

Simulasi dan Pemodelan MPPT – Konverter Cuk Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System untuk Aplikasi Fotovoltaik

Abil Huda¹, Mochamad Ashari², Soedibyo³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
¹aby16666@gmail.com, ²dibyo_55@yahoo.com, ³ashari@ee.its.ac.id

Abstrak

Keterbatasan jumlah bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara mendorong berkembangnya energi terbarukan sebagai sumber alternatif pembangkit listrik. Salah satu sumber energi terbarukan yang semakin banyak dipakai sebagai pembangkit energi listrik adalah photovoltaic (PV). Untuk mendapatkan performansi idaya maksimal PV, dirancang metode kontrol maximum power point tracking (MPPT). Penelitian tentang MPPT untuk aplikasi cuk converter pada sistem PV dilakukan dengan berbagai metode. Penelitian ini menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) sebagai MPPT untuk menjejak titik daya maksimum. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ANFIS 0.001% dengan kecepatan respon yang baik.

Kata kunci : MPPT, Cuk Konverter, ANFIS, PV

1. Pendahuluan

Saat ini bahan bakar fosil berupa minyak bumi dan batu bara masih menjadi sumber energi yang paling banyak digunakan dalam proses pembangkitan tenaga listrik. Bahan bakar fosil tersebut tidak dapat diperbarui dan jumlahnya semakin menipis seiring dengan berjalannya waktu. Karena kebutuhan energi listrik semakin hari semakin meningkat, sumber energi alternatif terutama sumber energi terbarukan menjadi semakin dibutuhkan. Sankarganesh, R. & Thangvel, S. (2012).

Salah satu sumber energi terbarukan adalah photovoltaic (PV) yang memanfaatkan energi cahaya matahari. Sumber energi ini memiliki kelebihan yaitu bersih dan tersedia di alam dalam jumlah yang melimpah. Soedibyo, Priananda, C. W. & Haikal, M. A. (2014).

Permasalahan dalam penggunaan PV saat ini adalah efisiensinya yang masih rendah dengan biaya yang tinggi. Kebutuhan penggunaan PV yang semakin meningkat mendorong berbagai penelitian mengenai peningkatan efisiensi pada sistem PV. Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem PV. Pertama adalah material PV. Kedua adalah efisiensi konverter dan efisiensi algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Devi, M. L. & Chilambarasan, M. (2013).

PV dapat memberikan daya output sesuai dengan kapasitas. Kapasitas daya output maksimal

PV dapat dihasilkan dengan penggunaan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).

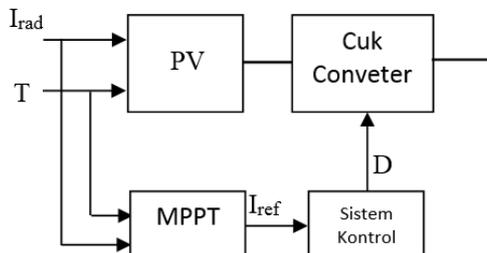
Konverter Cuk adalah konverter DC-DC pengembangan dari konverter Buckboost. Konverter ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan. Komponen rangkaian konverter cuk terdiri dari sebuah switch, sebuah dioda, dua induktor dan dua kapasitor. Dibandingkan dengan konverter buckboost, konverter cuk mempunyai arus masukan dan keluaran yang kontinu. Sehingga ripel yang dihasilkan juga kecil. Sahu, T. P. & Dixit, T. V. (2014).

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan metode yang menggunakan jaringan 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. Tarek, B., Said, D., & Benbouzid, M. E. H. (2013)

Penelitian ini menggunakan metode ANFIS sebagai MPPT yang mengontrol konverter cuk untuk aplikasi pada sistem PV.

2. Pemodelan Sistem PV

Sistem terdiri dari PV, konverter cuk dan kontrol MPPT.

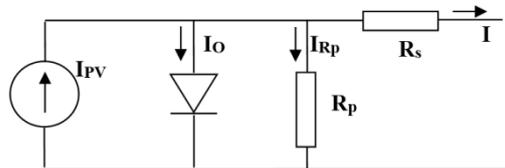


Gambar 1 Pemodelan Sistem PV

a. PV

PV mempunyai kemampuan untuk mengubah energicahaya menjadi energi listrik. Energi cahaya membangkitkan tegangan PV. PV terhubungbebanakanmenyebabkanmengalirnya arus PV.

Sebuah PV dapat direpresentasikan oleh sebuah rangkaian ekivalen seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 2 Rangkaian Ekivalen PV

Gambar 1 menunjukkan rangkaian ekivalen PV yang terdiri dari sebuah sumber arus, dioda D, tahanan seri Rs dan tahanan paralel Rsh. Sumber arus paralel dengan dioda Rs dan tahanan paralel Rsh, lalu seri dengan tahanan seri Rs.

Karakteristik PV bisa didapatkan menggunakan persamaan (1). Tarek, B., Said, D., & Benbouzid, M.E.H. (2013).

$$I = I_{pv} - I_o \left[e^{\left(\frac{V + IR_s}{N_s k T / q} \right)} - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_p} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

- I = aruskeluaran PV (A).
- I_{pv} = arus yang terbangkitpada PV (A).
- I_o = arussaturasidioda.
- N_s = jumlah cell terhubung seri.
- k = konstanta Boltzman (j/K).
- T = Temperatur (K)
- q = muatanelektron = 1.6×10^{-19} (Coloumb).
- R_s = tahanan seri (Ohm).

R_p = tahananparalel (Ohm).

V = tegangankeluaran PV (V).

Karakteristik I-V PV diobservasi bahwa nilai Rs mendominasi tegangan operasi PV sedangkan nilai Rp mendominasi arus operasi PV. Ketika nilai tahanan paralel Rp tinggi, maka arus yang melaluitahanan paralel Rp dapat di abaikan.

Iradiasi matahari berbanding lurus dengan arus yang dihasilkan PV dan juga dipengaruhi oleh temperatur diberikan pada persamaan (2).Tarek, B., Said, D., & Benbouzid, M.E.H. (2013)

$$I_{pv} = \left[I_{pv,n} + K_I \Delta T \right] \frac{G}{G_n} \quad (2)$$

Keterangan:

- I_{pv} = aruspada kondisi nominal (25°C dan 1000 W/m²)
- ΔT = $T - T_n$
- T = Temperatur aktual (K).
- T_n = Temperatur nominal (K).
- K_I = koefisien arus.
- G = iradiasi aktual (W/m²).
- G_n = iradiasi nominal (W/m²).

Koefisien arus K_I dan tegangan K_V dimasukkan sebagaimana yang ditunjukkan dalam persamaan (3) untuk mendapatkan arus saturasi I_o yang dipengaruhi langsung oleh temperatur.Tarek, B., Said, D., & Benbouzid, M.E.H. (2013)

$$I_o = \frac{I_{sc,n} + K_I \Delta T}{\left(\frac{V_{oc,n} + K_V \Delta T}{a V_i} \right) - 1} \quad (3)$$

Keterangan:

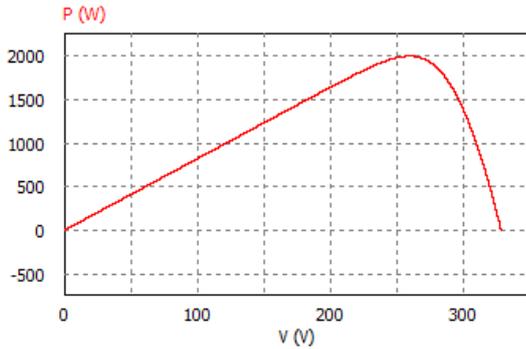
- I_o = arussaturasi A
- $I_{sc,n}$ = arushubung singkat A
- $V_{oc,n}$ = teganganhubung terbuka V
- K_I = koefisien arus.
- K_V = koefisien tegangan.
- ΔT = $T - T_n$
- T = Temperatur aktual (K).
- T_n = Temperatur nominal (K).
- V_T = $N_s k T / q$

Tabel 1 Modul PV KC200GT 1000W/m², 25°C

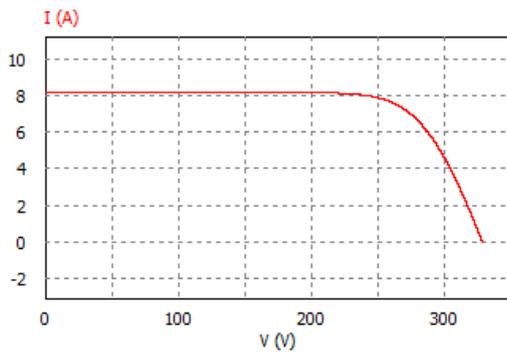
No.	Parameter	Nilai
1.	Impp	7,61 A
2.	Vmpp	26,3 V
3.	Pmax	200 W
4.	Isc	8,21 A
5.	Voc	32.9 V
6.	Rp	415,405 Ω

7.	R_s	0,0068932 Ω
----	-------	--------------------

Tabel 1 adalah parameter PV per modul. Daya maksimum 2000 Watt, modul PV di rangkai seri sebanyak sepuluh buah sehingga parameter berubah menjadi $I_{mpp} = 7,7$ A, $V_{mpp} = 263$ V, $P_{max} = 2000$ W, $I_{sc} = 8,21$, $V_{oc} = 329$ V, $R_p = 415,405 \Omega$ dan $R_s = 0,0068932 \Omega$.



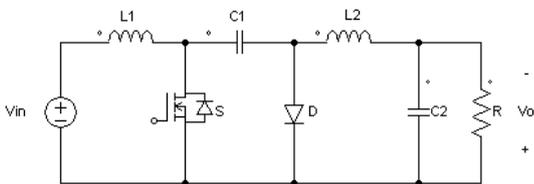
Gambar 3 Kurva P vs V



Gambar 4 Kurva I vs V

b. Konverter Cuk

Konverter Cuk adalah konverter DC-DC pengembang dari konverter Buck Boost. Konverter ini dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan masukan dengan polaritas terbalik serta mempunyai arus masukan dan keluaran yang kontinu. Mayssa, F. & Sbata, L. (2012).



Gambar 5. Rangkaian Konverter Cuk

Konverter cuk digunakan untuk menaikkan tegangan PV dan menyalurkan daya maksimum. Hubungan antara tegangan masukan dan tegangan keluaran diberikan pada persamaan (4). Mayssa, F. & Sbata, L. (2012).

$$V_o = -\frac{D}{1-D} V_{in} \tag{4}$$

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.

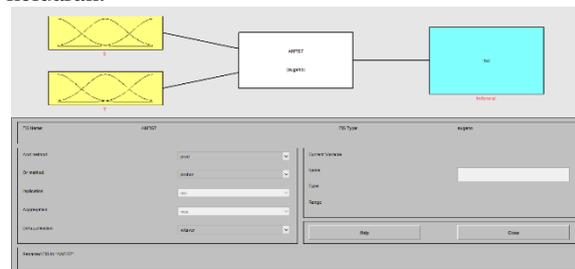
Tabel 2 Parameter Konverter Cuk

No.	Parameter	Nilai
1.	V_i	260 V
2.	V_o	-350 V
3.	L_1	0,048483607H
4.	L_2	0,065266393H
5.	C_1	9,36768 mF
6.	C_2	0,0816327 mF

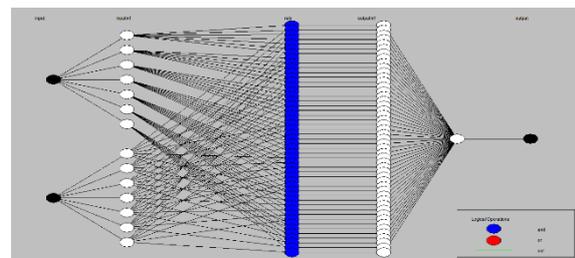
2.3 Kontrol MPPT ANFIS

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

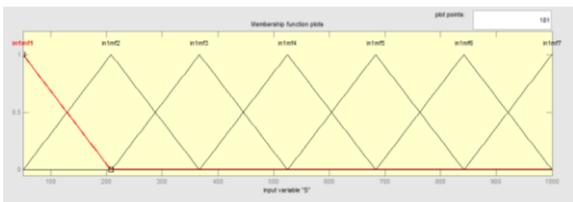
Masukkan ANFIS adalah iradiasi matahari dan temperatur. Keluaran adalah arus referensi berupa I_{mpp} . Struktur ANFIS terdiri dari dua masukan dengan 7 fungsi keanggotaan segitiga, 49 rule dan 1 keluaran.



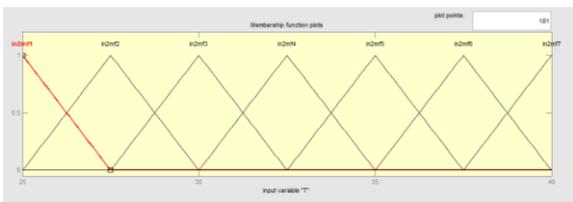
Gambar 6. Sistem Inferensi Fuzzy



Gambar 7. Struktur ANFIS



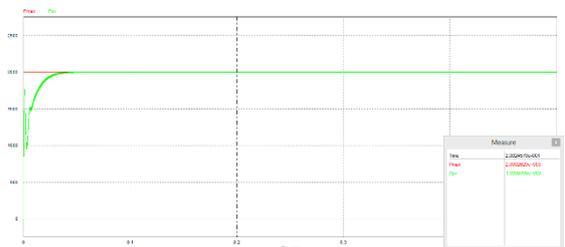
Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Iradiasi Matahari



Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Temperatur

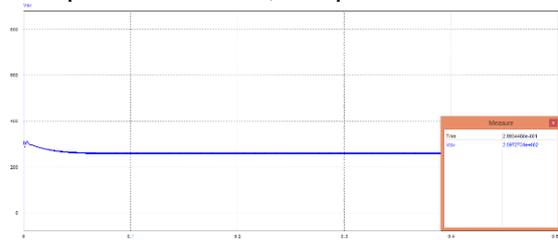
3. Hasil Simulasi

Simulasi sistem PV dilakukan dengan kondisi iradiasi matahari 1000 W/m² dan temperatur 25°C. Kondisi ini dihasilkan sistem PV 200 Watt yang disertai sebanyak 10 buah. Daya yang dihasilkan oleh PV sebesar 1999,999 Watt. Gambar 7 menunjukkan ANFIS dapat menjejak daya maksimum dalam waktu kurang dari 0,1 detik dengan eror sebesar 0,001 % terhadap daya maksimum. Respon yang dihasilkan oleh ANFIS sangat baik.

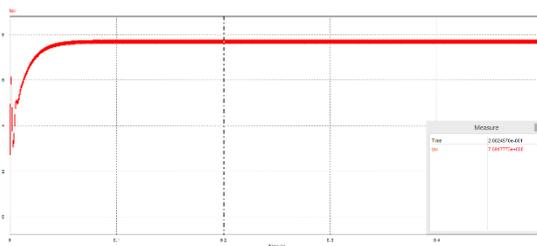


Gambar 10 Daya PV

Tegangan PV beroperasi di titik daya maksimum sehingga PV menghasilkan daya maksimum. Tegangan operasi PV adalah 260 Volt. Arus PV juga beroperasi di titik daya maksimum. Arus operasi PV adalah 7,7 Ampere.

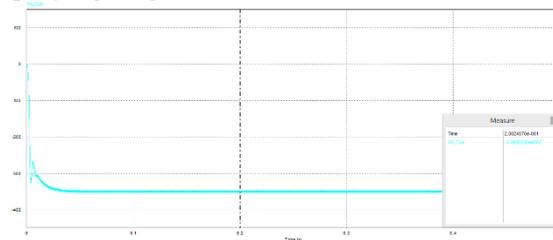


Gambar 11 Tegangan PV

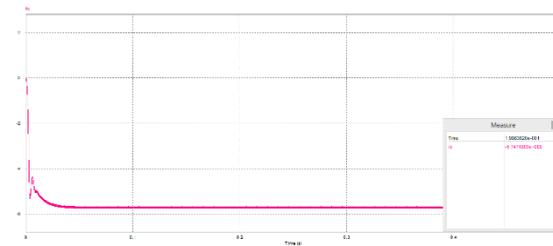


Gambar 12 Arus PV

Konverter cuk menaikkan tegangan masukan dari tegangan 260 Volt menjadi -350 Volt. Tegangan keluaran konverter cuk bernilai negatif. Arus masukan dan keluaran konverter cuk mempunyai ripple yang sangat rendah.



Gambar 13. Tegangan Keluaran Cuk



Gambar 14. Arus Keluaran Cuk

4. Kesimpulan dan Saran

PV dapat menghasilkan energi listrik berdasarkan iradiasi matahari dan temperatur. Metode ANFIS memiliki respon yang baik dalam menjejak titik daya maksimum. Tegangan dan arus PV beroperasi di titik daya maksimum. Konverter Cuk dapat menaikkan tegangan PV dengan polaritas terbalik serta menghasilkan arus masukan dan keluaran dengan ripple yang rendah. Saran yang diberikan untuk penelitian ini adalah implementasi sistem PV menggunakan konverter Cuk dengan kontrol MPPT menggunakan ANFIS.

DaftarPustaka:

Sankarganesh, R. & Thangvel, S. (2012): *Maximum Power Point Tracking in PV System using Intelligence based P&O Technique and Hybrid Cuk Converter*, 2012-International Conference on Emerging Trends in Science, Engineering and Technology. pp. 429-436.
 Soedibyo, Priananda, C. W. & Haikal, M. A. (2014): *Maximum Power Point Tracking Using Root*

- Finding Modified Bisection Algorithm*, International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), pp. 394-399.
- Devi, M. L. & Chilambarasan, M. (2013): *Design and Simulation of Incremental Conductance MPPT Using Self Lift Cuk Converter*, 2013 International Conference on Renewable Energy and Sustainable Energy [ICRESE' 13].
- Sahu, T. P. & Dixit, T.V. (2014): *Modelling and Analysis of Perturb & Observe and Incremental Conductance MPPT Algorithm for PV Array Using Cuk Converter*, 2012 IEEE Student's Conference on Electrical, Electronics and Computer Science. pp. 1-6.
- Tarek, B., Said, D., & Benbouzid, M.E.H. (2013): *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), IEEE.
- Mayssa, F. & Sbita, L. (2012): *Advanced ANFIS-MPPT Control Algorithm for Sunshine Photovoltaic Pumping Systems*, 2012 First Conference on Renewable Energies and Vehicular Technology. pp. 167-172.
- Rajagukguk, A., Ashari, M. & Riawan, D. C. (2014): *Maximum Power Point Tracking Control for Stand-Alone Photovoltaic System Using Fuzzy Sliding Mode Control*, International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), pp. 377-382.
- Karanjkar, D. S., & Chatterji, S. (2014): *Development of Linear Quadratic Regulator Based PI Controller for Maximum Power Point Tracking in Solar Photo-Voltaic System*, Proc. Of 2014 RA ECS UIET Panjab University Chandigarh, 06-08 March, 2014.
- Safari, A. & Mekhilef, S. (2011): *Simulation and Hardware Implementation of Incremental Conductance MPPT With Direct Control Method Using Cuk Converter*, IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 58, No. 4, April, 2011. pp. 1154-1161.