

# IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* DENGAN *ZETA* *CONVERTER*

Affuddin Rizqi<sup>1</sup>, Sutedjo<sup>2</sup>, Endro Wahjono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Elektro Industri, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri  
Surabaya, Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya 60111  
affuddin@pe.student.pens.ac.id<sup>1</sup>, sutedjo@pens.ac.id<sup>2</sup>, endro@pens.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRACT

*Implementation of photovoltaics as a renewable energy source is growing rapidly. The cost of implementing photovoltaic is very high therefore it is necessary to control the optimization of the PV. The V-I aspect of solar cells is nonlinear, changing with the intensity of sunlight and the surface temperature of the photovoltaic, causing the output power of the photovoltaic to vary. This research will use the zeta converter as a DC chooper controlled by MPPT based on fuzzy logic controller. Software Power Simulation (PSIM) is used to simulate MPPT. The MPPT fuzzy logic controller will be compared with the MPPT human psychology optimization (HPO). The simulation results show that MPPT fuzzy gets the same accuracy as MPPT HPO and is better than the average accuracy without MPPT which is 99,98%. Then the speed in finding the maximum MPPT fuzzy point gets a better time tracking when compared to the MPPT HPO which is 0,0283 seconds. MPPT fuzzy is able to exceed the maximum power at varying sunlight intensity and temperature.*

**Keywords:** *MPPT, Fuzzy Logic Controller, Photovoltaic, Zeta Converter, PSIM*

## ABSTRAK

Penggunaan *photovoltaic* sebagai sumber energi terbarukan berkembang dengan pesat. Biaya implementasi *photovoltaic* sangat tinggi oleh karena itu diperlukan kontrol untuk mengoptimalkan efisiensi dari PV. Karakteristik V-I sel surya adalah nonlinier, berubah terhadap intensitas cahaya matahari dan temperatur permukaan *photovoltaic* sehingga menyebabkan daya keluaran dari *photovoltaic* bervariasi. Penelitian ini akan menggunakan *zeta converter* sebagai DC *chooper* yang dikontrol oleh MPPT berbasis *fuzzy logic controller*. Software *Power Simulation* (PSIM) digunakan untuk mensimulasikan MPPT. MPPT *fuzzy logic controller* akan dibandingkan dengan MPPT *human psychology optimization* (HPO). Hasil simulasi menunjukkan MPPT *fuzzy* mendapatkan akurasi yang sama dengan MPPT HPO dan lebih baik dari rata – rata akurasi tanpa MPPT yaitu 99,98%. Kemudian kecepatan dalam mencari titik maksimum MPPT *fuzzy* mendapatkan *time tracking* yang lebih baik jika dibandingkan dengan MPPT HPO yaitu 0,0283 detik. MPPT *fuzzy* mampu menelusuri daya maksimum pada intensitas cahaya matahari dan temperatur yang berubah-ubah.

**Kata kunci:** *MPPT, Fuzzy Logic Controller, Photovoltaic, Zeta Converter, PSIM*

## I. PENDAHULUAN

Energi surya adalah salah satu energi terbarukan yang berupa sinar dan panas dari

matahari. Salah satu penerapan energi surya yaitu melalui penggunaan *photovoltaic* (PV) atau panel surya yang dapat mengubah

energi cahaya matahari menjadi energi listrik.

Dalam pemanfaatannya *photovoltaic* (PV) dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan temperatur pada permukaan *photovoltaic* (PV). Dengan kondisi matahari yang berubah ubah maka iradiasi yang diterima oleh PV juga akan berubah – ubah sehingga membuat daya keluaran fluktuatif. Bagaimanapun juga PV memiliki daya keluaran maksimum (MPP) yang membuat PV menghasilkan energi listrik dengan efisiensi tertinggi. Pada kondisi tersebut maka tegangan dan arus yang dihasilkan PV berada pada keadaan optimal, sehingga akan mendapatkan keluaran daya yang maksimal.

Titik MPP akan didapatkan sesuai dengan kondisi penyinaran matahari, diperlukan suatu algoritma penjejak yang biasa disebut algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) untuk melacak titik tersebut untuk meningkatkan efisiensi daya keluaran PV dengan memanfaatkan karakteristik PV [1]. Sebagai algoritma optimasi sangat penting memperhatikan akurasi serta kecepatan dalam mencari titik daya maksimum PV dalam kondisi iradiasi yang berubah-ubah [2].

Algoritme konvensional yang umum digunakan sebagai MPPT, yaitu algoritme *Perturb and Observe* (P&O) [3] dan algoritme *Incremental Conductance* (IC) [4]. Algoritme konvensional ini umumnya masih mempunyai kekurangan pada *time tracking* dalam mencari titik maksimum serta akurasi yang kurang. [2].

Dalam penelitian ini digunakan metode *Fuzzy Logic Controller* untuk mencari titik maksimum pada PV. Seperti pada penelitian Trishan,E (2007)[5] mengungkapkan bahwa algoritme *fuzzy* mendapatkan efisiensi lebih bagus jika dibandingkan dengan algoritme konvensional lainnya dalam *tracking* titik maksimum pada PV. Terdapat banyak jenis dalam DC-DC converter, dari hanya menaikkan tegangan (*boost converter*) atau hanya menurunkan tegangan (*buck*

*converter*), hingga dapat menaikkan serta menurunkan tegangan (*buck-boost converter*) [6]. Untuk itu dalam penelitian ini digunakan *Zeta converter* yang merupakan pengembangan dari *Buck-Boost converter*, namun yang membedakan adalah polaritas *output* pada *Zeta converter* tidak terbalik serta memiliki riak yang lebih kecil daripada *Buck-Boost converter* [6]. Penelitian ini akan disimulasikan menggunakan software *Power Simulation* (PSIM).

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 *Photovoltaic*

*Photovoltaic* merupakan suatu peralatan non mekanik yang terbuat dari campuran silikon, dan bekerja dengan adanya foton yang mengionisasi bahan semikonduktor pada panel surya, sehingga menyebabkan elektron terluar membebaskan ikatan atom. Akibat dari struktur semikonduktor, elektron bergerak searah menciptakan aliran arus listrik.

Ketika PV mendapat masukan berupa intensitas cahaya matahari dan temperatur, maka PV akan menghasilkan arus listrik. Intensitas cahaya matahari berubah sesuai dengan posisi matahari dan faktor cuaca. Besar arus listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh PV.

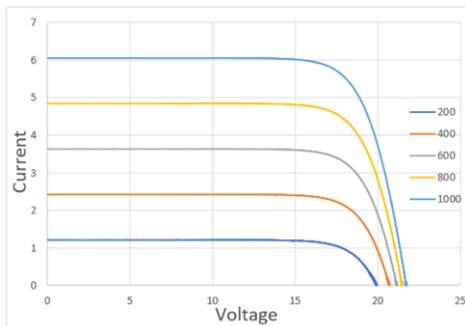
Terdapat variasi daya maksimum, tegangan, dan arus yang mampu dihasilkan oleh PV. Tiap modul PV memiliki parameter yang berbeda-beda seperti pada *Voc* (*open circuit voltage*) dan *Isc* (*short circuit current*). PV mempunyai spesifikasi pemakaian dalam keadaan ideal atau *standard condition* yaitu pada saat intensitas cahaya matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan temperatur 25°C. Spesifikasi data model PV yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Model ini mempunyai kemampuan menyuplai daya maksimum 100 Wp saat iradiasi atau intensitas cahaya optimal.

Tabel 1. Parameter PV

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan maksimal	Vmp	17,8 V
2	Arus maksimal	Imp	5,65 A

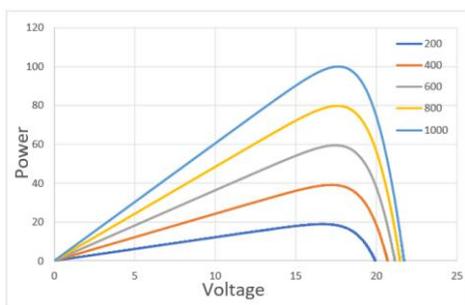
3	Daya maksimal	Pmax	100 W
4	Tegangan <i>open circuit</i>	Voc	21,72 V
5	Arus hubung pendek	Isc	6,05 A

Karakteristik kurva model panel surya ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Kurva I-V dengan variasi iradiasi dan temperatur 25°C

Berdasarkan gambar 1 pada saat tegangan semakin besar maka arusnya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan arus semakin menurun. Arus maksimal pada intensitas 1000 W/m<sup>2</sup> di dapat 6,04 A dan tegangan maksimal 21,72 V.



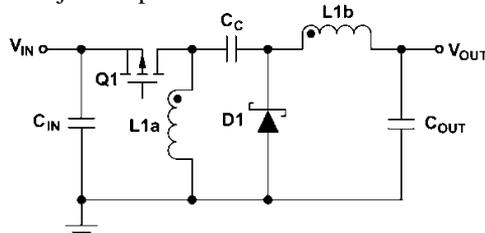
**Gambar 2.** Kurva P-V dengan variasi iradiasi dan temperatur 25°C

Berdasarkan gambar 2 pada saat tegangan semakin besar maka dayanya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan daya semakin menurun. Daya maksimal pada intensitas 1000 W/m<sup>2</sup> didapat 99,99 W dan tegangan maksimalnya 21,72 V.

## 2.2 Zeta Converter

Tegangan dan arus keluaran dari PV akan dioalah terlebih dahulu dengan

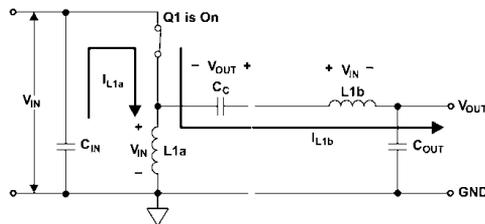
perangkat yang dinamakan DC-DC *converter*. Dalam hal ini DC-DC *converter* yang digunakan adalah *Zeta converter*. *Zeta converter* bekerja seperti *Buck-Boost converter*, yaitu dapat menaikkan atau menurunkan tegangan DC, yang dimasukkan berdasarkan duty cycle pada komponen *switching* [8] [9]. Rangkaian *Zeta converter* ditunjukkan pada Gambar 3.



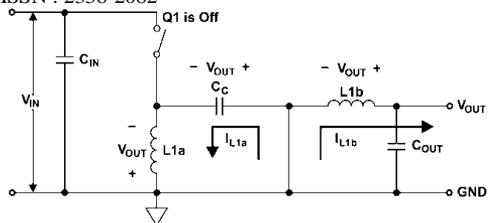
**Gambar 3.** Rangkaian *Zeta converter*

*Zeta converter* ini dijalankan dalam kondisi CCM (*Continuous Conduction Mode*). Gambar 4. dan Gambar 5. menunjukkan bahwa *Zeta converter* beroperasi pada CCM ketika Q1 “On” dan ketika Q1 “Off”.

Ketika Q1 *off*, tegangan yang melewati L1b harus tegangan *output* selama diparalel dengan kapasitor *output*. Selama kapasitor *output* *di-charge* oleh tegangan *output*, tegangan akan melewati Q1 ketika Q1 *off* adalah  $V_{IN} + V_{OUT}$  meskipun tegangan yang melewati L1a adalah  $-V_{OUT}$  *relative* oleh *drain* dari Q1. Ketika Q1 *On*, kapasitor *coupling* *di-charge* oleh  $V_{OUT}$ , yang dihubungkan secara seri dengan L1b, sehingga tegangan yang melewati L1b adalah  $+V_{IN}$ , dan diode D1 adalah  $V_{IN} + V_{OUT}$ .



**Gambar 4.** Rangkaian *Zeta converter* beroperasi pada CCM ketika Q1 “On”



**Gambar 5.** Rangkaian *Zeta converter* beroperasi pada CCM ketika Q1 “Off”

Untuk menentukan nilai-nilai komponen *Zeta converter*, diperlukan parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Setelah parameter ditentukan, selanjutnya dilakukan perhitungan setiap komponen pada *Zeta converter*, perhitungan ditunjukkan pada (1) sampai (8).

**Tabel 2.** Parameter *Zeta converter*

No.	Parameter	Symbol	Nilai
1	Tegangan masukan	$V_{IN}$	17,8 V
2	Tegangan keluaran	$V_{OUT}$	14,4 V
3	Frekuensi <i>switching</i>	$F_{SW}$	40 kHz
4	Efisiensi	$\eta$	80 %
5	Arus masukan	$I_{IN}$	5,65 A
6	Arus keluaran	$I_{OUT}$	5 A
7	Ripple arus input	$rI_1$	10 %
8	Ripple arus output	$rI_2$	10 %
9	Ripple tegangan	$rV_{OUT}$	0,1 %

$$D_{zeta} = \frac{V_{out}}{V_{out} + V_{in}} \quad (1)$$

$$\Delta I_{L(PP)} = K \times I_{out} \times \frac{D}{1-D} \quad (2)$$

$$L_{1a} = L_{1b} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_{L(PP)} \times f_{sw}} \quad (3)$$

$$I_{L_{1a}(pk)} = I_{in} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (4)$$

$$I_{L_{1b}(pk)} = I_{out} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (5)$$

$$C_{out(min)} = \frac{D \times I_{out}}{8 \times \Delta V_{C_{out}} \times f_{sw}} \quad (6)$$

$$C_{in(min)} = \frac{D \times I_{out}}{\Delta V_{C_{in}} \times V_{in} \times f_{sw}} \quad (7)$$

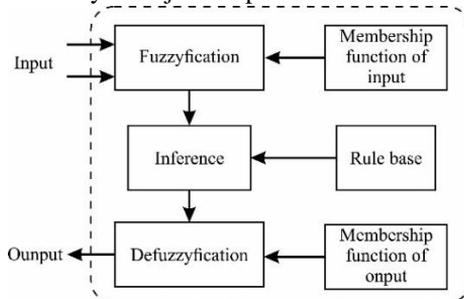
$$C_C = \frac{D \times I_{out}}{\Delta V_{C_C} \times V_{out} \times f_{sw}} \quad (8)$$

### 2.3 MPPT Fuzzy

MPPT merupakan sistem untuk mencari titik daya maksimum pada PV dengan menggunakan algoritme tertentu dan bekerja berdasarkan karakteristik P-V dengan mengubah titik kerja *photovoltaic* agar PV mendapatkan efisiensi yang paling tinggi [7].

Tingkat iradiasi matahari akan mempengaruhi kinerja PV. Untuk mendapatkan daya PV yang maksimal, nilai duty cycle dari konverter DC-DC dapat dinaikkan atau diturunkan. Siklus kerja bekerja berdasarkan prinsip daya PWM dengan modulasi [10]. Oleh karena itu, sistem MPPT diharapkan dapat bekerja secara dinamis untuk mencari titik daya maksimum. Pada Gambar 2. dijelaskan bahwa perbedaan iradiasi matahari dapat mempengaruhi kurva karakteristik P-V.

Pada tahap perancangan kontroler fuzzy terdapat beberapa tahap yaitu penentuan fungsi keanggotaan, penentuan bentuk fungsi keanggotaan, dan menentukan fungsi keanggotaan *output*. Secara umum bagian dari fuzzy ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Blok diagram fuzzy

Kontroler fuzzy pada sistem MPPT ini berfungsi untuk menentukan daya maksimum dengan *output* nya adalah tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) yang akan menjadi *set point* dari kontroler PI. Sehingga pada sistem ini nilai  $V_{ref}$  akan menjadi fungsi keanggotaan *output* fuzzy. Pada *output* fuzzy akan dibutuhkan 1 *output* yaitu *output* yang memberikan nilai  $V_{ref}$ . Terdapat 2 variabel *input* pada fuzzy, yaitu *error*  $E(k)$  dan *delta error* ( $dE$ ) pada persamaan (9) dan (10).

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (9)$$

$$dE(k) = E(k) - E(k-1) \quad (10)$$

*Output* dari kontroler fuzzy adalah tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) yang akan menjadi *set point* dari kontroler PI maka *rule base* dapat ditentukan dengan melihat nilai *error*

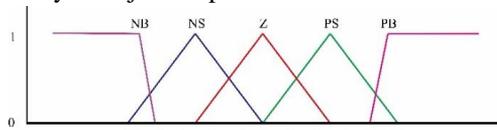
dan *delta error* yang digunakan sebagai variabel *input fuzzy*.

*Rule base* digunakan untuk menentukan aksi kontrol yang diinginkan sesuai dengan plant yang direncanakan penulis. Dalam hal ini aturan fuzzy yang digunakan dalam bentuk pernyataan IF-THEN. *Rule base* yang dibuat pada kontroler fuzzy disajikan pada Tabel 3.

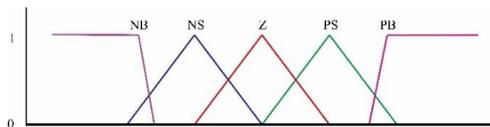
**Tabel 3.** *Rule base fuzzy*

E \ dE	NB	NS	Z	PS	PB
NB	Z	Z	PB	PB	PB
NS	Z	Z	PS	PS	PS
Z	PS	Z	Z	Z	NS
PS	NS	NS	NS	Z	Z
PB	NB	NB	NB	Z	Z

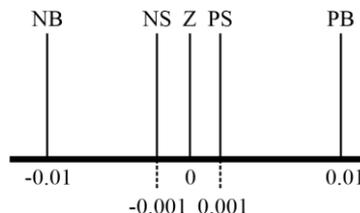
Pada tahap awal harus ditentukan fungsi keanggotaan untuk *input* pada fuzzy. Karena pada sistem MPPT ini fuzzy digunakan untuk menentukan *duty cycle*, maka *input* fungsi keanggotaan harus merepresentasikan besarnya nilai *error* dan *delta error*. Berdasarkan spesifikasi panel surya yang digunakan pada proyek akhir ini, daya maksimal pada panel surya adalah 100 watt. Sehingga nilai *error* nya antara -100 hingga 100. Begitu pula dengan *range delta error*, yaitu bernilai antara -100 hingga 100. Sedangkan nilai singleton output fuzzy ditentukan dari -0,01 hingga 0,01. *Membership function* (MF) dari *error* dan *delta error* ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Sedangkan nilai *singleton output fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 7.** *Membership function error*



**Gambar 8.** *Membership function delta error*

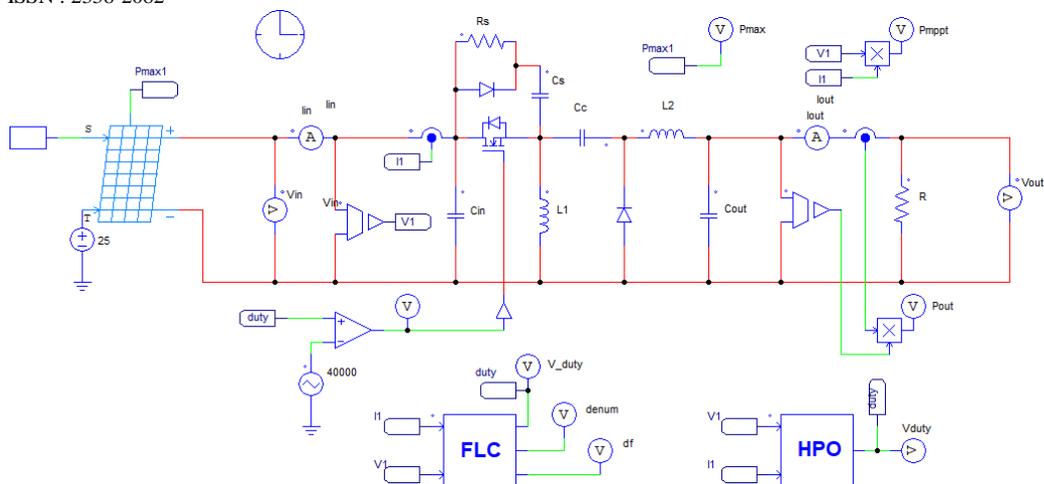


**Gambar 9.** *Singleton output fuzzy*

Proses defuzzifikasi pada fuzzy tipe sugeno menggunakan metode *weighted average*. Penyelesaian metode ini yaitu dengan menjumlahkan nilai tiap *rule* yang dikalikan dengan *singletonnya* dan dibagi dengan jumlah tiap nilai *rule*. Metode *weighted average* ditunjukkan pada Persamaan 11.

$$Defuzzifikasi = \frac{\sum U_c(z)(z)}{\sum U_c(z)} \quad (11)$$

Nilai defuzzifikasi berupa nilai tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) yang telah didapatkan nantinya akan dibandingkan dengan nilai tegangan panel surya ( $P_{pv}$ ) hingga nilai *error* nya bernilai 0. Setelah itu, hasil kali antara *error* dengan nilai  $K_p$ , dan  $K_i$  akan dijumlahkan. Hasil ini merupakan nilai *duty cycle* untuk mengatur PWM yang digunakan untuk menaik-turunkan nilai tegangan sehingga dapat dicapai daya maksimum panel surya.



Gambar 10. Blok diagram MPPT

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Software PSIM berfungsi melakukan uji simulasi algoritma Fuzzy pada sistem MPPT. Parameter dari penelitian ini adalah waktu pelacakan dan efisiensi daya PV. Simulasi dilakukan dalam kondisi iradiasi bervariasi (800 - 1000 W/m<sup>2</sup>) dengan temperatur konstan (25°C).

#### 3.1 Hasil Pengujian Zeta Converter

Tabel 4. Hasil Pengujian Zeta converter

D (%)	Vi (V)	Pi (W)	Vo teori (V)	Vo (V)	Po (W)	Eff %
20	10	2,235	2,5	2,486	2,169	97,04
	15	5,029	3,75	3,729	4,88	97,04
	16	5,72	4	3,977	5,55	97,03
	17	6,46	4,25	4,23	6,27	97,05
	18	7,243	4,5	4,475	7,029	97,04
40	10	15,8	6,66	6,642	15,43	97,66
	15	35,55	10	9,96	34,72	97,66
	16	40,45	10,66	10,6	39,5	97,65
	17	45,67	11,33	11,29	44,59	97,63
	18	51,19	12	11,95	49,99	97,65
50	10	36,265	10	9,97	34,72	95,74
	15	81,59	15	14,95	78,12	95,75
	16	92,838	16	15,95	88,88	95,73
	17	104,8	17	16,95	100,34	95,74
	18	117,49	18	17,95	112,49	95,74

Pengambilan data simulasi ini bertujuan untuk mendapatkan data fungsional

konverter pada setiap *duty cycle*. Pengambilan data fungsional bertujuan untuk melihat kinerja dari konverter apakah sudah dapat berjalan sesuai teori atau tidak.

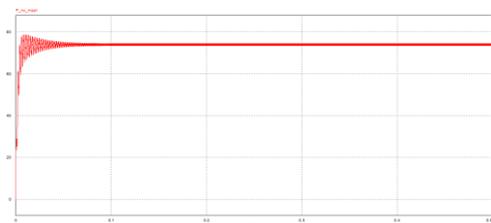
Dari Tabel 4, terlihat bahwa zeta converter telah dapat bekerja menurunkan tegangan (buck) dengan baik. Maka dari data tersebut dapat dikatakan bahwa zeta converter dapat bekerja secara fungsional dengan efisiensi rata – rata 97,4% dengan error tegangan output dari teori sebesar 0,4%.

#### 3.2 Hasil Simulasi Tanpa MPPT, MPPT Fuzzy, MPPT HPO

Pengujian ini akan membandingkan hasil respon NO MPPT, MPPT fuzzy dan MPPT HPO, dengan mengubah nilai iradiasi pada PV sebesar 800 W/m<sup>2</sup>, 900 W/m<sup>2</sup> dan 1000 W/m<sup>2</sup>. Hasil simulasi akan ditampilkan pada Tabel 5.

Pada iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> daya PV tanpa MPPT sebesar 74,036 Watt, dengan respon *steady* 0,125 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 11. Pada saat menggunakan MPPT fuzzy keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar 79,778 Watt dengan *time tracking* 0,043 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 12. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya yang sama dengan MPPT fuzzy sebesar 79,778 Watt

dengan *time tracking* 0,169 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 11.** Hasil simulasi iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> pada Tanpa MPPT



**Gambar 12.** Hasil simulasi iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> pada MPPT fuzzy

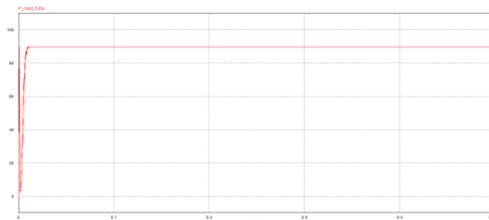


**Gambar 13.** Hasil simulasi iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

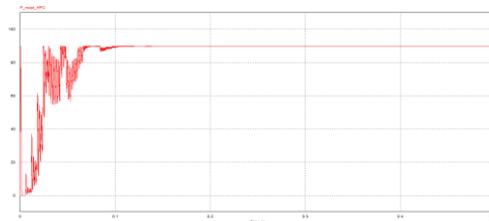
Pada percobaan kedua dengan iradiasi 900 W / m<sup>2</sup> daya PV tanpa MPPT sebesar 88,992 Watt, dengan *time tracking* 0,048 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 14. Pada saat menggunakan MPPT Fuzzy keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar 89,9039 Watt dengan *time tracking* 0,029 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 15. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya sebesar 89,90397 Watt dengan *time tracking* 0,120 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 16.



**Gambar 14.** Hasil simulasi iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> pada Tanpa MPPT



**Gambar 15.** Hasil simulasi iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> pada MPPT fuzzy

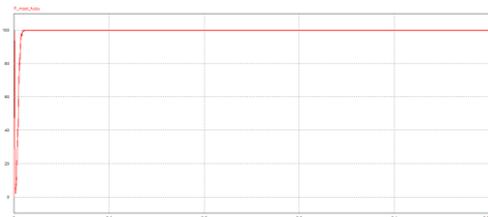


**Gambar 16.** Hasil simulasi iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

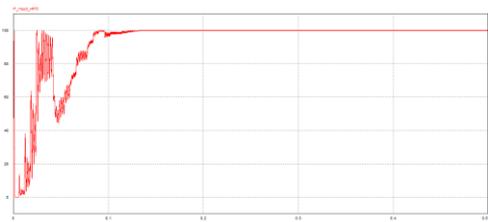
Pada percobaan ketiga dengan iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, daya PV tanpa MPPT adalah 99,744 Watt, dengan *time tracking* 0,029 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 17. Pada saat menggunakan MPPT Fuzzy keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar 99,9856 Watt dengan *time tracking* 0,013 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 18. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya sebesar 99,9856 Watt dengan *time tracking* 0,138 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 19.



**Gambar 17.** Hasil simulasi iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> pada Tanpa MPPT



**Gambar 18.** Hasil simulasi iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> pada MPPT fuzzy



**Gambar 19.** Hasil simulasi iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

memvariasikan nilai iradiasi dapat dianalisis sebagai berikut.

Pada tingkat iradiasi yang sama, MPPT fuzzy dan HPO memperoleh nilai akurasi rata-rata yang sama yaitu 99,98%, sedangkan tanpa MPPT memperoleh nilai akurasi sebesar 97,16%. Kemudian untuk perbedaan waktu pelacakan, MPPT fuzzy lebih baik dari MPPT HPO dan tanpa MPPT dimana pada tanpa MPPT mendapatkan waktu tunak pada tanpa MPPT mendapatkan waktu tunak yang cukup cepat karena tidak melacak *duty cycle*. Pada tingkat iradiasi 800 W/m<sup>2</sup>, MPPT fuzzy mendapatkan waktu pelacakan 0,043 detik, sedangkan MPPT HPO 0,169 detik. Pada tingkat iradiasi 900 W/m<sup>2</sup>, MPPT fuzzy mendapatkan waktu pelacakan 0,029 detik sedangkan MPPT HPO 0,120 detik. Dan pada tingkat iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, MPPT fuzzy mendapatkan waktu pelacakan 0,013 detik sedangkan MPPT HPO 0,138 detik.

Dari hasil perbandingan simulasi tanpa MPPT, MPPT fuzzy dan HPO dengan

**Tabel 5.** Hasil simulasi dari MPPT Fuzzy dan MPPT HPO

Irr W/m <sup>2</sup>	Power (W)			Pmax PV (W)	Accuracy (%)			Time Tracking (s)		
	Tanpa MPPT	Fuzzy	HPO		Tanpa MPPT	Fuzzy	HPO	Tanpa MPPT	Fuzzy	HPO
800	74,036	79,778	79,778	79,785	92,79	99,99	99,89	0,125	0,043	0,169
900	88,992	89,9039	89,9037	89,914	98,97	99,98	99,98	0,048	0,029	0,120
1000	99,744	99,9856	99,9856	99,998	99,74	99,98	99,98	0,029	0,013	0,138
Rata - rata					97,16	99,98	99,98	0,0673	0,0283	0,427

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi parsial zeta converter telah dapat bekerja menurunkan tegangan (*buck*) dengan baik. *Zeta converter* dapat bekerja secara fungsional dengan efisiensi rata – rata 97,4% dengan *error* tegangan *output* dari teori sebesar 0,4%.

Kemudian dari hasil simulasi MPPT menggunakan *Zeta converter* yang telah dibahas, dengan membandingkan NO MPPT, MPPT Fuzzy dan MPPT HPO. Dapat disimpulkan bahwa MPPT fuzzy mendapatkan rata-rata akurasi sama dengan MPPT HPO yaitu 99,9856% dan lebih baik dibandingkan tanpa MPPT. dan MPPT fuzzy

memiliki rata-rata waktu pelacakan yang lebih baik dari MPPT HPO yaitu 0,0283 detik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sentiono, F. Y, & Pratomo, L. H. “Memaksimalkan Daya *Photovoltaic* Sebagai *Charger Controller*”. *Proceedings of CITEE*. Yogyakarta, 2009: Teknik Elektro UGM.
- [2] Samman, F. A., Rahmansyah, A. A. & Syarifuddin. “Simulasi Pengujian Kinerja Algoritma Pencarian Titik Daya Maksimum”. *Prossiding SNTEK*, 2016, hal. 43-47.

- [3] Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G. & Vitelli, M. "Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method". *IEEE Trans. Power Electron*, vol. 20, no. 4, pp 963973, 2005.
- [4] Liu, F., Duan, S. & Liu, F. "A. Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems". *IEEE Trans. On Industrial Electronics*, vol. 55, no 7, pp 26222628, , 2005.
- [5] ESRAM, T. & Patrick, L. "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Trackin Techniques". *IEEE Transactions On Energy Conversion*, Vol. 22, No. 2, 2007.
- [6] Bani, D. C., Pujiantara, M. & Suryoatmojo, H. "MPPT Pada Sistem PV Menggunakan Algoritma *Firefly* dan *Modified P&O* dengan Konverter *Hybrid Cuk* Terkoneksi ke Grid Satu Phasa di Bawah Kondisi *Partial Shaded*". *J. Tek. ITS*, Vol. 5, No. 2, hal. B128-B134, 2016.
- [7] Ferdiansyah, I., Sutedjo, Qudsi, O. A. & Ramadhan, A. N. "Implementation of Maximum Power Point Tracking on Solar Panels using Cuckoo Search Algorithm Method", *International Conference on Applied Information Technology and Innovation (ICAITI)*, Denpasar, Bali, Indonesia, 2019, pp. 88-92.
- [8] Falin, J. *Designing DC/DC Converters based on ZETA Topology*. Texas Instruments Incorporated, 2010.
- [9] Fitriyah, Efendi, M. Z. & Murdianto, F. D. "Modeling and Simulation of MPPT ZETA Converter Using Human Psychology Optimization Algorithm Under Partial Shading Condition". *International Electronics Symposium (IES)*, Surabaya, Indonesia, 2020, pp. 14-20.
- [10] Praharsena, B., Purwanto E., Jaya, A., Ruzli, M. R., Toar, H., Ridwan, Aditya, A., Ferdiansyah, I. & Sandhi, N. E. "Evaluation of Hysteresis Loss Curve on 3 Phase Induction Motor by Using Cascade Feed Forward Neural Network". *International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA)*, Bali, 2018, pp. 117-12