

Sistem Kendali MPPT Panel Surya Dengan Menggunakan Algoritma Jaringan Saraf Tiruan

Ishlah Fain Sanul^{*)1}, Muldi Yuhendri²

^{1,2}Teknik Elektro Industri, Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang

^{*)}Corresponding author, fainsanul01@email.com

Abstrak

Energi merupakan kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi. Energi yang selama ini digunakan adalah energi fosil atau energi yang tidak terbarukan. Produksi energi yang meningkat menyebabkan ketersediaan bahan baku energi menjadi menurun. Hal ini mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru terbarukan dengan memanfaatkan energi terbesar yang ada di Indonesia yaitu energi surya. Cara memanfaatkan energi surya dengan menggunakan sistem PV yaitu mengubah energi surya menjadi energi listrik, yang diimplementasikan pada panel surya. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya ditentukan oleh temperatur dan radiasi cahaya matahari yang mengenai permukaan panel surya. Nilai maksimum daya output panel surya ini berada pada nilai arus dan tegangan yang berbeda pada setiap perubahan radiasi temperatur. Untuk mendapatkan nilai daya output yang maksimal dapat menggunakan salah satu metode yaitu *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Penelitian ini menggunakan konverter boost untuk sistem kendali MPPT pada panel surya. Sistem kendali MPPT menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk pengaturan tegangan output panel surya. Pengaplikasian JST ini menggunakan metode *backpropagation*. Sistem kendali MPPT berbasis JST ini diimplementasikan pada empat buah panel surya 50 WP dengan menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai peralatan kontrolnya. Pengujian alat ini mampu mempercepat mencapai titik daya maksimum pada panel surya dalam waktu kurang dari 1 detik. ini menunjukkan bahwa sistem kendali MPPT berbasis JST yang diusulkan telah bekerja dengan baik,

INFO.

Info. Artikel:

No. 391

Received. May, 24, 2023

Revised. June, 5, 2023

Accepted. June, 08, 2023

Page. 345 – 352

Kata kunci:

- ✓ Energi baru terbarukan
- ✓ Panel surya
- ✓ MPPT
- ✓ Konverter boost
- ✓ Jaringan saraf tiruan (JST)

Abstract

Energy is a community need that must be met. The energy that has been used is fossil energy or non-renewable energy. Increased energy production causes the availability of energy raw materials to decrease. This encourages the government to increase the role of new renewable energy by utilizing the largest energy in Indonesia, namely solar energy. How to utilize solar energy by using a PV system is to convert solar energy into electrical energy, which is implemented on solar panels. The electrical power generated by solar panels is determined by the temperature and radiation of sunlight hitting the surface of solar panels. The maximum value of solar panel output power is at different current and voltage values at each change in temperature radiation. To get the maximum output power value, you can use one method, namely Maximum Power Point Tracking (MPPT). This study used a boost converter for the MPPT control system on solar panels. The MPPT control system uses an Artificial Neural Network (JST) algorithm for solar panel output voltage regulation. The application of JST uses the backpropagation method. This JST-based MPPT control system is implemented on four 50 WP solar panels using Arduino Mega 2560 as its control equipment. Testing this tool is able to accelerate to reach the maximum power point on the solar panel in less than 1 second. this shows that the proposed JST-based MPPT control system has worked well.

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi. Jumlah penduduk Indonesia yang semakin meningkat berbanding lurus dengan energi yang dibutuhkan. Produksi energi yang meningkat menyebabkan ketersediaan bahan baku energi menjadi menurun. Energi yang selama ini

digunakan adalah energi fosil atau energi yang tidak terbarukan. Produksi besar – besaran dari energi fosil menyebabkan ketersediaan bahan baku energi fosil terancam [1]. Selain ketersediaan bahan baku energi fosil terancam, emisi gas dari energi fosil juga menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Hal ini mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Dari berbagai jenis energi baru terbarukan, mulai dari tenaga air, panas bumi, bioenergi, surya, angin dan energi laut, potensi energi terbesar yang ada di Indonesia adalah energi surya, yaitu 207,8 GW dari total 442 GW potensi energi terbarukan. Ini didukung karena di Indonesia disinari matahari sepanjang tahun [2][3].

Radiasi cahaya matahari dan temperatur yang mengenai permukaan panel surya menentukan besar daya listrik panel surya yang dihasilkan [1]. Karakteristik tegangan dan arusnya, daya output panel surya memiliki variasi dalam satu nilai radiasi dan temperatur, pada variasi tersebut terdapat satu nilai maksimum yang dihasilkan [4]. Daya output maksimum panel surya ini dipengaruhi oleh nilai arus dan tegangan yang berbeda pada setiap perubahan radiasi temperatur. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai daya output maksimal yaitu *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan cara mengendalikan tegangan output panel surya pada titik daya maksimum [5][6].

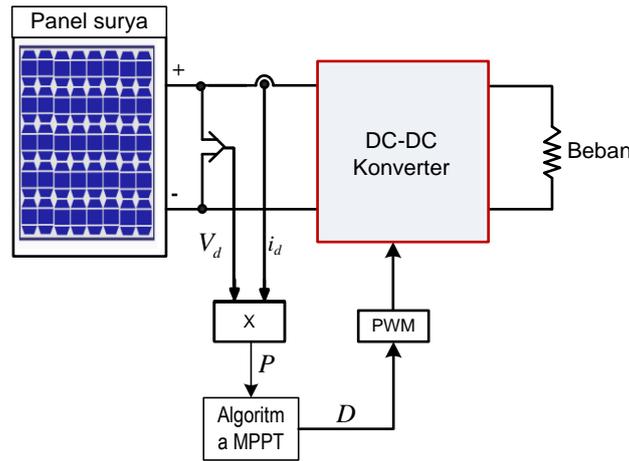
Kendali tegangan panel surya untuk mendapatkan daya maksimum dapat diterapkan dengan menggunakan dc-dc converter, seperti *buck converter*, *boost converter* ataupun jenis dc-dc converter lainnya [7][8]. Dalam penelitian ini sistem kendali MPPT akan diterapkan menggunakan *boost converter*. Konverter jenis ini memiliki sifat, tegangan keluaran lebih tinggi dari pada tegangan masukan, atau bisa disebut dengan konverter penaik tegangan. Pengendalian tegangan panel surya dengan *boost converter* pada titik daya maksimum dapat dilakukan dengan mengatur pulsa modulasi *switch* semikonduktor yang ada pada konverter tersebut. Pulsa modulasi ini akan mengatur on/off dari semikonduktor tersebut, sehingga tegangan keluaran dari konverter dapat dikendalikan sesuai dengan yang diinginkan. Salah satu metode pengaturan waktu on dan off semikonduktor pada konverter daya adalah dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM). Waktu on dan off sebuah semikonduktor pada PWM ditentukan oleh *duty cycle*, yaitu perbandingan waktu on *switch* dengan periode *switching* [9]. Berdasarkan konsep ini, maka pengaturan tegangan output konverter pada sistem kendali MPPT panel surya dapat dilakukan dengan mengatur *duty cycle* dari *switch* yang digunakan pada konverter tersebut.

Dalam sistem kendali MPPT, pengaturan *duty cycle switch converter* dilakukan dengan menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST). Pengaplikasian JST ini menggunakan metode *backpropagation*, karena Metode *backpropagation* dapat menghasilkan nilai perubahan *duty cycle* yang bervariasi. Dalam penelitian ini, Sistem kendali MPPT berbasis JST ini akan diimplementasikan pada empat panel surya dengan kapasitas 50 *Watt Peak* (WP) dengan menggunakan arduino mega 2560 sebagai pusat kontrolnya.

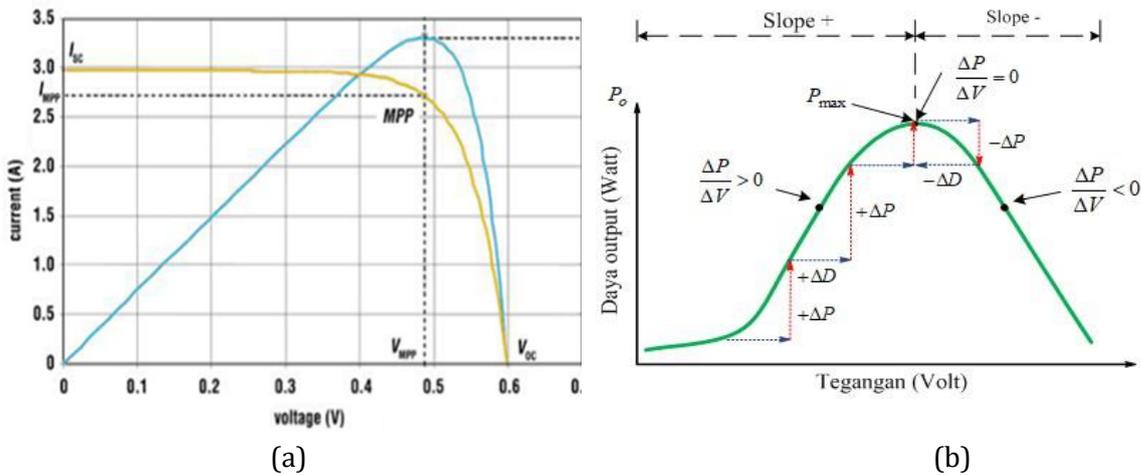
METODE PENELITIAN

Penelitian sistem kendali MPPT berbasis algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk panel surya 4 x 50 WP diteliti dalam bentuk eksperimen. Sistem kendali MPPT menggunakan *boost converter* untuk mengendalikan nilai tegangan output panel surya. Untuk mengendalikan tegangan output pada konverter boost dengan cara mengatur lebar pulsa PWM [10][11]. Lebar pulsa PWM dikendalikan dengan mencari *duty cycle* menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan dengan menentukan nilai input dan output pada jaringan saraf tiruan.

Gambar 1 merupakan skema sistem kendali MPPT pada PV dengan dc –dc konverter. Data penelitian ini adalah arus dan tegangan output panel surya untuk mendapatkan daya dan perubahan daya yang akan digunakan sebagai data input algoritma Jaringan Saraf Tiruan. Sedangkan data output algoritma Jaringan Saraf Tiruan menggunakan nilai perubahan *duty cycle* yang diinginkan. Lalu kemudian data training menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan untuk menentukan nilai *duty cycle* sinyal PWM yang akan dikirim ke dc-dc konverter untuk menentukan nilai tegangan sehingga menghasilkan daya maksimum dititik tertentu.



Gambar 1. Pemodelan skema algoritma MPPT pada PV dengan DC - DC konverter



Gambar 2. Sistem MPPT (a) maximum power point (MPP), (b) algoritma *perturb and observe* (P&O)

Algoritma MPPT berbasis Jaringan Saraf Tiruan ini dikembangkan berdasarkan algoritma MPPT berbasis P&O dalam menentukan nilai *duty cycle* untuk nilai PWM. Gambar 2(b) diatas merupakan prinsip kerja dari algoritma MPPT berbasis P&O. Data yang dibutuhkan untuk menentukan nilai *duty cycle* pada P&O adalah nilai perubahan daya per perubahan tegangan ($\frac{\Delta P}{\Delta V}$) seperti rumus berikut [10]:

$$D = D_{n-1} \quad \text{Jika } \left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) = 0 \tag{1}$$

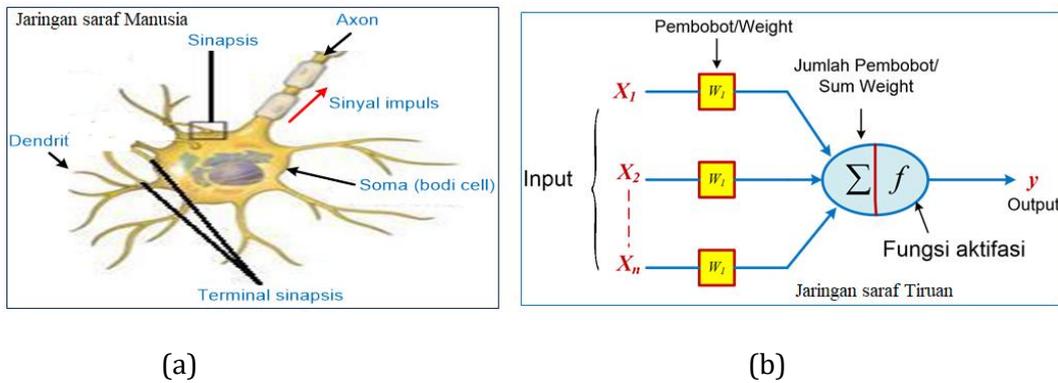
$$D = D_{n-1} + \Delta D \quad \text{Jika } \left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) > 0 \tag{2}$$

$$D = D_{n-1} - \Delta D \quad \text{Jika } \left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) < 0 \tag{3}$$

Dari rumus diatas dapat diketahui D_{n-1} merupakan nilai *duty cycle* sebelumnya sehingga didapatkan nilai ΔD yaitu perubahan *duty cycle*. Algoritma MPPT berbasis P&O untuk mendapatkan nilai maksimumnya dengan cara menambah atau mengurangi *duty cycle* dengan nilai konstan [10]-[12]. Sehingga jika menggunakan nilai *duty cycle* yang besar, maka akan cepat mencapai nilai daya maksimum, namun akan membentuk riak gelombang yang cukup besar. Sedangkan jika digunakan nilai *duty cycle* yang kecil, maka akan memperkecil riak gelombang, namun akan memperlambat mencapai titik daya maksimumnya. Maka dari itu penelitian ini menggunakan algoritma MPPT berbasis Jaringan Saraf Tiruan untuk mengatasi kelemahan dari algoritma P&O.

Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Jaringan Saraf Tiruan ialah representasi buatan sel saraf biologis manusia yang mensimulasikan proses kerja saraf pada otak manusia. JST sama halnya dengan saraf otak manusia, memiliki beberapa saraf dan hubungan antar saraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot.

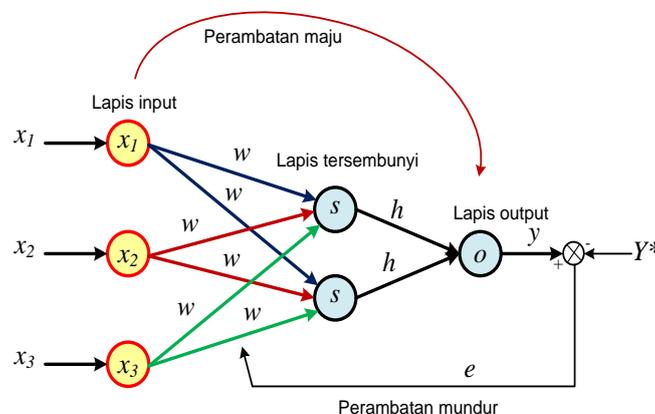


Gambar 3. Jaringan Saraf (a) Jaringan Saraf Manusia, (b) Jaringan Saraf Tiruan

Prinsip kerja jaringan saraf tiruan berdasarkan Gambar 3(b) yaitu, Informasi atau input dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan dioperasikan oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan semua nilai bobot yang datang. Hasil dari penjumlahan tersebut lalu dibandingkan dengan nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi neuron. Jika nilai input tersebut melewati nilai ambang, maka neuron tersebut diaktifkan melalui fungsi aktivasi. Jika neuron tersebut aktif, maka neuron tersebut mengirimkan keluaran (*output*) melalui bobot-bobot *output*nya ke semua neuron yang berhubungan dengannya, dan seterusnya akan melalui proses yang sama.

Algoritma Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*.

JST jenis *backpropagation* merupakan JST yang menggunakan metode belajar terbimbing (*Supervised Learning*). Untuk mencapai target output yang diinginkan, Algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* memiliki dua perambatan, yaitu perambatan maju dan perambatan mundur [13]-[15]. Untuk mendapatkan model JST *Backpropagation* yang dapat menghasilkan output sesuai dengan yang diinginkan, terlebih dahulu dilakukan pelatihan JST dengan menyiapkan data input dan data output target. Dalam penelitian ini seperti yang sudah disebutkan diatas, perubahan daya (ΔP) sebagai input data dan perubahan *duty cycle* (ΔD) sebagai output data.



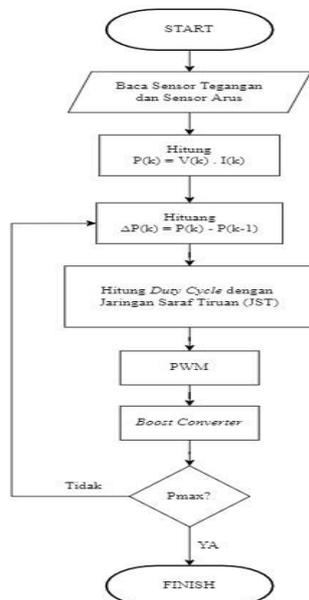
Gambar 4. JST *backpropagation*

Dalam penelitian ini diusulkan algoritma MPPT berbasis JST *backpropagation* untuk mendapatkan nilai ΔD yang bervariasi, yang dapat mempercepat algoritma mencapai titik daya

maksimum dan juga dapat mereduksi riak daya pada titik maksimum. Nilai ΔD akan menentukan nilai duty cycle untuk PWM (D_n), yang dihitung dengan Persamaan :

$$D_n = \Delta D + D_{n-1} \tag{4}$$

Dimana D_{n-1} adalah nilai *duty cycle* sebelumnya.



Gambar 5. Flowchart Jaringan Saraf Tiruan

Gambar 5 diatas merupakan *flowchart* sistem kerja dari algoritma Jaringan Saraf Tiruan yang digunakan untuk sistem kendali MPPT pada penelitian ini. Dapat dilihat untuk mendapatkan nilai daya dan perubahan daya, pada penelitian ini menggunakan sensor arus dan tegangan yang disambungkan ke panel surya lalu diolah menggunakan Arduino Mega 2560 untuk menghitung perubahan daya secara *real time*.

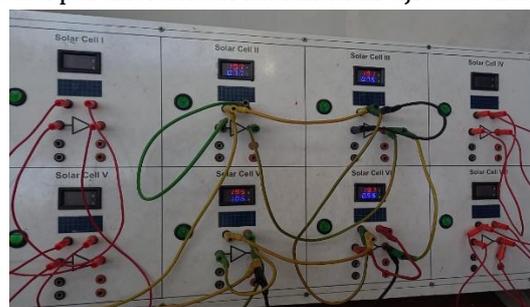
Nilai data input Jaringan Saraf Tiruan di ambil dari nilai perubahan daya (ΔP) panel surya. Sedangkan nilai output Jaringan Saraf Tiruan diambil dari nilai perubahan duty cycle (ΔD). Kemudian data input dan output JST yang akan training untuk mendapatkan algoritma yang akurat. Pada penelitian ini JST diimplementasikan menggunakan Simulink Matlab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan diimplementasikan pada panel surya kapasitas 6 x 50 *Watt Peak* (WP) dipasang di atap laboratorim seperti Gambar 6. Namun yang diuji cobakan pada penelitian ini hanya menggunakan 4 x 50 WP panel surya saja. Terminal panel surya diatap laboratorium dihubungkan dengan panel yang ada dalam laboratorium. Kemudian panel pada labor di rangkai secara parallel untuk melakukan ujicoba alat.



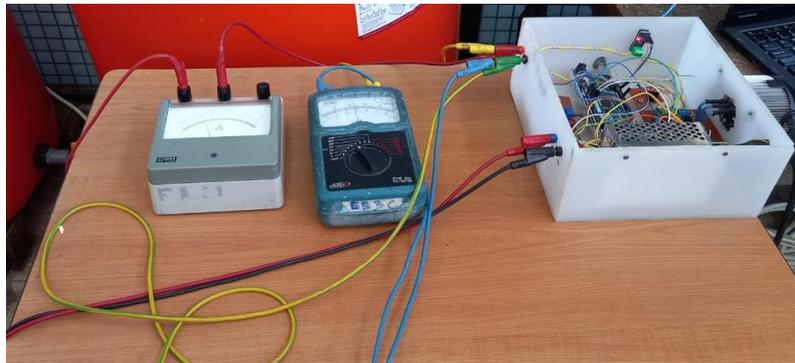
(a)



(b)

Gambar 6. Panel surya (a) Panel surya terpasang di atas atap labor, (b) Panel surya yang didalam labor

Perubahan temperature dan intensitas cahaya yang diterima panel surya dari sinar matahari bisa terlihat dari perubahan arus dan tegangan yang ada pada panel didalam labor. Panel yang sudah dirangkai secara parallel kemudian dihubungkan dengan alat untuk menguji validasi *boost converter* serta arus dan tegangan yang ada pada alat. Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat alat ukur langsung yang dihubungkan langsung dengan alat dan melihat tampilan nilai yang ada pada Simulink Matlab.



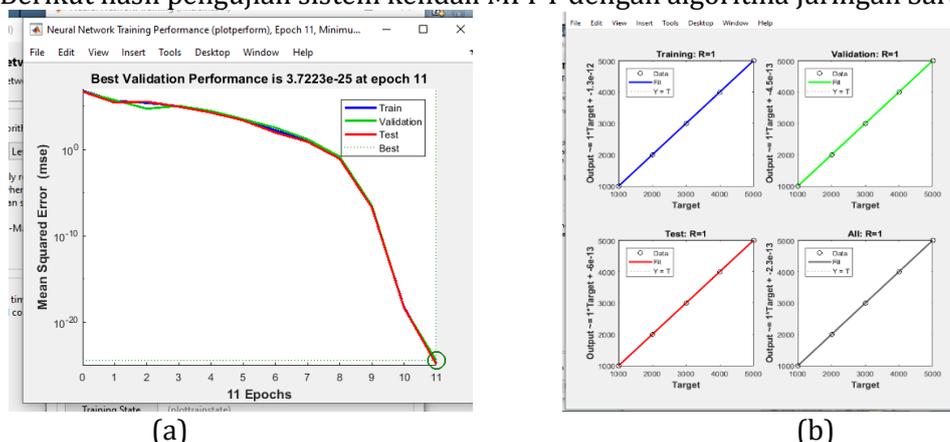
Gambar 7. Hardware boost converter dengan alat ukur

Setelah dilakukan validasi alat yaitu *boost converter*, sensor arus dan sensor tegangan, kemudian dihubungkan dengan komputer untuk menjalankan program dan juga dipasang resistor variable sebagai bebannya.



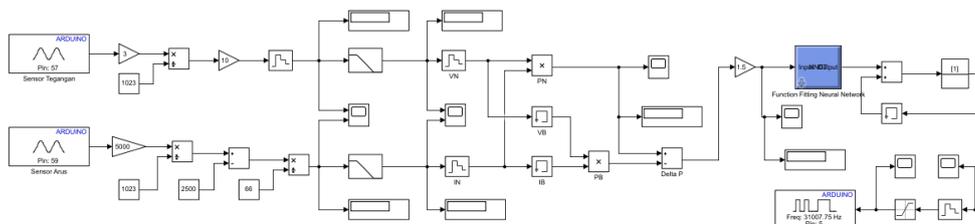
Gambar 8. Rangkaian hardware lengkap

Gambar 8 merupakan rangkaian lengkap *hardware* yang akan diujikan menggunakan program sistem MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan pada Simulink Matlab. Pengujian dilakukan pada pukul 13.20 WIB dengan kondisi cuaca cerah dan sedikit berawan. Sehingga mengakibatkan variasi nilai intensitas cahaya dan temperature panel surya yang cukup besar terjadi beberapa kali disaat pengujian. Berikut hasil pengujian sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan.



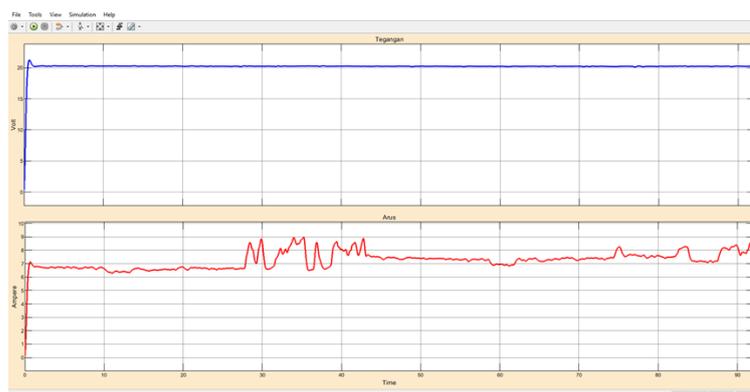
Gambar 9. Hasil training jaringan saraf tiruan (a) Mean squared error (MSE), (b) Validasi

Gambar 9 menunjukkan hasil training data Jaringan Saraf Tiruan dari data input dan output MSE dari training data tersebut menunjukkan hasil $3.7223e-25$ pada epoch 11. Hasil ini sudah cukup baik untuk diimplementasikan pada program. Sedangkan gambar 9(b) menunjukkan validasi training data dengan data referensi, menunjukkan akurasi data yang detraining dan hasilnya sudah cukup baik. Dengan hasil training yang sudah bagus maka selanjutnya program dibuat secara keseluruhan pada Simulink Matlab. Berikut program keseluruhan sistem MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan pada Simulink Matlab.



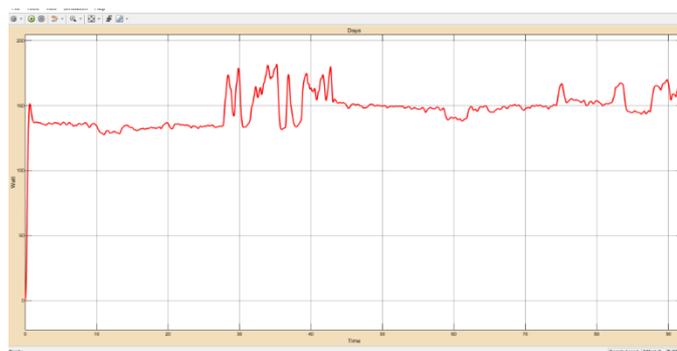
Gambar 10. Program sistem MPPT dengan algoritma JST pada Simulink Matlab

Hasil pengujian sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan terlihat pada Gambar 11 yang menunjukkan arus versus tegangan setelah dipasang sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan. Terjadi riak arus akibat perubahan nilai beban yang dicobakan bervariasi cukup besar.



Gambar 11. Arus versus tegangan panel surya setelah dipasang boost converter

Gambar 12 merupakan daya maksimum setelah dipasang sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan. Dari hasil diatas bisa dilihat kemampuan algoritma Jaringan Saraf Tiruan dalam mempercepat tercapainya titik maksimum panel surya, sehingganya daya maksimum yang dihasilkan panel surya bisa maksimal digunakan pada beban.



Gambar 12. Daya maksimum sistem MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan

KESIMPULAN

Sistem kendali MPPT menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) dirancang untuk pengaturan tegangan output panel surya. Sistem kendali MPPT berbasis JST ini diimplementasikan pada empat buah panel surya 50 WP dengan menggunakan Arduino Mega 2560. Dari penelitian yang telah dilakukan, sistem kendali MPPT dengan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) ini mampu mempercepat mencapai titik daya maksimum pada panel surya dalam waktu kurang dari 1 detik. Namun efisiensi sistem MPPT secara keseluruhan pada penelitian ini masih kurang optimal, dibutuhkan desain dan rekayasa nilai perubahan daya (ΔP) dan perubahan *duty cycle* (ΔD) yang lebih akurat dan bervariasi untuk data input dan output Jaringan Saraf Tiruan, sehingga tidak ada riak yang begitu besar disaat perubahan beban atau perubahan iradiasi cahaya dan temperature pada panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Hakim, R. R., "Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review," *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1 pp. 1-11, 2020.
- [2] Djoko, S., "Outlook Energi Indonesia 2019," In Sekretaris jendral dewan energi Indonesia, pp. 9, 2019
- [3] Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F., "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10-14, 2018. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- [4] Kurniawan, E. R., Supriyadi, I., & Sasongko, N. A., " Analisis Biaya Manfaat Energi Surya Untuk Mendukung Pasokan Energi *Integrated Cold Storage* Di Skpt Kota Sabang *Benefit Cost Analysis Of Solar Energy For Supporting Energy*," *Jurnal Ketahanan Energi*, vol. 4, no.1, pp. 1-25, 2007.
- [5] Abbas, H., Abid, H., & Loukil, K., "An Improved MPPT Incremental Conductance Algorithm Using T-S Fuzzy System for Photovoltaic Panel," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 5 no. 1, 2015.
- [6] Fadhilah, M. H., Kurniawan, E., & Sunarya, U., " Perancangan Dan Implementasi Mppt Charge Controller Pada Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler Untuk Pengisian Baterai Sepeda Listrik. *E-Proceeding of Engineering*," vol. 4, no. 3, pp. 3164-3170, 2017.
- [7] Lindo, A., & Yuhendri, M. "Sistem Kendali Daya Maksimum Panel Surya Berbasis Fuzzy Logic Controller," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 102-110, 2022, <https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.207>.
- [8] Yuniar, F., Hasanah, R. N., & Setyawati, O., "Pengendalian Mppt Berbasis Metode P&O Menggunakan Boost Converter," *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2017, <https://doi.org/10.19184/jaei.v3i1.5497>.
- [9] Alfari, A., & Yuhendri, M., "Sitem Kendali Dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) Matlab Menggunakan Arduino," *JTEIN : Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 266-272, 2020.
- [10] Marsepol, H., & Yuhendri, M. "Implementasi MPPT Panel Surya Berbasis Algoritma Perturbasi & Observasi (PO) Menggunakan Arduino," *JTEIN : Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 162 - 167, 2021, <https://doi.org/10.24036/jtein.v2i2.155>.
- [11] Fauzi, A., Facta, M., & Sudjadi, S., "Perencanaan *Maximum power point Tracking* (MPPT) dengan Metode *Perturb and Observe* Pada Panel Surya," *Transient*, vol. 7, no. 4, pp. 918, 2019. <https://doi.org/10.14710/transient.7.4.918-924>.
- [12] Winarno, I., & Natasari, L., "*Maximum power point* (MPPT) Berdasarkan Metode *Perturb and Observe* dengan Sistem *Tracking Panel Surya Single Axis*," *Jurnal Umj*, pp. 1- 9, 2017.
- [13] Wanto, A., "Optimasi Prediksi dengan Algoritma *Backpropagation* dan *Conjugate Gradient Beale - Powell Restart*," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 370 - 380, 2017. <https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v3i3.2017.370-380>.
- [14] Windarto, A.P., Lubis, M.R., Solikhum, " Implementasi JST Pada Prediksi Total Laba Rugi Komprehensif Bank Umum Konvensional dengan Backpropagation," *JTIK : Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol 5, no. 4, pp. 411-418, 2017, <https://doi.org/10.25126/jtiik.201854767>.
- [15] Wibisono, G., Hadi, S., & Aziz, M., "MPPT Menggunakan Metode Hibrid JST dan Photovoltaik," *jurnal EECCIS*, vol. 8, no. 2, pp. 181-186, 2014.