

Pemodelan dan Simulasi Maximum Power Point Tracking Menggunakan Adaptif Neuro Fuzzy Inference System Pada Aplikasi Fotovoltaik Dengan Konverter SEPIC

Abil Huda¹

¹Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

Email: abil@engineer.com¹

Abstrak - Panel surya dapat mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Kekurangan sumber energi dari matahari yaitu bergantung pada kondisi cuaca. Untuk mengatasi hal tersebut diterapkanlah teknik pelacakan titik daya maksimum atau *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Penelitian ini menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dalam pemodelan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk mengontrol konverter SEPIC sehingga fotovoltaik (PV) menghasilkan daya maksimum. Sistem ini menggunakan Fotovoltaik 200 W dan konverter SEPIC dengan desain tegangan terhubung beban. Dari hasil penelitian, PV dapat menghasilkan daya maksimum dengan variasi iradiasi dan temperatur pada kondisi statis. ANFIS dapat bekerja dengan baik dalam menjejak titik daya maksimum atau sebagai kontrol MPPT pada sistem PV terhadap perubahan iradiasi dan temperatur dalam kondisi statis. Akurasi daya PV terhadap daya maksimum pada kondisi variasi iradiasi dan temperatur berada di atas 90%.

Kata Kunci - MPPT, ANFIS, SEPIC, PV.

Abstract - Solar panels can convert solar energy into electrical energy. The lack of energy sources from the sun is that it depends on weather conditions. To overcome this problem, the maximum power point tracking technique or *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) is applied. This study uses the *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) method in *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) modeling to control the SEPIC converter so that photovoltaic (PV) produces maximum power. This system uses 200 W Photovoltaic and SEPIC converter with load connected voltage design. From the research results, PV can produce maximum power with variations in irradiation and temperature under statistical conditions. ANFIS can work well in tracking maximum power points or as an MPPT control on a PV system against changes in irradiation and temperature under statistical conditions. The accuracy of PV power to maximum power in temperature conditions is above 90%.

Keywords - MPPT, ANFIS, SEPIC, PV.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan pokok pada saat ini. Di mana peralatan rumah tangga maupun industri pada saat ini menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaganya. Mengingat betapa pentingnya energi listrik tersebut maka harus dipertimbangkan tentang ketersediaan energi listrik tersebut. Pada saat ini sumber untuk menghasilkan energi listrik yang konvensional telah berkurang. Sebagaimana yang diketahui, dari berbagai jenis sumber tenaga listrik yang ada pada saat ini masih menggunakan energi alam yang sangat sulit dan memakan waktu yang lama untuk pembaruannya [1]. Sebesar 96% konsumsi energi di Indonesia masih dipenuhi dengan penggunaan energi fosil (48% minyak bumi, 30% batubara dan 18% gas) [2]. Sehingga salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah ini adalah menggunakan energi terbarukan sebagai energi alternatif.

Sumber energi bahan bakar minyak yang selama ini menjadi andalan akan habis, matahari sumber energi yang besar dan menjadi sumber energi alternatif yang dapat mengatasi masalah kurangnya pasokan energi. Permasalahan *global warming* yang dihadapi dapat diminimalisir dengan memanfaatkan energi surya [3]. Salah satu usaha manusia dalam mengurangi pemanasan global atau penggunaan listrik PLN yang berbahan bakar fosil adalah dengan penggunaan sel surya. Pemasangan sel surya ini efektif karena wilayah Indonesia berada di daerah tropis [4].

Panel surya dapat mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Kekurangan sumber energi dari matahari yaitu bergantung pada kondisi cuaca. Untuk mengatasi hal tersebut diterapkanlah teknik pelacakan titik daya maksimum atau *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengekstrak daya maksimum untuk mengoptimalkan produksi energi listrik [5].

Dalam berbagai perubahan kondisi suhu dan radiasi, terdapat titik di mana sel surya akan menghasilkan energi tertinggi dengan efisiensi maksimum. Titik tersebut dikatakan *maximum power point* (MPP). Letak dari MPP tidak diketahui tetapi dapat dicari dengan melakukan perhitungan atau mengaplikasikan algoritma pelacak agar daya yang dihasilkan sel surya selalu berada pada MPP dalam berbagai kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Seiring dengan besarnya kebutuhan masyarakat terhadap energi listrik, berbagai solusi dicari guna menutupi kekurangan dari sel surya tersebut [6]. Untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya juga membutuhkan operasi yang maksimum dari konverter DC-DC sebagai penghubung antara panel surya dengan penyimpan daya atau beban yang akan diberikan.

SEPIC *converter* adalah konverter DC-DC pengembangan dari konverter *buckboost*. Konverter ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan. Komponen rangkaian konverter SEPIC terdiri dari sebuah *switch*, sebuah dioda, dua induktor dan dua kapasitor. Dibandingkan dengan konverter *buckboost*. Keunggulan yang dimiliki oleh konverter SEPIC, seperti arus masukan kontinu. Juga, penguatan tegangan tinggi dan kontinuitas arus masukan membuat konverter yang disajikan cocok untuk sumber energi terbarukan [7]-[9].

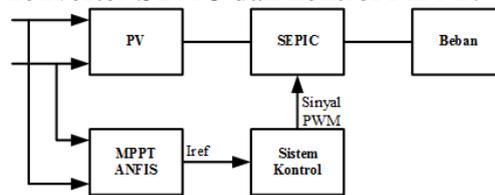
Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan metode yang menggunakan jaring syaraf tiruan (*Neural Network*) untuk mengimplementasikan *Fuzzy Inference System* (FIS) atau sistem inferensi *fuzzy*. Keunggulan sistem inferensi *fuzzy* adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotaannya. Oleh sebab itu dibutuhkan teknik pembelajaran dari jaringan syaraf tiruan untuk mengotomatisasi proses tersebut sehingga dapat mengurangi waktu pencarian, hal tersebut menyebabkan metode ANFIS sangat baik untuk diterapkan pada MPPT [10].

Penelitian ini menggunakan metode ANFIS sebagai MPPT yang mengontrol SEPIC *converter* untuk aplikasi sistem PV.

II. METODE

A. Sistem Keseluruhan

Sistem terdiri dari PV, konverter SEPIC dan kontrol MPPT.



Gambar 1. Pemodelan Sistem

Parameter PV diambil dari spesifikasi PV yang digunakan yaitu PV dengan daya 200 watt. Spesifikasi panel surya (PV) yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. PARAMETER PV

No.	Parameter	Nilai
1	Impp	7,7 A
2	Vmpp	25,98 V
3	Pmax	200 W
4	Isc	8,21 A
5	Voc	32,9 V
6	Rp	415,405 Ω
7	Rs	0,00684 Ω

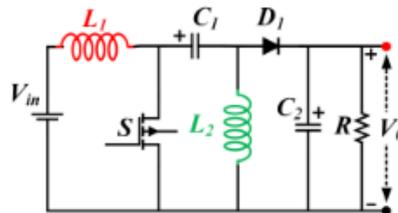
Rangkaian kontroler SEPIC yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2, dengan nilai parameter yang ditentukan sesuai Tabel 2.

TABEL 2. PARAMETER KONVERTER SEPIC

No.	Parameter	Nilai
1	Vi	25,98 V
2	Vo	-220 V
3	L1	0,003 H
4	L2	0,026 H
5	C1	3,695 μF
6	C2	0,026 μF

B. SEPIC

Konverter SEPIC adalah konverter DC-DC pengembangan dari *converter buckboost*. Konverter ini dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar maupun lebih kecil dari serta mempunyai arus masukan dan keluaran yang kontinu [11].



Gambar 2. Rangkaian Konverter SEPIC

Konverter SEPIC digunakan untuk menaikkan tegangan PV dan menyalurkan daya maksimum. Hubungan antara tegangan masukan dan tegangan keluaran diberikan pada Persamaan 1 [11].

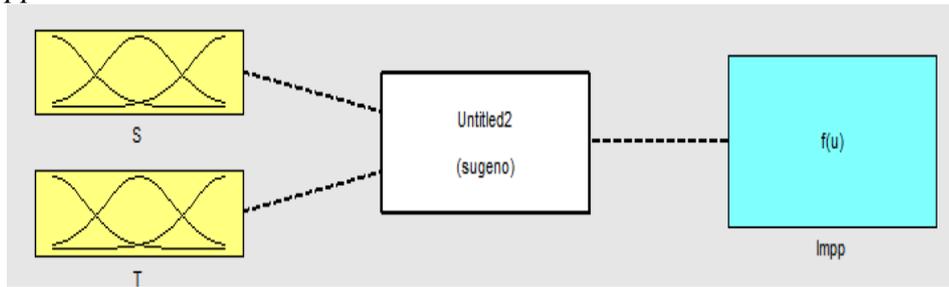
$$V_o = \frac{D}{1-D} V_{in} \tag{1}$$

D adalah *duty cycle* yang bernilai antara 0 sampai 1. *Duty cycle* yang bernilai 0-0,49 akan menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukan. *Duty cycle* yang bernilai 0,5-1 akan menghasilkan tegangan yang lebih besar dari tegangan masukan.

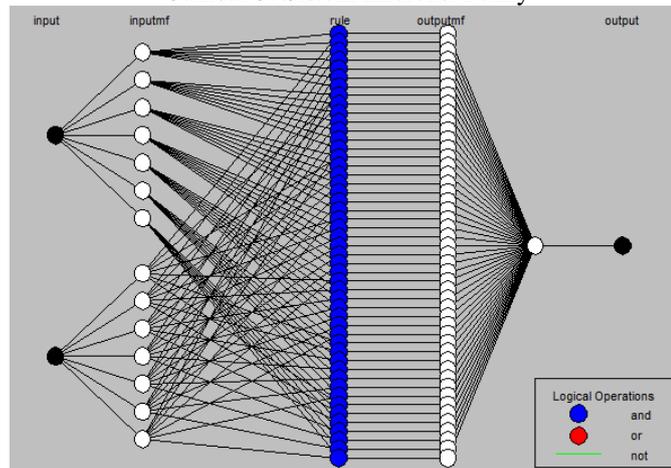
C. ANFIS

MPPT adalah metode menjejak titik daya maksimum di setiap kondisi iradiasi matahari dan temperatur. Keluaran ANFIS adalah arus referensi Impp (*maximum power point*) yang merupakan arus pada titik daya maksimum. Impp akan dieksekusi oleh SEPIC *converter* untuk memastikan PV membangkitkan arus yang sama dengan arus referensi yang dihasilkan oleh ANFIS. Jika PV membangkitkan arus di Impp, maka PV akan menghasilkan daya maksimum.

Masukan ANFIS adalah iradiasi matahari dan temperatur. Keluaran adalah arus referensi berupa *I_{mpp}*.

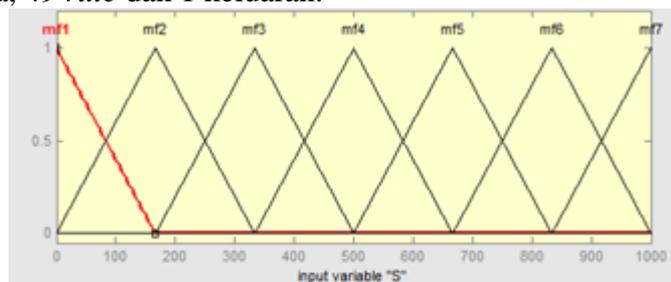


Gambar 3. Sistem Inferensi Fuzzy



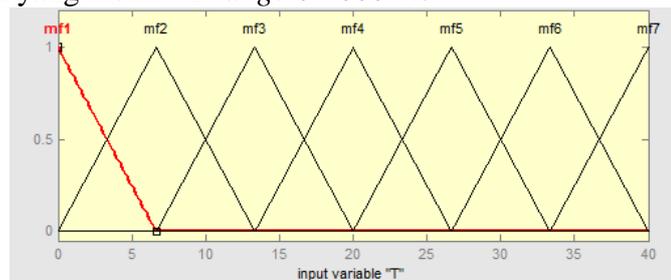
Gambar 4. Struktur ANFIS

Gambar 4 menunjukkan stuktur ANFIS terdiri dari dua masukan dengan 7 fungsi keanggotaan segitiga, 49 rule dan 1 keluaran.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Iradiasi Matahari

Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan iradiasi matahari dengan 7 fungsi keanggotaan segitiga yang memiliki *range* 0-1000 W/m².



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Temperatur

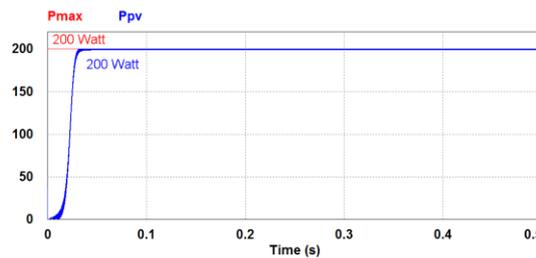
Gambar 6 menunjukkan fungsi keanggotaan temperatur dengan 7 fungsi keanggotaan segitiga yang memiliki *range* 0-40°C.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

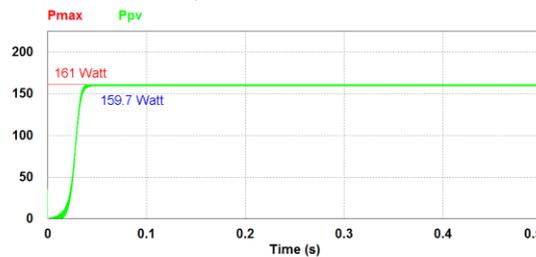
Pemodelan sistem seperti Gambar 1 telah dicoba. *Input* PV dicoba dalam kondisi statis dengan variasi iradiasi dan temperatur. Kondisi variasi iradiasi dimulai dari 1000 W/m², 800 W/m², 600 W/m², sampai dengan 400 W/m². Kondisi variasi Temperatur dimulai dari 10°C, 25°C, sampai dengan 40°C.

A. Kondisi variasi Iradiasi dan Statis Temperatur 25°C

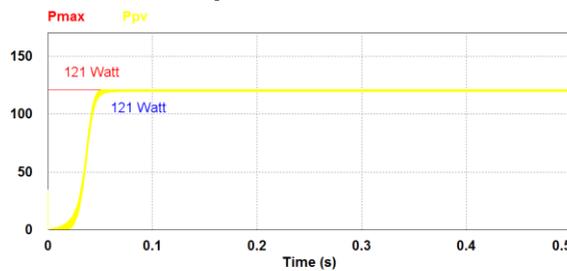
Gambar 7 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (*P_{pv}*) ketika iradiasi 1000 W/m² sebesar 200 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 1000 W/m² sebesar 200 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum. Gambar 8 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (*P_{pv}*) ketika iradiasi 800 W/m² sebesar 161 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 800 W/m² sebesar 159,7 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum. Gambar 9 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (*P_{pv}*) ketika iradiasi 600 W/m² sebesar 121 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 600 W/m² sebesar 121 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum. Gambar 10 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (*P_{pv}*) ketika iradiasi 400 W/m² sebesar 80 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 400 W/m² sebesar 79 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum.



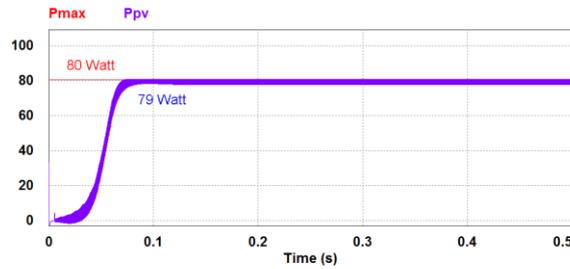
Gambar 7. Daya PV iradiasi 1000 W/m²



Gambar 8. Daya PV iradiasi 800 W/m²



Gambar 9. Daya PV iradiasi 600 W/m²

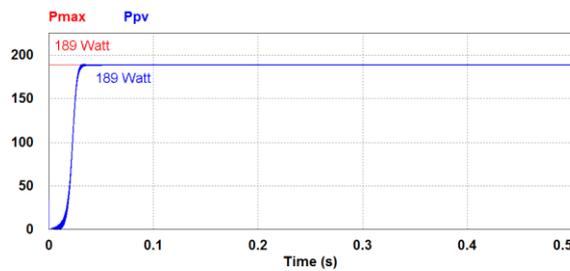


Gambar 10. Daya PV iradiasi 400 W/m²

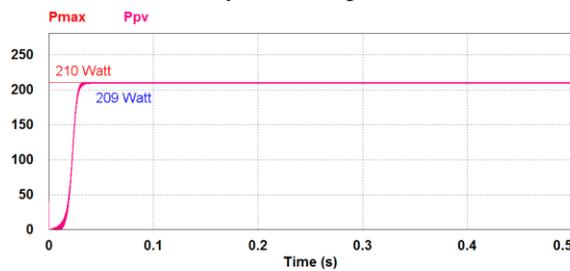
Gambar 7 sampai 10 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (Ppv) mendekati daya maksimum (Pmax). Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS memiliki respon yang baik dalam menjejak titik daya maksimum diberbagai kondisi iradiasi yang berbeda-beda.

B. Kondisi Statis Iradiasi 1000 W/m² dan Variasi Temperatur

Gambar 11 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (Ppv) ketika temperatur 40°C sebesar 189 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 40°C sebesar 189 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum. Gambar 12 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (Ppv) ketika temperatur 10°C sebesar 210 Watt. Daya maksimum ketika iradiasi 10°C sebesar 209 Watt. Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS mampu menjejak titik daya maksimum.



Gambar 11. Daya PV Temperatur 40°C



Gambar 12. Daya PV Temperatur 10°C

Gambar 11 sampai 12 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh PV (Ppv) mendekati daya maksimum (Pmax). Hal ini berarti kontrol MPPT ANFIS memiliki respon yang baik dalam menjejak titik daya maksimum diberbagai kondisi temperatur yang berbeda-beda.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, maka diambil kesimpulan bahwa kontrol MPPT ANFIS memiliki respon yang baik dalam menjejak titik daya maksimum mulai 79-200 watt dengan variasi iradiasi 400-1000 W/m² pada suhu statis 25°C, dan menghasilkan titik daya maksimum 189-209 watt iradiasi tetap dan temperatur 10-40 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan yang telah meluangkan waktu dalam membantu proses pengerjaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Janwardi, T.I. Prediksi Peningkatan Kebutuhan Tenaga Listrik Provinsi Jambi Tahun 2020-2025. *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*. 2020, 2(1): 21-25.
- [2] Rajagukguk, J.R. Studi Kelayakan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Sebagai Sumber Energi Listrik 200 MW (Studi Kasus TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2020, 5(1): 51-61.
- [3] Naibaho, N. Efisiensi Solar Panel sebagai Alternatif Sumber Energi. *Seminar Nasional Teknologi Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana*. Jakarta. 2019, 139-147.
- [4] Abrori, M. Sugiyanto dan Niyartama, T.F. Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Media Pembelajaran Praktikum Siswa Di Pondok Pesantren “Nurul Iman” Sorogenen Timbulharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta Menuju Pondok Mandiri Energi. *Jurnal Bakti Saintek*. 2017, 1(1): 17-26.
- [5] Bachtiar, P.H. Hardianto, T. dan Setiawan, A. Sistem Panel Surya Menggunakan Synchronous Buck Converter Dengan Teknik MPPT. *Dielektrika*. 2020, 7(2): 125-131.
- [6] Dalimunthe, E.R. Kurniawan, F. dan Lasmadi. 2019. Pengaruh Penggunaan Perturb & Observe pada MPPT terhadap Daya Keluaran Sel Surya. *AVITEC*. 1(1): 53-64.
- [7] Maroti, P.K. Padmanaban, S. Holm-Nielsen, J.B. Bhaskar, M.S. Meraj, M. and Iqbal, A. “A New Structure of High Voltage Gain SEPIC Converter for Renewable Energy Applications,” *IEEE Acces*. vol. 7, 2019, pp. 89857-89868.
- [8] Premkumar, M., Subramaniam, U., Alhelou, H.H., and Siano, P. Design and Development of Non-Isolated Modified SEPIC DC-DC Converter Topology for High-Step-Up Applications: Investigation and Hardware Implementation. *Energies*. 2020, 13 (15): 1-27.
- [9] Sahu, T. P. dan Dixit, T.V. “Modelling and Analysis of Perturb & Observe and Incremental Conductance MPPT Algorithm for PV Array Using Cuk Converter,” 2014 IEEE Student’s Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, Bhopal, India, 2014, pp. 1-6.
- [10] Tarek, B., Said, D., and Benbouzid, M.E.H. “Maximum Power Point Tracker Control for Photovoltaic System Using Adaptive Neuro-Fuzzy “ANFIS”,” 2013 Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Monte Carlo, Monaco, 2013, pp. 1-7.
- [11] Mayssa, F. and Sbita, L. “Advanced ANFIS-MPPT Control Algorithm For Sunshine Photovoltaic Pumping Systems”, First International Conference on Renewable Energies and Vehicular Technology, Nabeul, Tunisia, 2012, pp. 167-172.