

OPTIMASI ABSORBSI DAYA SOLAR CELL MENGGUNAKAN MAXIMUM POWER POINT TRACKING DENGAN METODE FUZZY

Mohammad Lutfi Rosyid¹, Mohammad Abu Jami'in², Zindhu Maulana Ahmad Putra³

¹²³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email : lutfirosyid12@student.ppns.ac.id

Abstrak

Salah satu sumber energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif yang paling potensial untuk diterapkan di wilayah Indonesia adalah Solar Cell dengan menggunakan energi sinar matahari. Prinsip kerja dari sel surya atau *photovoltaic* (PV) yaitu dengan mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, akan tetapi ada suatu masalah yang ditimbulkan dari PV yaitu keluaran daya yang seringkali tidak mencapai maksimum. Hal tersebut bisa dikarenakan banyaknya gangguan dari luar seperti kurangnya penyinaran dan temperature permukaan panel surya. Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah menggunakan MPPT (*Maximum power point tracking*). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya yang dikeluarkan dari PV menggunakan DC-DC *buck-boost converter*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *fuzzy* dengan fokus mengontrol besar PWM (*pulse width modulation*) yang disalurkan pada DC-DC *buck-boost converter*, modul ini digunakan untuk mengoptimalkan dan mencari titik maksimum daya yang dikeluarkan PV dengan menggunakan metode *fuzzy* untuk pengisian baterai (12V, 24V, dan 48V). Dari hasil penelitian ini didapatkan effisiensi konverter berbasis MPPT meningkat 7,51% dan daya keluaran dari PV serta konverter berbasis MPPT jauh lebih besar dibandingkan dengan konverter tanpa MPPT.

Keywords : *photovoltaic, MPPT, buck-boost converter, fuzzy, baterai*

1. PENDAHULUAN

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) merupakan sumber energi terbarukan yang banyak tersedia di Indonesia. Berdasarkan data dari ESDM pada tahun 2020. Sel surya merupakan sumber energi yang terperbarukan (renewable). Berbeda dengan sumber energi berupa bahan bakar fosil yang akan habis bila terus digunakan, energi dari sinar matahari tidak akan habis. Selain itu, sel surya juga tidak mengakibatkan polusi dalam operasinya, sehingga tidak menimbulkan pencemaran udara. Ini berbeda dengan pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan bahan bakar batu bara, yang menghasilkan banyak asap yang mencemari udara. Karena biaya awalnya yang tinggi, sel surya belum menjadi alternatif yang menarik bagi pengguna listrik yang mampu membeli energi listrik yang lebih murah dari jaringan listrik seperti PLN.

PV (Photovoltaic) memberikan hubungan nonlinier antara arus dan tegangan (Gheibi, Mohammadi and Maghfoori, 2011). Permasalahan yang ditimbulkan pada penggunaan PV adalah daya keluaran PV yang seringkali tidak mencapai maksimum dari daya yang sebenarnya dikeluarkan oleh PV terutama pada kondisi radiasi matahari yang rendah.

Selain itu, PV mempunyai karakteristik kurva V-I yang tidak linier dan mempunyai daya maksimum pada titik tertentu dengan koordinat V_{mpp} dan I_{mpp} yang disebut dengan Maximum Power Point (MPP) (Alfonsus Haryo Sangaji, 2018).

Maximum Power Point Tracking (MPPT) berfungsi untuk memaksa panel surya memperoleh daya maksimum pada berbagai tingkat radiasi matahari dan suhu. Dengan menganalisa masukan sumber hasil konversi panel surya dengan memanfaatkan kemampuan kapasitas puncak dari karakteristik panel, diharapkan efisiensi daya keluaran ke beban dapat maksimum (Babgei, 2010). Metode MPPT dalam penelitian Esram & Chapman dijelaskan pada saat ini setidaknya terdapat 19 metode MPPT yang berbeda antara lain, Hill Climbing, Perturb and Observe, Fuzzy Logic Control, Neural Network, dan lain-lain. Esram & Chapman pada penelitiannya juga menunjukkan karakteristik masing-masing metode MPPT, salah satu dari metode-metode MPPT yang telah dibahas yaitu dengan mengungkapkan MPPT Fuzzy memiliki keuntungan bekerja dengan *input* yang tidak tepat, tidak memerlukan model matematika yang akurat, dan menangani nonlinier (Esram

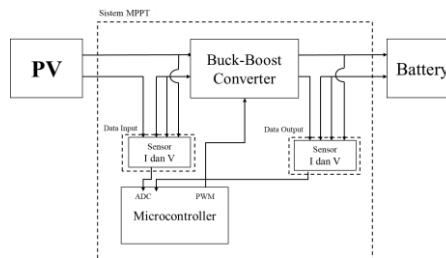
and Chapman, 2007).

Pada penelitian ini, Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan arus dan tegangan sebagai data *input* yang nantinya akan dimodelkan. MPPT ini menggunakan metode fuzzy dalam pengolahan data masukan guna memaksimalkan daya yang bervariasi (Deshpande and Patil, 2020) dari keluaran PV menjadi lebih stabil dan efisien pada saat pengisian daya dalam baterai. Fungsi dari baterai sendiri adalah untuk menyimpan daya dari keluaran PV supaya nanti bisa digunakan pada saat PV sudah tidak terkena sinar matahari. Sampel tegangan dari baterai nanti yang akan dipakai dalam penelitian ini bervariasi mulai dari 12V, 24V, dan 48V.

Penelitian ini hanya berfokus pada proses pengisian daya pada baterai atau aki yang berasal dari keluaran PV menggunakan MPPT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode rekayasa dengan fokus mengontrol besar PWM (pulse width modulation) yang disalurkan pada DC-DC buck-boost converter, modul ini digunakan untuk menyetabilkan dan mencari titik maksimum daya yang dikeluarkan PV dengan menggunakan sistem fuzzy.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa langkah meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan *hardware*, perancangan *software*, serta pengujian konverter untuk mengetahui karakteristiknya. Langkah pertama yaitu membuat desain dan perancangan sistem pada konverter yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem

Pada bagian yang pertama terdapat panel surya yang berfungsi menghasilkan energi listrik dari sinar matahari yang di serap. *Output* dari panel surya tersebut akan menghasilkan tegangan dan arus yang berubah-ubah tergantung dengan kondisi suhu. Mikrokontroler berfungsi menerima *input* analog dari berbagai sensor, mengubahnya terlebih dahulu menjadi digital (*ADC Conversion*), kemudian diproses kedalam algoritma FLC (*Fuzzy Logic Controller*). Hasil

dari algoritma FLC tersebut berupa sinyal PWM yang digunakan untuk switching MOSFET pada rangkaian *Buck-Boost Converter*.

Dalam sistem MPPT ini *buck-boost converter* merupakan komponen inti dalam sistem MPPT, berikut ini adalah parameter perancangan yang telah dibuat oleh penulis dalam membuat komponen *buck-boost converter* pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Perancangan *Hardware*

Parameter	Nilai
Tegangan masukan (V_{in})	36V
Tegangan Gate Driver (V_{gs})	12V
Frekuensi switching (F)	50(K_{HZ})
Duty Cycle	$\pm 55\%$
Arus maksimal (A)	$\pm 8A$

Berdasarkan parameter yang digunakan pada **Tabel 3.1** maka tahap selanjutnya adalah menentukan nilai serta jenis komponen yang akan dipakai dalam perancangan Konverter SEPIC. Langkah-langkah untuk menetukan komponen yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Menentukan nilai dan jenis inductor

Berdasarkan kebutuhan converter maka nilai induktor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$L = \frac{V_{min} \times D_{max}}{\Delta I_L \times F_{sw}} \quad (1)$$

$$L = \frac{25 \times 0.55}{4 \times 50000} \quad (2)$$

$$L = 68,75\mu H \quad (3)$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai L sebesar $68,75\mu H$. Dalam perancangan nilai induktor yang digunakan penulis adalah sebesar $66\mu H$ sebanyak 2 buah, hal ini dikarenakan nilai yang dibutuhkan penulis tidak ada. Jenis induktor yang digunakan memiliki tipe toroid karena memiliki nilai Q yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi efisiensi.

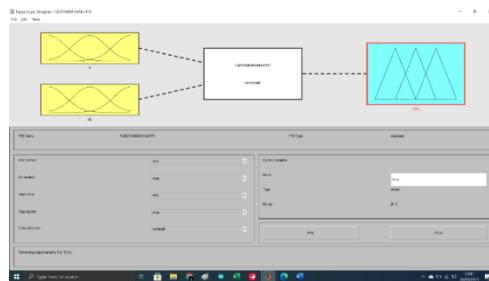
- Pemilihan jenis diode

Dengan menggunakan asumsi yang didapat, untuk mengurangi tegangan jatuh dan mengurangi besarnya power losses. Maka dioda yang akan digunakan adalah dioda daya jenis ultrafast yaitu MUR3060.

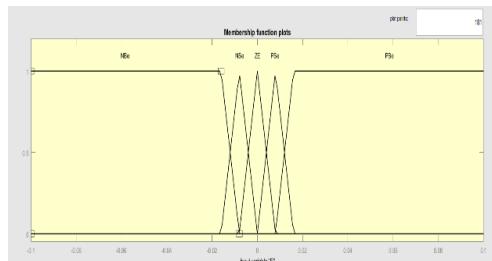
3. Pemilihan mosfet

Dalam penelitian ini penulis menggunakan mosfet tipe Hy4008 jenis N-channel. Mosfet tipe ini memiliki tegangan operasi (V_{DS}) sampai 80V, maksimal Arus operasi (I_D) sebesar 200A, dan mampu beroprasi dengan temperature yang tinggi.

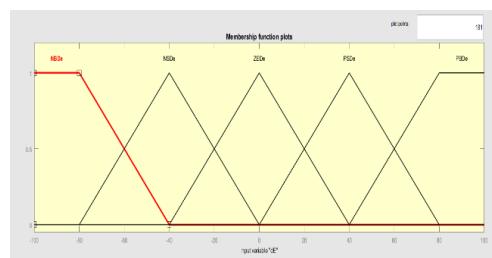
Kemudian merancang kontrol MPPT Fuzzy yang dilakukan pada *software* MATLAB dengan mempertimbangkan parameter *input* dan *output* fuzzy logic controller (FLC), fungsi keanggotaan dan rule base yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengujian dari MPPT Fuzzy yang telah dirancang dengan menjalankan rangkaian simulasi pada MATLAB. Berikut merupakan parameter membership function (MF) pada *input* dan *output*. Berikut merupakan rancangan membership dan tabel Fuzzy yang dibuat untuk sistem MPPT.



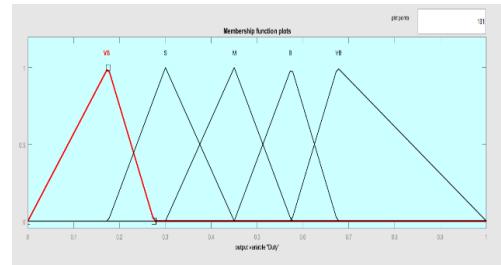
a) Input dan Output Fuzzy Logic



b) Plot Fungsi Keanggotaan E



c) Plot Fungsi Keanggotan dE



d) Plot Fungsi Keanggotaan Output

Gambar 2.2 Fungsi keanggotaan Fuzzy

Input dari control fuzzy ini adalah E (*error*) dan dE (*delta error*), yakni :

$$E(t) = \frac{\Delta P(t)}{\Delta V(t)} \quad (4)$$

$$\Delta E(t) = E(t) - E(t-1) \quad (5)$$

Dimana :

$E(t)$ = error

$P(t)$ = daya (W)

$V(t)$ = tegangan (V)

Adapun *rules base* yang dibuat diperlihatkan pada Tabel 2.2 di bawah. Berikut ini adalah tabel *rule base* yang telah di dapat dari *Software* matlab :

Tabel 2.2 Rule Base

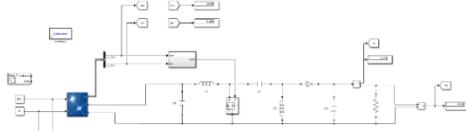
		E				
		NB	NS	ZE	PS	PB
dE	NB	M	M	VB	VB	VB
	NS	M	M	B	B	B
	ZE	B	M	M	M	S
	PS	S	S	S	M	M
	PB	VS	VS	VS	M	M

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian konverter terbagi menjadi dua tahap yaitu simulasi rangkaian konverter dan pengujian konverter yang sudah terintegrasi dengan metode secara langsung. Pengujian pertama adalah pengujian metode fuzzy terhadap konverter yang dilakukan dengan mensimulasikan rangkaian konverter yang sudah terintegrasi dengan metode fuzzy dalam simulink pada *software* matlab. Pengujian kedua dilakukan dengan menghubungkan konverter yang sudah terintegrasi metode fuzzy dengan PV menggunakan beban masing – batterai.

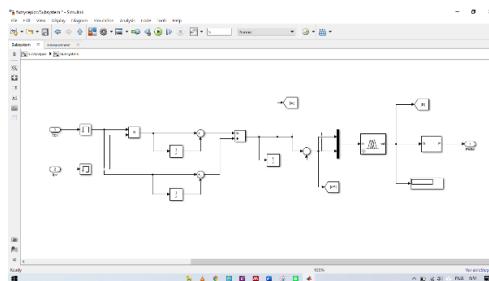
Pengujian pertama adalah simulasi MPPT Fuzzy dilakukan untuk mengetahui kinerja kontroler Fuzzy yang telah dirancang untuk

melihat kemampuan kontroler dalam melakukan *tracking MPP* pada berbagai kondisi klimatik. Kondisi klimatik yang divariasikan yakni radiasi sinar matahari mulai dari 600 W/m^2 sampai 1000 W/m^2 dan suhu panel yang tetap pada 25°C . Berikut merupakan transisi variasi radiasi matahari dengan suhu tetap. Berikut ini adalah gambar rangkaian pemodelan *converter* dengan kontrol fuzzy yang dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Pemodelan Kontrol MPPT Fuzzy

Dengan struktur control fuzzy yang dapat di lihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Struktur Control Fuzzy

Berdasarkan pemodelan converter dengan kontrol fuzzy didapatkan P_{MPP} dan P_{outpv} yang dapat dilihat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Hasil Simulasi Perbandingan Daya Keluaran

Radiasi (W/m^2)	P_{outpv} (W)	P_{MPP} (W)	Efficiency (%)
600	171,70	181,00	94,86
700	185,80	197,00	94,31
800	205,10	216,00	94,95
900	224,40	235,00	95,49
1000	238,00	250,00	95,20
Rata – rata			94,96

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa rata– rata efficiency sebesar 94,96% dari simulasi matlab. Berikut merupakan grafik P_{MPP} dan P_{outpv} yang telah didapatkan dari simulasi matlab pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan Pouptv dengan PMPP

Pengujian kedua adalah menghubungkan konverter yang sudah terintegrasi metode fuzzy dengan PV menggunakan beban masing – batterai. Pengujian pertama dilakukan menggunakan batterai 12V. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Hasil Integrasi Software dan Hardware terhadap Batterai 12V

Iridiasi (W/m^2)	V_{in} (V)	C_{in} (A)	V_{out} (V)	C_{out} (A)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Efficiency (%)
1007	30,63	1,12	12,92	2,30	34,31	29,72	86,62
912	30,80	1,15	12,88	2,27	35,42	29,24	82,55
810	30,74	1,12	12,94	2,26	34,43	29,24	84,94
720	30,59	1,12	12,95	2,30	34,26	29,79	86,94
631	30,87	1,09	12,83	2,25	33,65	28,87	85,79
513	30,29	1,13	12,90	2,20	34,23	28,38	82,92

Pengujian kedua dilakukan menggunakan batterai 24V. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.3 Hasil Integrasi Software dan Hardware terhadap Batterai 24 Volt

Iradiasi (W/m ²)	Vin (V)	Cin (A)	Vout (V)	Cout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)
1004	28,38	2,56	26,90	2,43	72,65	65,37	89,97
915	29,20	2,40	25,40	2,35	70,08	59,69	85,17
811	29,52	2,35	25,44	2,36	69,37	60,04	86,55
719	28,46	2,28	25,40	2,23	64,89	56,64	87,29
616	28,13	2,28	25,86	2,17	64,14	56,12	87,50
527	27,90	2,26	26,04	2,13	63,05	55,47	87,96

Pengujian ketiga dilakukan menggunakan baterai 48V. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.4**

Tabel 3.4 Hasil Integrasi Software dan Hardware terhadap Battery 48 Volt

Iradiasi (W/m ²)	Vin (V)	Cin (A)	Vout (V)	Cout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)
1021	23,86	5,68	49,30	2,13	135,52	105,01	77,48
903	24,83	4,91	49,30	2,00	121,92	98,60	80,88
808	24,71	4,69	49,70	1,91	115,89	94,93	81,91
723	24,47	4,64	49,60	1,85	113,54	91,76	80,82
620	25,30	4,10	49,60	1,50	103,73	74,40	71,72
537	26,30	3,30	49,50	1,40	86,79	69,30	79,85

Pengujian terakhir yaitu, pengujian konverter berbasis MPPT dan konverter tanpa MPPT, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keberhasilan dalam penelitian ini. Dalam pengujian ini menggunakan baterai 48V dengan menggunakan konverter berbasis MPPT yang dikontrol dengan Esp32 dan konverter tanpa MPPT menggunakan dua buah potensiometer yang berfungsi untuk mengatur driver mosfet guna mengatur arus dan tegangan untuk pengisian baterai. Untuk pengisian baterai

48V menggunakan converter tanpa MPPT, potensio untuk mengatur arus diatur dalam kondisi maksimum dan potensio untuk mengatur tegangan diatur dengan tegangan keluaran converter di atas tegangan baterai, jika tegangan keluaran converter sudah berada di atas tegangan baterai 48V maka baterai di hubungkan dengan converter tanpa MPPT untuk pengambilan data. Berikut hasil yang didapatkan dalam pengujian konverter berbasis MPPT dan konverter yang tidak menggunakan MPPT dapat dilihat dalam **Tabel 3.5**

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Konverter Berbasis MPPT dan Konverter tanpa MPPT

Iradiasi (W/m ²)	MPPT			Tanpa MPPT		
	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)
1021	135,52	105,01	77,48	111,00	82,31	74,15
903	121,92	98,60	80,88	109,2	73,21	67,04
808	115,89	94,93	81,91	100,57	74,85	74,43
723	113,54	91,76	80,82	100,03	74,00	73,98

Iradiasi (W/m ²)	MPPT			Tanpa MPPT		
	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)	Pin (W)	Pout (W)	Efficiency (%)
620	103,73	74,40	71,72	90,74	70,07	77,22
535	81,95	65,70	80,17	70,86	43,90	61,95

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pengaturan daya keluaran PV yang bervariasi dalam pengisian baterai 12V, 24V, dan 48V menggunakan sistem MPPT dapat mengatur daya keluaran PV menjadi lebih stabil dengan daya keluaran yang mendekati P_{MPP} atau daya maximum di setiap radiasi dan penggunaan sistem MPPT pada pengisian ketiga baterai memiliki effisiensi yang lebih baik dengan nilai effisiensi tinggi yang diperoleh 86,62% pada pengisian baterai 12V, 89,97% pada pengisian baterai 24V, dan 81,91% pada pengisian baterai 48V. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, penggunaan konverter berbasis MPPT lebih optimal dari pada konverter tanpa MPPT dengan hasil peningkatan 7,51%.

point tracking of photovoltaic generation based on the type 2 fuzzy logic control method', *Energy Procedia*, 12, pp. 538–546. doi: 10.1016/j.egypro.2011.10.073.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfonsus Haryo Sangaji, T. R. (2018) ‘Maximum Power Point Tracking (MPPT) Menggunakan Metode Artificial Neural Network Untuk Panel Surya’, *Jurnal Teknik Elektro*, 7(02), pp. 85–92.
- [2] Babgei, A. F. (2010) ‘Rancang Bangun Maximum Power Point Tracker (Mppt) Pada Panel Surya Dengan Menggunakan Metode Fuzzy’, *Teknik elektro*, ITS, pp. 1–9. Available at: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-21777-2207100161-Paper.pdf>.
- [3] Deshpande, A. S. and Patil, S. L. (2020) ‘Maximum power point tracking using a hybrid fuzzy logic control’, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 94, pp. 217–226. doi: 10.1007/978-981-15-0694-9_21.
- [4] Esram, T. and Chapman, P. L. (2007) ‘Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques’, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 22(2), pp. 439–449. doi: 10.1109/TEC.2006.874230.
- [5] Gheibi, A., Mohammadi, S. M. A. and Maghfoori, M. (2011) ‘Maximum power