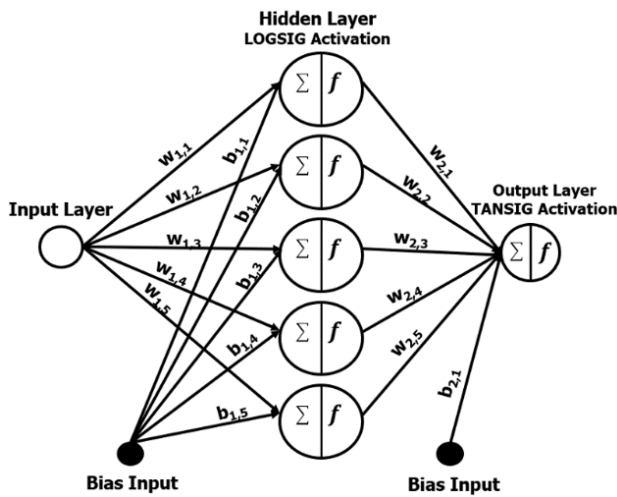
$$Z = \frac{(I_{SC} - I_{SCmin})}{(I_{SCmax} - I_{SCmin})} - 1, \tag{2}$$

dimana  $Z$  adalah normalisasi untuk masukan ANN, adalah nilai arus hubung singkat yang terukur pada panel surya, dengan dan adalah nilai arus hubung singkat terbesar dan terkecil berdasarkan data *learning* yang digunakan.

Pada layer *hidden* yang terdiri dari lima neuron menggunakan aktivasi *logsig* dengan persamaan yang ditunjukkan pada (3).

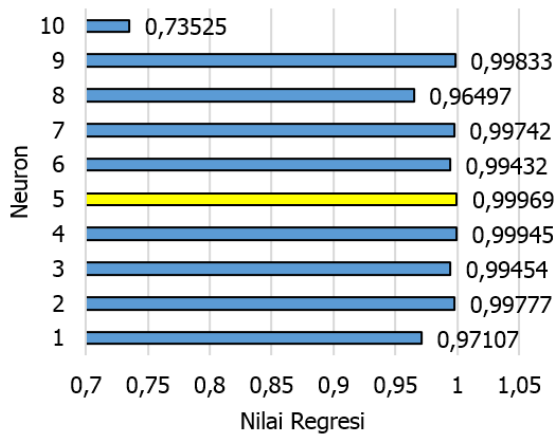
$$L_n = \frac{1}{(1 + e^{-((Z + v_n) + b_n)})}, \tag{3}$$

dimana  $n$  adalah jumlah neuron yang digunakan, adalah nilai *weight*, dan adalah nilai bias dari ANN. Nilai *weight* dan bias didapatkan dari proses *learning* atau pada saat penentuan nilai neuron terbaik pada *software* MATLAB. Pada layer *hidden* digunakan masing-masing lima nilai *weight* dan bias yang tercantum pada proses inisiasi. Pada layer *output* menggunakan aktivasi *tansig* dengan persamaan yang ditunjukkan pada (4).



Gambar 4. Arsitektur algoritma ANN untuk MPPT

Neural Network Training Regression Test



Gambar 5. Grafik perbandingan jumlah neuron pada neural network training regression test

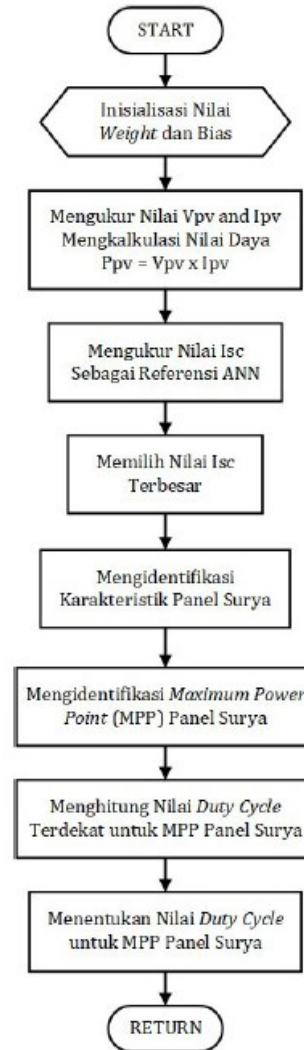
$$Tan = \frac{2}{\left(1 + e^{\left(\frac{-2 + \sum_{n=1}^5 ((Z + w_{in}) + b_n)}{2}\right)}\right)} - 1, \quad (4)$$

dimana *Tan* adalah nilai *tansig* yang dihasilkan oleh (4). Nilai *weight* dan bias yang digunakan merupakan hasil dari proses *learning* dan menginisiasi masing-masing sebanyak lima nilai. Nilai *weight* dan bias pada layer *hidden* dan layer *ouput* sifatnya tidak menentu atau acak karena menyesuaikan bentuk arsitektur yang digunakan. Pada layer *output* juga terdapat normalisasi yang ditunjukkan pada (5).

$$D = \frac{(Tan + 1)(D_{max} - D_{min})}{2} + D_{min}, \quad (5)$$

dimana *D* merupakan *duty cycle* MPP, dan merupakan nilai *duty cycle* MPP tertinggi dan terendah berdasarkan data *learning* yang digunakan. Hasil dari (5) akan dikirim ke konverter daya untuk mendapatkan daya maksimum dari panel surya.

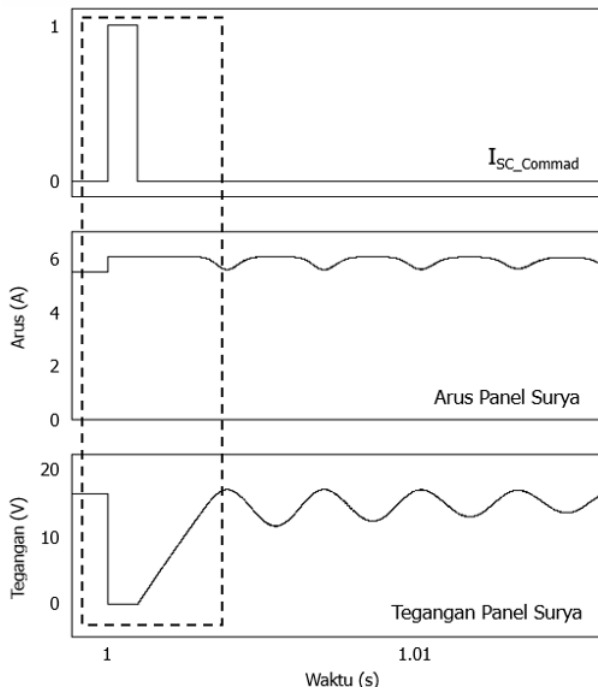
Gambar 6 merupakan *flowchart* untuk sistem dari algoritma MPPT yang diajukan. Sebelum sistem



Gambar 6. Flowchart algoritma MPPT ANN

mengukur nilai arus dan tegangan dari panel surya yang didapatkan dari sensor, sistem melakukan hubung singkat terlebih dahulu untuk mendapatkan arus hubung singkat. Proses pendeteksian arus hubung singkat ditandai dengan nilai daya yang akan turun atau bernilai nol. Kemudian arus hubung singkat tersebut dikalkulasi dengan ANN untuk mendapatkan nilai *duty cycle* pada daerah MPP dari panel surya. Pada penelitian ini, nilai arus hubung singkat yang digunakan untuk data *learning* tidak hanya menggunakan nilai pada kondisi *Standard Test Condition* (STC) saja. Akan tetapi menggunakan 28 data variasi nilai arus hubung singkat mulai dari arus hubung singkat pada radiasi 1000 W/m<sup>2</sup> sampai 100 W/m<sup>2</sup> beserta nilai *duty cycle* pada daerah MPP. Sehingga ada 28 data variasi data untuk *input* dan *output* yang digunakan sebagai data *learning* pada *software* MATLAB.

Pada penelitian ini digunakan algoritma pembandingan untuk mengetahui lebih jelas karakteristik performa dari algoritma MPPT yang diajukan. Algoritma pembandingan yang digunakan merupakan algoritma MPPT *Perturb and Observe* (P&O). Algoritma MPPT P&O digunakan sebagai algoritma pembandingan karena memiliki kesederhanaan dalam susunan algoritma tetapi algoritma tersebut masih



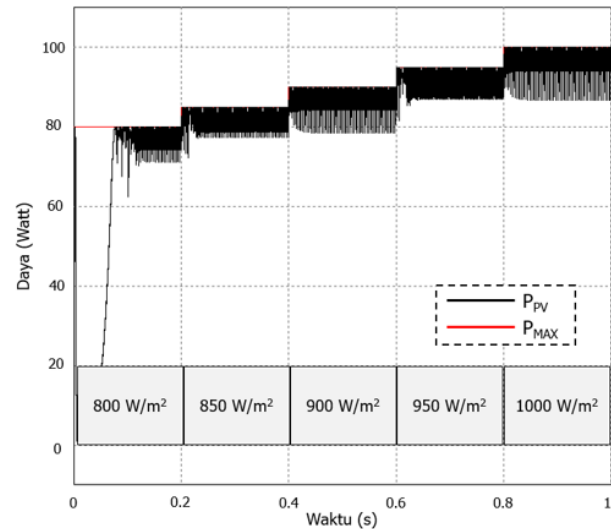
Gambar 7. Proses deteksi arus hubung singkat dari panel surya

bisa mendapatkan nilai daya maksimum dari panel surya dalam berbagai kondisi radiasi matahari. Kedua algoritma akan dibandingkan dengan kondisi radiasi yang sama sehingga akan terlihat apakah algoritma yang diajukan memiliki karakteristik yang berbeda dengan algoritma MPPT P&O. Pembahasan lebih detail tertera pada bab hasil dan pembahasan.

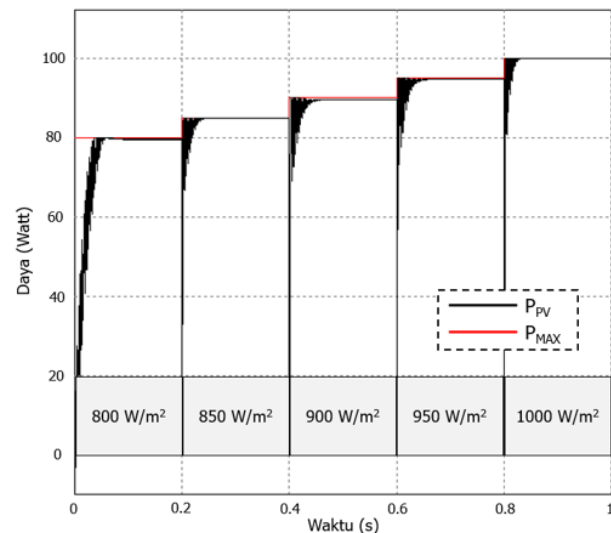
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *software Power Simulation (PSIM)*. Spesifikasi panel surya yang digunakan disesuaikan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua kondisi radiasi matahari, yaitu untuk radiasi matahari berubah-ubah, dan untuk kondisi radiasi matahari tetap. Pengujian MPPT dengan nilai radiasi berubah dilakukan untuk mengetahui respon MPPT ketika terjadi nilai radiasi berubah-ubah, dan pengujian MPPT dengan kondisi radiasi tetap dilakukan untuk mengetahui respon awal saat MPPT melakukan *tracking*. ANN diimplementasikan pada *simplified c block* di PSIM dan menggunakan konverter daya *buck-boost*.

Gambar 7 merupakan proses terjadinya deteksi arus hubung singkat dari panel surya, yang terdiri dari *Isc\_Command*, Arus, dan Tegangan. *Isc\_Command* merupakan kondisi ketika sistem melakukan pendeteksian arus hubung singkat dari panel surya, ditandai dengan nilai awal nol (0) kemudian berubah menjadi satu (1). Pada saat kondisi ini nilai arus mendeteksi nilai arus hubung singkat, dan nilai tegangan berubah menjadi 0 (nol) atau turun sementara. Lama dari nilai tegangan menjadi nol tergantung dari lamanya sistem mendeteksi nilai arus hubung singkat dari panel surya. Dalam penelitian ini, sistem mendeteksi arus



Gambar 8. Kurva MPPT P&O dengan kondisi nilai radiasi berubah-ubah

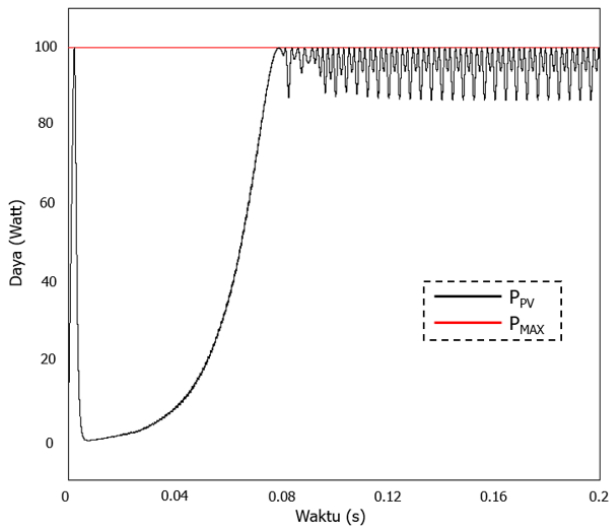


Gambar 9. Kurva MPPT ANN dengan kondisi nilai radiasi berubah-ubah

hubung singkat selama 1 ms. Ketika nilai referensi arus hubung singkat didapatkan, secara langsung ANN dapat menentukan berapa nilai *duty cycle* yang sesuai untuk bisa mencapai daya maksimum dari panel surya.

Gambar 8 merupakan respon dari MPPT P&O ketika nilai radiasi matahari berubah-ubah. Nilai pertama radiasi sebesar  $800 \text{ W/m}^2$ , berubah dengan kenaikan  $50 \text{ W/m}^2$  dan sampai pada nilai  $1000 \text{ W/m}^2$ . Pada kurva terlihat bahwa MPPT P&O dapat mencapai *Maximum Power Point* (MPP) dari panel surya akan tetapi masih terjadi osilasi daya. Kondisi ini akan merugikan jika MPPT diimplementasikan ke dalam *hardware* karena akan mengurangi *lifetime* dari komponen *power* konverter daya terutama komponen *switching*.

Gambar 9 merupakan kurva MPPT ANN untuk kondisi radiasi matahari yang berubah-ubah. Perubahan nilai radiasi memiliki nilai yang sama dengan pengujian pada MPPT P&O. Pada kurva menunjukkan bahwa pada saat terjadi perubahan nilai radiasi, MPPT ANN mendeteksi ulang nilai arus hubung singkat dari panel surya untuk didapatkan nilai MPP dari panel surya.

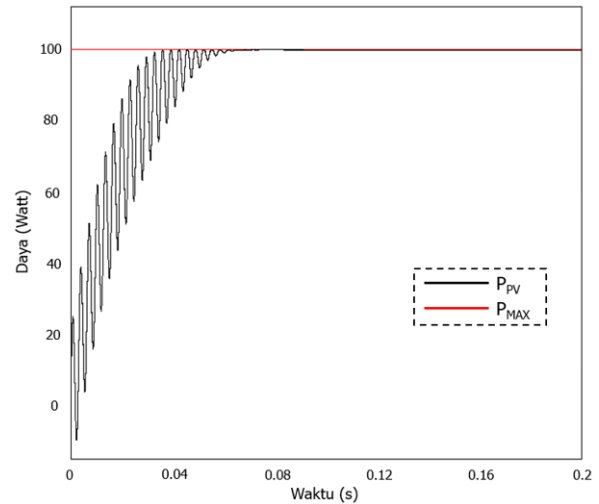


Gambar 10. Kurva MPPT P&O dengan kondisi nilai radiasi tetap

Pada saat awal *tracking*, MPPT mengalami osilasi daya terlebih dahulu yang merupakan respon dari konverter daya. Hal yang paling membedakan dari kedua metode MPPT tersebut adalah terletak pada saat awal sistem *running* kemudian melakukan *tracking* MPP dari panel surya, dan ketika MPPT sudah mendapatkan nilai MPP dari panel surya. MPPT P&O membutuhkan waktu yang cukup lama untuk bisa mencapai MPP dan ketika MPPT sudah mencapai MPP, sistem masih terus mencari ulang dan MPPT tidak dapat mengunci nilai MPP. MPPT ANN dengan cepat dapat mencapai MPP dari panel surya dan MPPT ANN bisa mengunci nilai dan tidak melakukan proses *tracking* ulang. Ketika awal nilai *duty cycle* untuk daerah MPP sudah didapatkan ANN, akan tetapi ketika nilai tersebut diberikan ke konverter timbul respon awal sehingga hal tersebut yang membuat tidak secara langsung berada pada daerah MPP. Pengujian selanjutnya merupakan pengujian MPPT pada radiasi tetap, untuk bisa melihat secara detail respon yang dihasilkan oleh masing-masing algoritma.

Gambar 10 merupakan pengujian MPPT P&O dengan nilai radiasi tetap, yaitu 1000 W/m<sup>2</sup>. MPPT P&O memerlukan waktu 0,08 detik untuk bisa mencapai MPP dari panel surya. Nilai awal yang naik merupakan respon awal dari konverter daya. Ketika berada di daerah MPP, masih terdapat osilasi daya. Besar osilasi daya yang dihasilkan tergantung dari penambahan atau pengurangan nilai *duty cycle* yang diatur pada algoritma atau yang sering disebut *step size*. Semakin besar nilai *step size* maka nilai osilasi daya pada daerah MPP akan semakin besar.

Pada Gambar 11 terlihat respon untuk MPPT *Artificial Neural Network* (ANN) untuk kondisi radiasi matahari sebesar 1000 W/m<sup>2</sup>. Ketika MPPT ANN sudah mencapai MPP atau daya maksimum dari panel surya, MPPT tidak mendeteksi ulang nilai daya yang didapatkan. ANN secara otomatis mendeteksi nilai *duty cycle* untuk konverter yang nilainya bisa menghasilkan daya maksimum atau *Maximum Power Point* (MPP) dari panel surya yang digunakan. Osilasi daya awal yang dihasilkan disebabkan oleh respon dari konverter daya yang digunakan. Saat



Gambar 11. Kurva MPPT ANN dengan Kondisi Nilai Radiasi Tetap

Tabel 2. Hasil pengujian MPPT pada radiasi 1000 W/m<sup>2</sup>

Metode MPPT	ANN	P&O
P <sub>MAX</sub> (Watt)	100	
PMPPT (Watt)	99.97	99.28
Osilasi Daya	Tidak	Ya
Error Osilasi Daya (%)	0	11.5
Kecepatan Tracking (s)	0.063	0.08

sudah mencapai daya maksimum tidak terjadi osilasi daya atau tidak terjadi perubahan daya karena nilai *duty cycle* yang dihasilkan tidak berubah. Nilai *duty cycle* yang didapatkan berasal dari MPPT ANN dengan referensi nilai arus hubung singkat dari panel surya.

Tabel 2 merupakan tabel pengujian MPPT pada kondisi radiasi 1000 W/m<sup>2</sup>. Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua jenis MPPT, yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) dengan *Perturb and Observe* (P&O). Baik MPPT ANN maupun MPPT P&O, kedua jenis MPPT tersebut dapat mencapai dan mendekati nilai daya maksimum dari panel surya. Kedua MPPT tersebut juga memiliki nilai daya yang hampir sama. Akan tetapi, untuk MPPT ANN tidak mengalami kondisi osilasi daya saat MPPT sudah mencapai MPP, hal ini berbeda dengan MPPT P&O.

MPPT P&O mengalami kondisi osilasi daya saat sudah mencapai *Maximum Power Point* (MPP) dengan nilai kesalahan bisa mencapai 11,5%. Hal ini menunjukkan bahwa MPPT P&O tidak bisa berada dalam kondisi *steady* ketika sudah mencapai atau mendekati nilai MPP dari panel surya. Kecepatan *tracking* dari MPPT ANN juga lebih cepat jika dibandingkan dengan MPPT P&O. MPPT ANN membutuhkan waktu 0,063 detik untuk mencapai MPP dari panel surya. Nilai 0,063 detik merupakan hasil yang disebabkan oleh respon dari konverter saat digunakan, akan tetapi nilai *duty cycle* yang dihasilkan sudah didapatkan sesaat setelah mendapatkan arus hubung singkat dari panel surya.

## V. KESIMPULAN

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) diajukan untuk meningkatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Arus hubung singkat pada panel surya digunakan sebagai referensi algoritma ANN untuk bisa mendapatkan *Maximum Power Point* (MPP) atau daya maksimum dari panel surya. Proses pendeteksian nilai arus hubung singkat dibuktikan dengan menurunnya secara sesaat nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Dikarenakan secara sesaat MOSFET menghubungkan terminal positif dan negatif dari panel surya dan tidak ada aliran daya yang menuju ke sistem. Nilai arus hubung singkat dibaca sensor dan digunakan ANN untuk mendapatkan nilai *duty cycle* pada daerah MPP. Sehingga kondisi tersebut mengakibatkan nilai daya menjadi nol ketika MPPT mendeteksi arus hubung singkat dari panel surya. Pada radiasi berubah-ubah, MPPT ANN masih bisa mencapai titik operasi daya maksimum dari panel surya, mulai radiasi 800 W/m<sup>2</sup> sampai 1000 W/m<sup>2</sup> dengan penambahan 50 W/m<sup>2</sup>. Pada radiasi matahari tetap sebesar 1000 W/m<sup>2</sup>, MPPT ANN mendapatkan daya maksimum sebesar 99,97 Watt untuk panel surya dengan kapasitas 100 WP dengan waktu 0,063 detik, dan tidak terjadi osilasi daya ketika MPPT sudah mencapai MPP dari panel surya.

## REFERENSI

- [1] N. Kannan and D. Vakeesan, "Solar energy for future world: - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER*, vol. 62, pp. 1092-1105, 2016.
- [2] N. A. Windarko, A. Tjahjono, D. O. Anggriawan and M. H. Purnomo, "Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic System Using Adaptive Modified Firefly Algorithm," in 2015 *International Electronics Symposium (IES)*, Surabaya, 2015.
- [3] R. Arshad, S. Tariq, M. U. Niaz and M. Jamil, "Improvement in Solar Panel Efficiency Using Solar Concentration by Simple Mirrors and by Cooling," in 2014 *International Conference on Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE)*, Islamabad, 2014.
- [4] Y. Yao, Y. Hu, S. Gao, G. Yang and J. Du, "A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies," *Renewable Energy - ELSEVIER*, vol. 72, pp. 88-98, 2014.
- [5] S. Mohanty, B. Subudhi and P. K. Ray, "A New MPPT Design Using Grey Wolf Optimization Technique for Photovoltaic System Under Partial Shading Conditions," *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*, vol. 7, no. 1, pp. 181-188, 2016.
- [6] A. Sahay, V. K. Sethi, A. C. Tiwari and M. Pandey, "A review of solar photovoltaic panel cooling systems with special reference to Ground coupled central panel cooling system (GC-CPCS)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER*, vol. 42, pp. 306-312, 2015.
- [7] S. M. S. Alam and A. N. M. M. Rahman, "Performance comparison of mirror reflected solar panel with tracking and cooling," in 4th *International Conference on the Development in the Renewable Energy Technology (ICDRET)*, Dhaka, 2016.
- [8] A. M. Faraloya, A. N. Hasan and A. Ali, "Curve Fitting Polynomial Technique Compared to ANFIS Technique for Maximum Power Point Tracking," in 8th *International Renewable Energy Congress (IREC)*, Amman, 2017.
- [9] H. A. Sher, A. F. Murtaza, A. Noman, K. E. Addoweesh and M. Chiaberge, "An intelligent control strategy of fractional short circuit current maximum power point tracking technique for photovoltaic applications," *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 7, pp. 1-15, 2015.
- [10] K. Siddhant, "Implementation of Fractional Open Circuit Voltage Mppt Algorithm in A Low Cost Microcontroller," National Institute of Technology, Rourkela, 2014.
- [11] S. Malathy and R. Ramaprabha, "Maximum Power Point Tracking Based on Look up Table Approach," *Advanced Materials Research*, vol. 768, pp. 124-130, 2013.
- [12] M. Kamran, M. Mudassar, M. R. Fazal, M. U. Asghar, M. Bilal and R. Asghar, "Implementation of improved Perturb & Observe MPPT technique with confined search space for standalone photovoltaic system," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, pp. 1-10, 2018.
- [13] R. I. Putri, S. Wibowo and M. Rifa'i, "Maximum power point tracking for photovoltaic using incremental conductance method," in 2nd *International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA 2014*, Bandung, 2014.
- [14] Q. Mei, M. Shan, L. Liu and J. M. Guerrero, "A Novel Improved Variable Step-Size Incremental-Resistance MPPT Method for PV Systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 6, pp. 2427-2434, 2011.
- [15] A. S. Samosir, H. Gusmedi, S. Purwiyanti and E. Komalasari, "Modeling and Simulation of Fuzzy Logic based Maximum Power Point Tracking (MPPT) for PV Application," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 8, no. 3, pp. 1315-1323, 2018.
- [16] S. Hadji, J.-P. Gaubert and F. Krim, "Theoretical and Experiment Analysis of Genetic Algorithms Based MPPT for PV Systems," in *International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15*, Beirut, 2015.
- [17] P. Q. Dzung, L. D. Khoa, H. H. Lee, L. M. Phuong and N. T. Dan Vu, "The New MPPT Algorithm using ANN-Based PV," in *International Forum on Strategic Technology (IFOST)*, Ulsan, 2010.
- [18] S. Messalti, A. Harrag and A. Loukriz, "A new variable step size neural networks MPPT controller: Review, simulation and hardware implementation," *Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER*, vol. 68, pp. 221-233, 2017.
- [19] L. M. Elobaid, A. K. Abdelsalam and E. E. Zakzouk, "Artificial neural network-based photovoltaic maximum power point tracking techniques: a survey," *IET Renewable Power Generation*, vol. 9, no. 8, pp. 1043-1063, 2015.
- [20] M. Seyedmahmoudian, B. Horan, T. K. Soon, R. Rahmani, A. M. Than Oo, S. Mekhilef and A. Stojcevski, "State of the art artificial intelligence-based MPPT technique for mitigating partial shading effects on PV systems - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 64, pp. 435-455, 2016.
- [21] N. A. Kamarzaman and C. W. Tan, "A comprehensive review of maximum power point tracking algorithms for photovoltaic systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER*, vol. 37, pp. 585-598, 2014.
- [22] H. A. Sher, K. E. Addoweesh and K. Al-Haddad, "An Efficient and Cost-Effective Hybrid MPPT Method for a Photovoltaic Flyback Micro-Inverter," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 9, no. 3, pp. 1137-1144, 2018.
- [23] H. A. Sher, A. F. Murtaza, A. Noman, K. E. Addoweesh, K. Al-Haddad and M. Chiaberge, "A New Sensorless Hybrid MPPT Algorithm Based on Fractional Short-Circuit Current Measurement and P&O MPPT," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 1426-1434, 2015.