

PENGEMBANGAN METODE *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) PADA SEL SURYA DENGAN PENGATURAN *RANGE RULE VARIABEL FUZZY LOGIC CONTROL*

Surojo

Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Airkantung, Sungailiat-Bangka 33211

Email: surojo@polman-babel.ac.id

Abstrak

Solar Sel adalah suatu komponen semi konduktor yang berfungsi mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Daya yang dihasilkan oleh solar sel tergantung dari irradiasi dan temperatur yang diterima. Dalam penelitian ini dirancang sebuah rangkaian pengontrol Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan Fuzzy Logic Control (FLC). MPPT bertujuan untuk mendapatkan daya maksimum dari Module solar sel yang terpasang dengan kondisi diam /statis dan secara elektronik. MPPT menggunakan FLC dengan variabel input berupa tegangan dan arus Solar Sel. Output FLC berupa besaran numerik Duty Cycle (k) yang berupa sinyal PWM untuk pensaklaran *boost converter*. Daya output yang ditransfer ke beban sangat tergantung besarnya nilai k yang ditentukan oleh besaran atau *range-rule* dari *variabel input FLC*. Penelitian ini dilakukan terhadap solar sel dengan beban resistive. Hasil penelitian dan analisa menunjukkan bahwa dengan digunakannya fuzzy dan *boost converter* diperoleh kenaikan daya 31,14%, 28,92% dan 28,68% dan efisiensi MPPT 94,16% sampai 97,23%.

Kata kunci : *Solar Sel, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Fuzzy logic Control, Boost Converter*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dengan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami pengurangan. Sebagai alternatif dengan pengembangan sumber energi terbarukan (*renewable energy*). Salah satu sumber energi terbarukan yang sedang dikembangkan dan diteliti lebih lanjut adalah Sel Surya. Sel surya menjadi sumber energi terbarukan yang paling penting yang menawarkan banyak keuntungan seperti tanpa memerlukan bahan bakar minyak, tidak menghasilkan polusi, Penerapan sel surya pada sistem mandiri adalah seperti pada pompa air, penerangan jalan, kendaraan listrik, militer dan ruang angkasa. Dan pada penerapan jaringan listrik seperti sistem hybrid dan power plants[1].

Permasalahan utama pada penggunaan sel surya adalah pembangkitan tenaga listrik yang rendah terutama pada kondisi radiasi yang rendah [1-2]. Yang bisa dicapai hingga saat ini tidak lebih dari 20%, itupun dalam skala laboratorium. Dan jumlah daya listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala seiring dengan perubahan cuaca.

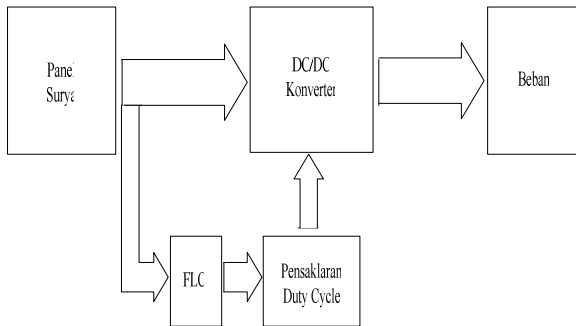
Selain itu, karakteristik V-I sel surya adalah *non linier* dan berubah terhadap radiasi dan suhu permukaan sel Surya [1-2]. Secara umum, terdapat titik yang unik pada kurva V-I atau kurva V-P, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP)[2][6]. Dimana pada titik tersebut, sel surya bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran paling besar. Letak dari MPP tidak diketahui, tapi dapat dicari, dengan menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak. Oleh karena itu algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dibutuhkan untuk menjaga titik kerja sel surya agar tetap bekerja pada titik daya maksimum.

Makalah ini menyajikan MPPT berbasis fuzzy untuk meningkatkan efisiensi sistem solar sel

serta membandingkan dengan metode konvensional.

2. MPPT Berdasarkan Fuzzy

Gambar 1. menunjukkan konfigurasi dasar diagram blok sistem pembangkit tenaga surya dengan menggunakan MPPT. Fungsi utama dari MPPT adalah mengatur besarnya daya yang keluar dari panel solar sel agar sebisa mungkin mendekati nilai titik daya maksimum. MPPT terdiri dari rangkain dc-dc konverter termasuk pensaklaran *duty cycle* dan FLC. Tegangan dan arus input konverter dc/dc didapat dari panel solar sel sedangkan keluarannya terhubung ke beban.



Gambar 1. Diagram blok desain yang diusulkan

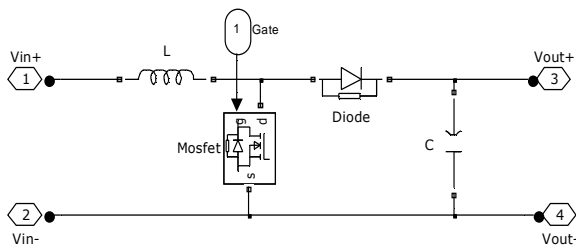
2.1 Boost Converter

Pada Gambar 2 ditunjukkan desain konverter dc-dc tipe boost konverter, didesain dengan sebuah induktor dan sebuah kapasitor sebagai filter arus dan tegangan, komponen aktif transistor pada desain ini digunakan mosfet sebagai pensaklaran serta grafik operasi pensaklaran dan aliran arus di tunjukkan pada gambar 3. [3].

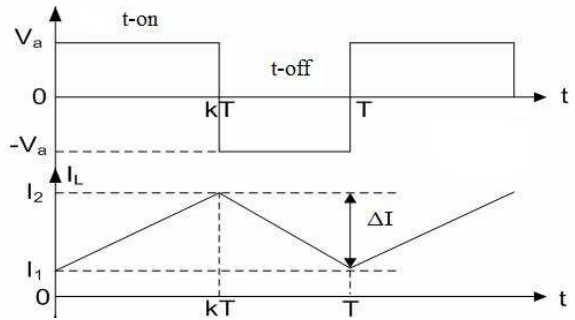
$$k = t_{on}/T \tag{1}$$

$$t_{on} = kT \tag{2}$$

$$t_{off} = (1-k)T \tag{3}$$



Gambar 2. Rangkaian elektrik boost converter



Gambar 3. Operasi pensaklaran dan aliran arus

Dengan mengasumsikan arus induktor naik secara linier dari I_1 ke I_2 pada waktu t_{on}

$$V_s = L \frac{I_2 - I_1}{t_{on}} = L \frac{\Delta I}{t_{on}} \tag{4}$$

dan arus induktor turun secara linier dari I_2 ke I_1 pada saat t_{off} ,

$$V_s - V_a = -L \frac{\Delta I}{t_{off}} \tag{5}$$

substitusi persamaan (4) dan (5) akan diperoleh persamaan tegangan keluaran dan *duty cycle*

$$V_a = V_s \frac{T}{t_2} = \frac{V_s}{1-k} \tag{6}$$

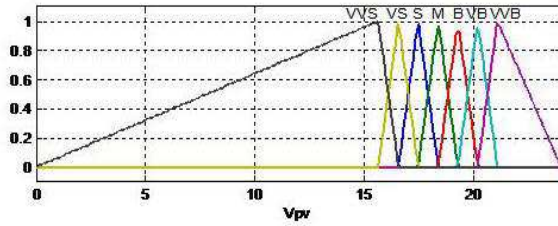
2.2 Desain Fuzzy Logic Controller (FLC) [4-6]

Pemodelan yang diusulkan menggunakan sebuah fuzzy inferensi biasa untuk *output duty cycle*. FLC berfungsi sebagai pencari *duty cycle* referensi untuk daya maksimum pada setiap variasi irradiansi matahari dengan parameter input Arus dan Tegangan.

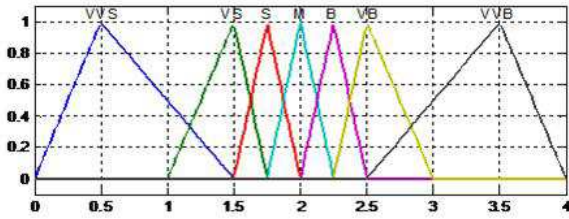
Input dan output didalam sistem fuzzy direpresentasikan berupa variabel-variabel linguistik. Output dari FLC terdiri dari satu variabel yaitu *duty cycle* yang nanti dipakai sebagai *duty cycle* referensi.

Variabel linguistik yang digunakan untuk FLC adalah :

$VVS = \text{Very-Very Small}$, $VS = \text{Very Small}$,
 $S = \text{Small}$, $M = \text{Medium}$, $B = \text{Big}$,
 $VB = \text{Very Big}$, $VVB = \text{Very-Very Big}$

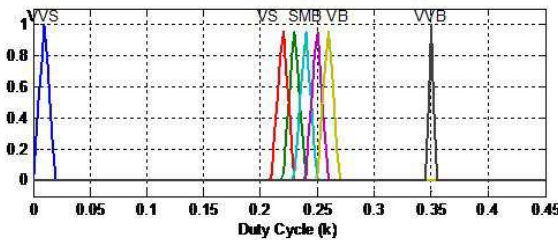


Gambar 4. Fungsi keanggotaan input tegangan



Gambar 5. Fungsi keanggotaan input arus

Gambar 6 menunjukkan derajat keanggotaan setiap *member function output duty cycle* dan kerapatan di fokuskan sekitar *duty cycle* 0.2-0.275 agar didapat nilai *duty cycle* yang menghasilkan daya keluaran maksimum.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan output

2.3 Aturan dasar (*Rule base*) input – output

Banyaknya jumlah kelompok rule base yang dibuat sesuai dengan banyaknya kondisi pada signal masukan. Sinyal masukan terdapat dua macam yaitu tegangan dan arus memiliki 7 himpunan fuzzy maka rule base yang akan dibuat adalah 49 aturan dasar untuk output *duty cycle*. 49 aturan kontrol ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rule fuzzy

V \ I	VVS	VS	S	M	B	VB	VVB
VVS	VVS	VVS	VVS	VS	VVS	VVS	VS
VS	VVS	VVS	VVS	VS	S	M	B

S	VVS	VVS	VS	S	M	B	VB
M	VVS	VS	S	M	B	VB	VVB
B	VS	VVB	VVB	B	VVB	VVB	VVB
VB	S	M	B	VB	VVB	VVB	VVB
VVB	M	B	VB	VVB	VVB	VVB	VVB

Rule-rule

- Rule 1. If V is VVS and I is VVS then D is VVS
- Rule 2. If V is VS and I is VVS then D is VVS
- Rule 3. If V is S and I is VVS then D is VVS

3. Hasil

Data teknis panel solar sel yang dipakai untuk penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data teknik panel solar sel

Parameter	Nilai
Daya maksimum (Pmax)	50 W
Arus pada daya maksimum (I _{pmax})	2.91 A
Arus hubung singkat (I _{sc})	3.25 A
Tegangan nominal (V _{pmax})	17,24 V
Tegangan rangkaian terbuka (V _{oc})	21,75 V
Fill factor (FF)	0.71

Tabel 3 menunjukkan daya hasil simulasi tanpa MPPT yang disalurkan oleh panel surya dengan beban R = 20 Ohm sebesar 20.78 Watt, V_{mpp} = 20.39 volt dan I_{mpp} = 1.019 Amp. Sehingga panel surya hanya menyerap 51.99 %, hal ini menunjukkan bahwa kinerja panel surya tidak efisien,

Tabel 3. Hasil pengujian panel surya

Parameter	Pengujian tanpa MPPT
V _{out}	20.39 Volt
I _{out}	1.019 Amper

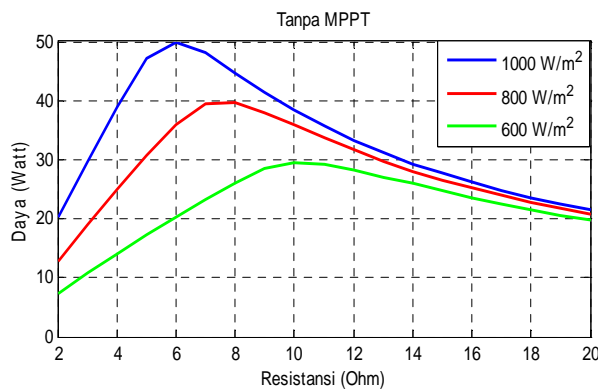
Pout	20.78 Watt
Pmax	39,9683 Watt
Efisiensi Tracking Daya max	51.99 %

Setiap variasi irradiansi memiliki satu titik daya maksimum dan titik tersebut memiliki nilai arus I_{mpp} dan V_{mpp} . Hasil daya maksimum setiap irradiansi dari panel solar sel ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Daya maksimum solar sel

Irradiansi (W/m^2)	I_{mpp} (Ampere)	V_{mpp} (Volt)	P_{maks} (Watt)
250	0.6418	16.84	10.8086
300	0.7678	17.35	13.3217
400	1.0805	17.35	18.7474
500	1.3910	17.35	24.1334
600	1.6987	17.35	29.4717
700	2.0031	17.35	34.7534
800	2.3036	17.35	39.9683
900	2.5997	17.35	45.1051
1.000	2.8906	17.35	50.00

Gambar 6 menunjukkan bahwa daya output dari panel solar sel yang dihasilkan pada setiap kondisi irradiansi tidak sama. Setiap kurva memiliki nilai titik daya maksimum pada nilai beban tertentu dan setelah melewati titik maksimum daya keluaran akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan beban R.



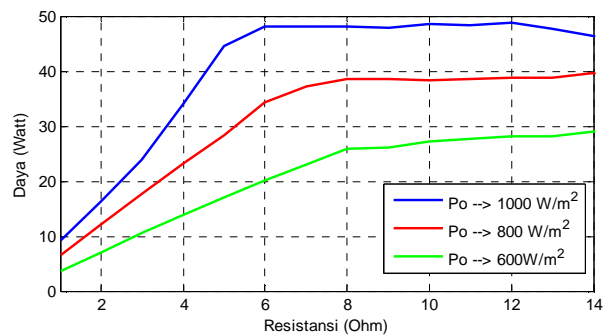
Gambar 6. Daya keluaran dengan beban variasi

Tabel 5. menunjukkan nilai efisiensi menggunakan MPPT sebesar 97.67 % dan efisiensi tanpa MPPT 70.75%, sehingga efisiensi meningkat 28.92 %.

Tabel 5. Daya keluaran dengan MPPT

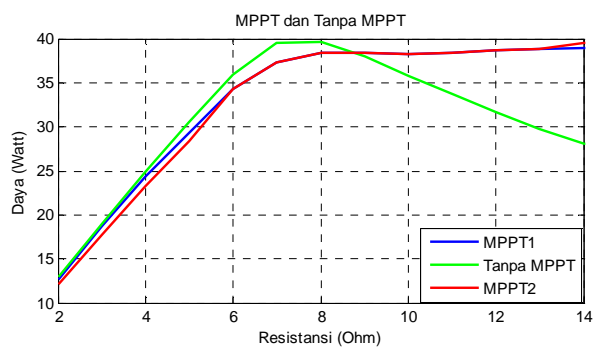
Parameter	Tanpa MPPT	Dengan MPPT
Vout	19.83 V	23.54 V
Iout	1.42 A	1.68 A
Pout	28.08 W	39.56
Pmax	39.69 W	39.69
Frekuensi		20 kHz
Duty Cycle (k)		0.24
Efisiensi MPPT	70.75%	97.67 %
Kenaikan efisiensi MPPT	28.92 %	

Gambar 7. menunjukkan daya keluaran sistem panel surya yang menggunakan MPPT dengan irradiansi 1000, 800 dan 600 W/m^2 . Nilai titik daya maksimum dari setiap nilai irradiansi dapat dipertahankan setelah melewati titik daya maksimum.



Gambar 7. Daya keluaran dengan beban variasi

Gambar 8. menunjukkan kurva daya dari sistem tanpa MPPT mempunyai satu titik daya maksimum pada beban 7 ohm. Untuk sistem MPPT1 dan MPPT2 menghasilkan daya mendekati nilai daya puncak pada beban lebih besar 7 ohm hal ini menunjukkan MPPT dan konverter bekerja dengan baik.

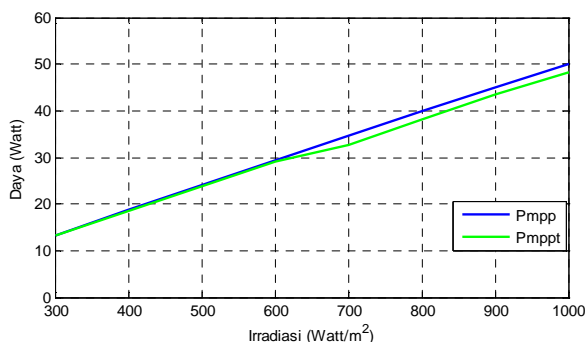


Gambar 8. Daya keluaran untuk irradiansi 800 W/m^2

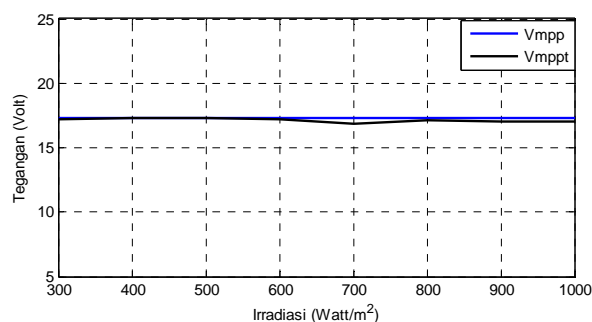
Gambar 9. menunjukkan plot daya maksimum dari setiap irradiansi solar sel dengan menggunakan MPPT. MPPT di operasikan dengan frekuensi pensaklaran *boost converter* 20 kHz dengan *duty cycle* secara otomatis dengan 0.01- 0.28 dan Efisiensi MPPT terhadap setiap irradiansi ditunjukkan dalam Tabel 6. Sedangkan tegangan di setiap irradiansi mendekati kontans 17,35 volt yang diperlihatkan pada Gambar 10.

Tabel 6. Perbandingan Daya Maksimum dan Daya MPPT

Irradiansi (W/m ²)	P (W)	P _{MPPT} (W)	Duty Cycle (k)	η MPPT
300	13.32	13.18	0.01	98.91%
400	18.75	18.57	0.01	98.06%
500	24.13	23.94	0.01	99.23%
600	29.47	29.02	0.13	98.47%
700	34.75	32.72	0.23	94.16%
800	39.97	38.25	0.23	95.70%
900	45.11	43.54	0.25	96.51%
1000	50.0	48.33	0.28	96.65%



Gambar 9. Daya maksimum (Pmpp) solar sel menggunakan MPPT



Gambar 10. Plot tegangan maksimum (V_{MPP}) dan Tegangan keluaran MPPT (V_{MPPT})

4. Kesimpulan

Metode Maximum Power Point Traking (MPPT) pada sistem panel surya dengan fuzzy logic control dapat memaksa panel surya menghasilkan daya keluaran yang maksimum pada berbagai irradiansi matahari. Dari presentase kenaikan daya output Solar Sel saat menggunakan MPPT pada temperatur 25°C dan variasi irradiansi Solar Sel 1000 W/m², 800 W/m² serta 600 W/m² adalah 31,14%, 28.92% dan 28.68%. Efisiensi tracking daya dari hasil simulasi dengan menggunakan MPPT mencapai 94,16% sampai 99,23 %

Ucapan Terima Kasih

Peneiti mengucapkan terimakasih kepada politeknik manufaktur negeri Bangka Belitung yang telah memberikan sarana untuk terlaksananya penelitian ini dan juga kepada kementerian pendidikan nasional (Dikti) yang memberikan pendanaan publikasi makalah ini.

Daftar Pustaka

- [1] H. Suryoatmojo, T. Hiyama, Adel. A.E, M. Ashari, "Optimal Design of Wind-PV-Diesel-Battery-PV System using Genetic Algorithm", the Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ) Trans. PE, 2009, vol. 129, No. 3.
- [2] Tom Markvart and Luis Castaner, "Solar Cells Fundamental and Applications", 2003, Elsevier, Ltd.
- [3] Rashid, Muhammad H., "Power Electronic Circuit, Devices, and Applications," 1993, Second Edition, Prentice-Hall International, Inc.
- [4] Mauridhy Hery P, Agus Kurniawan, "Supervised Neural Network dan Aplikasinya", 2006, Graha Ilmu, Surabaya, Indonesia
- [5] Imam Robandi, "Desain sistem Tenaga moderen, Optimasi, logika fuzzy, dan Algoritma genetika", 2006, Andi, Yogyakarta
- [6] I.H Altas, A.M. Sharaf, " a Novel Maximum Power Fuzzy Logic Controller for Photovoltaic, Solar Energy Systems", 2008, Elsevier, 388-399