

## Implementasi *Maximum Power Point Tracking* Berbasis *Fuzzy Logic Controller* Dengan *Zeta Converter*

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

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS, Keputih, Kecamatan Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

email: rizqiput@gmail.com<sup>1</sup>, sutedjo@pens.ac.id<sup>2</sup>, endro@pens.ac.id<sup>3</sup>

**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

**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

### 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 Tracking* (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]. Algoritma konvensional yang umum digunakan sebagai MPPT, yaitu algoritma *Perturb and Observe* (P&O) [3] dan algoritma *Incremental Conductance* (IC) [4]. Algoritma 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 [5] mengungkapkan bahwa algoritma *fuzzy* mendapatkan efisiensi lebih bagus jika dibandingkan dengan algoritma 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

### A. Photovoltaic

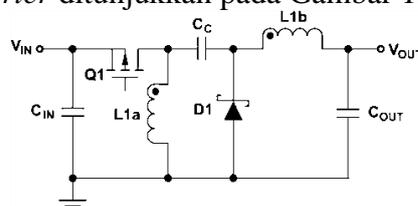
Terdapat variasi daya maksimum, tegangan, dan arus yang mampu dihasilkan oleh PV. Tiap modul PV memiliki parameter yang berbeda-beda seperti pada  $V_{oc}$  (*open circuit voltage*) dan  $I_{sc}$  (*short circuit current*). PV mempunyai spesifikasi pemakaian dalam keadaan ideal atau *standard condition*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

TABEL 1. PARAMETER PV

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan maksimal	$V_{mp}$	17,8 V
2	Arus maksimal	$I_{mp}$	5,65 A
3	Daya maksimal	$P_{max}$	100 W
4	Tegangan <i>open circuit</i>	$V_{oc}$	21,72 V
5	Arus hubung pendek	$I_{sc}$	6,05 A

### B. Zeta Converter

Tegangan dan arus keluaran dari PV akan diolah 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 1.



Gambar 1. Rangkaian *Zeta Converter*

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	Simbol	Nilai
1	Tegangan masukan	V <sub>IN</sub>	17,8 V
2	Tegangan keluaran	V <sub>OUT</sub>	14,4 V
3	Frekuensi <i>switching</i>	F <sub>SW</sub>	40 kHz
4	Efisiensi	η	80 %
5	Arus masukan	I <sub>IN</sub>	5,65 A
6	Arus keluaran	I <sub>OUT</sub>	5 A
7	<i>Ripple arus input</i>	rI <sub>1</sub>	10 %
8	<i>Ripple arus output</i>	rI <sub>2</sub>	10 %
9	<i>Ripple tegangan</i>	rV <sub>OUT</sub>	0,1 %

$$D_{zeta} = \frac{V_{out}}{V_{out}+V_{in}} \tag{1}$$

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

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

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

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

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

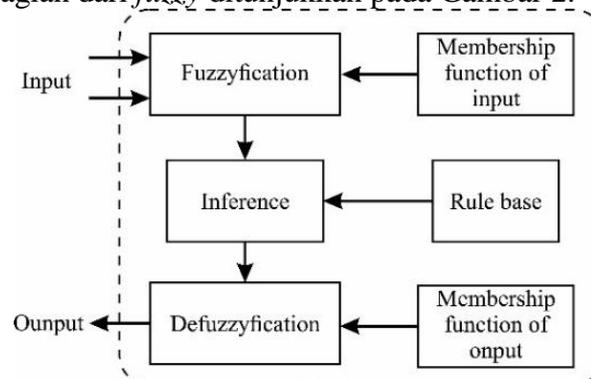
$$C_{in(min)} = \frac{D \times I_{out}}{\Delta V_{C_{in}} \times V_{in} \times f_{sw}} \tag{7}$$

$$C_c = \frac{D \times I_{out}}{\Delta V_{C_c} \times V_{out} \times f_{sw}} \tag{8}$$

C. *MPPT Fuzzy*

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

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 2.



Gambar 2. Blok Diagram *Fuzzy*

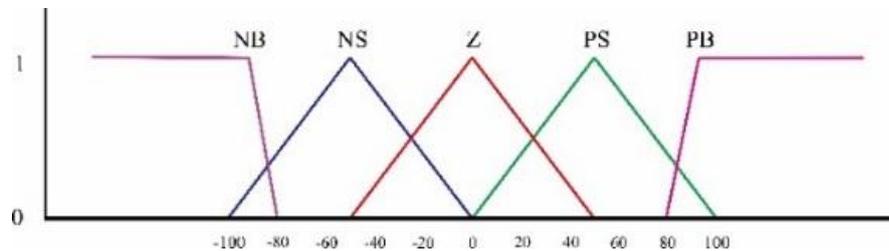
Kontroler *fuzzy* pada sistem MPPT ini berfungsi untuk menentukan daya maksimum dengan *output* nya adalah tegangan referensi (Vref) yang akan menjadi *set point* dari kontroler PI. Sehingga pada sistem ini nilai Vref akan menjadi fungsi keanggotaan *output fuzzy*. Pada

output fuzzy akan dibutuhkan 1 output yaitu output yang memberikan nilai Vref. Terdapat 2 variabel input pada fuzzy, yaitu error E(k) dan delta error (dE) pada persamaan (9) dan (10).

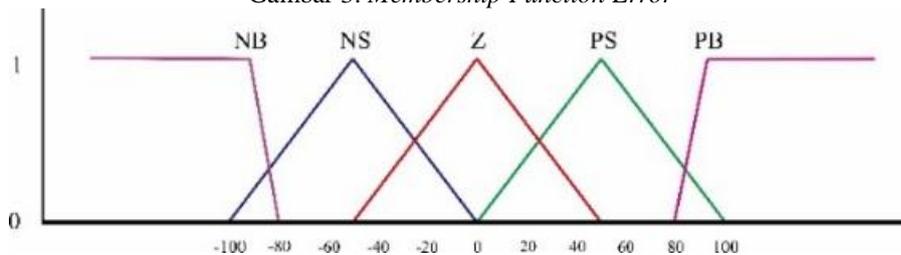
$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \tag{9}$$

$$dE(k) = E(k) - E(k - 1) \tag{10}$$

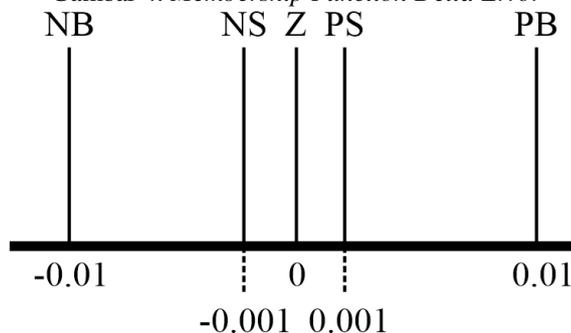
Output dari kontroler fuzzy adalah tegangan referensi (Vref) yang akan menjadi set point dari kontroler PI maka rule base dapat ditentukan dengan melihat nilai error dan delta error yang digunakan sebagai variabel input fuzzy. Pada tahap awal harus ditentukan fungsi keanggotaan untuk input pada fuzzy. 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 penelitian 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 3 dan Gambar 4. Sedangkan nilai singleton output fuzzy ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 3. Membership Function Error



Gambar 4. Membership Function Delta Error

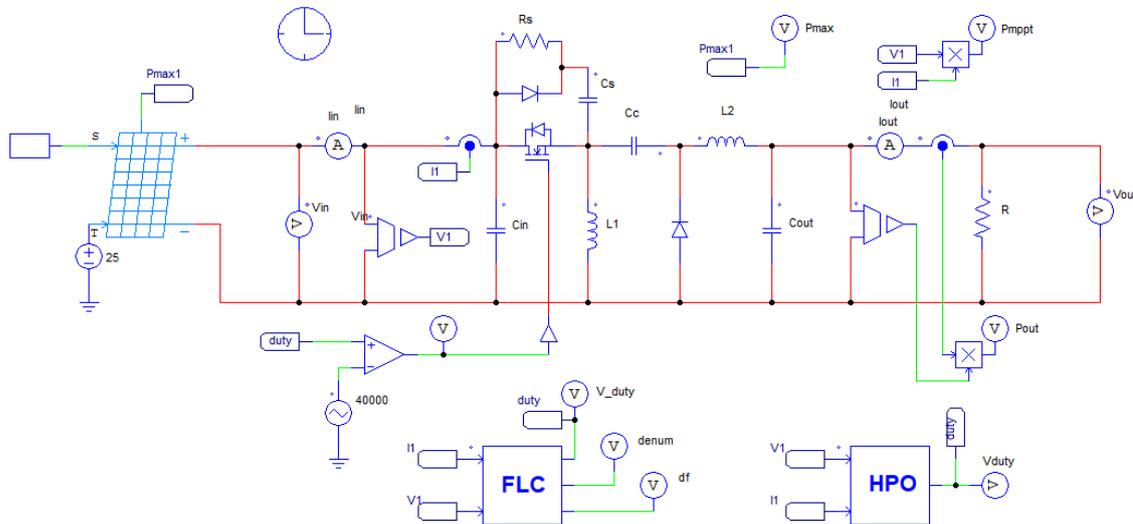


Gambar 5. Singleton Output Fuzzy

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

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

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.



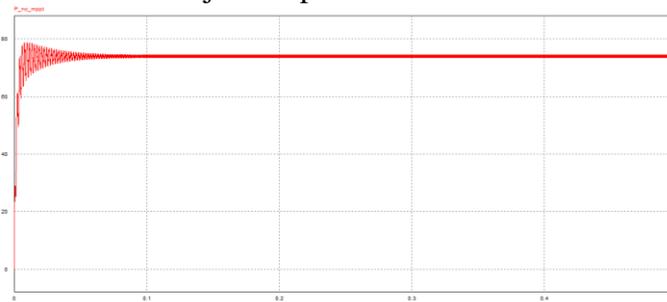
Gambar 6. Blok Diagram MPPT

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

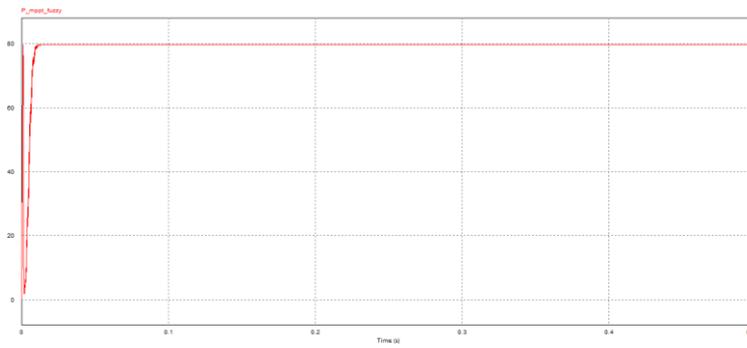
*Software* PSIM berfungsi melakukan uji simulasi algoritma *Fuzzy* pada sistem MPPT. Parameter dari penelitian ini adalah waktu pelacakan dan efisiensi daya PV. Simulasi dilakukan dalam kondisi iradiasi bervariasi ( $800-1000 \text{ W/m}^2$ ) dengan temperatur konstan ( $25^\circ\text{C}$ ).

#### A. Hasil Simulasi Tanpa MPPT, MPPT *Fuzzy*, dan MPPT HPO

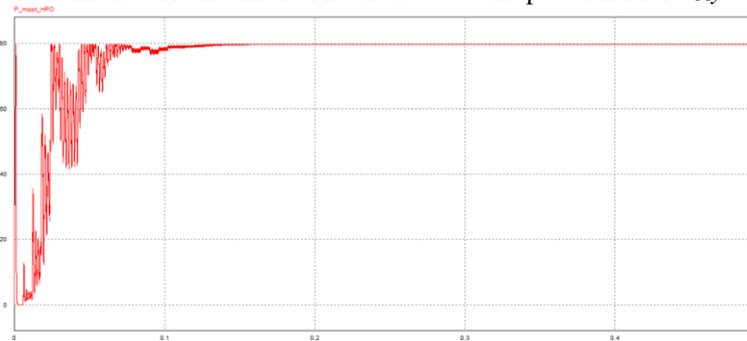
Pengujian ini akan membandingkan hasil respon tanpa MPPT, MPPT *fuzzy* dan MPPT HPO, dengan mengubah nilai iradiasi pada PV sebesar  $800 \text{ W/m}^2$ ,  $900 \text{ W/m}^2$  dan  $1000 \text{ W/m}^2$ . Hasil simulasi akan ditampilkan pada Tabel 3. Pada iradiasi  $800 \text{ W/m}^2$  daya PV tanpa MPPT sebesar  $74,036 \text{ Watt}$ , dengan respon *steady*  $0,125 \text{ detik}$ , hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 7. Pada saat menggunakan MPPT *fuzzy* keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar  $79,778 \text{ Watt}$  dengan *time tracking*  $0,043 \text{ detik}$ , hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 8. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya yang sama dengan MPPT *fuzzy* sebesar  $79,778 \text{ Watt}$  dengan *time tracking*  $0,169 \text{ detik}$ , hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 7. Hasil Simulasi Iradiasi  $800 \text{ W/m}^2$  Tanpa MPPT

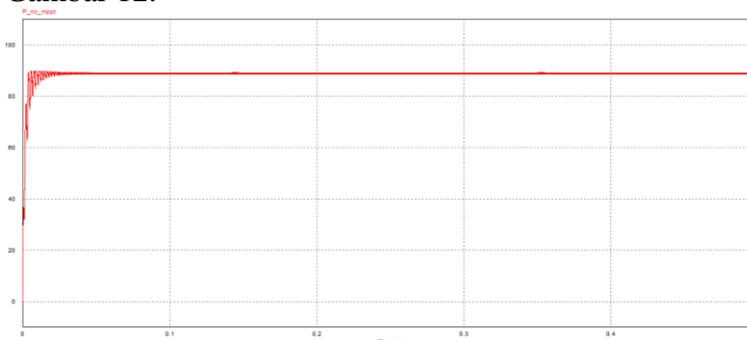


Gambar 8. Hasil Simulasi Iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> pada MPPT *Fuzzy*

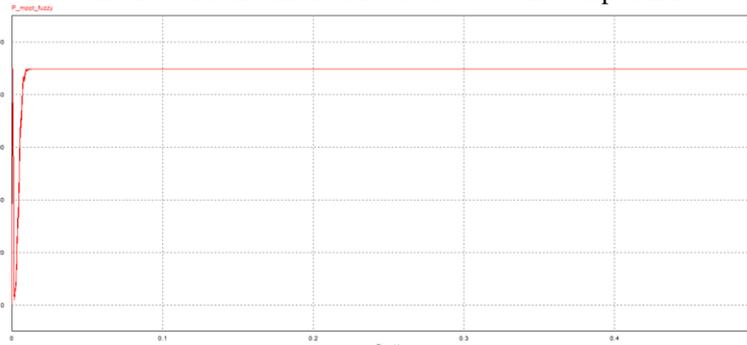


Gambar 9. Hasil Simulasi Iradiasi 800 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

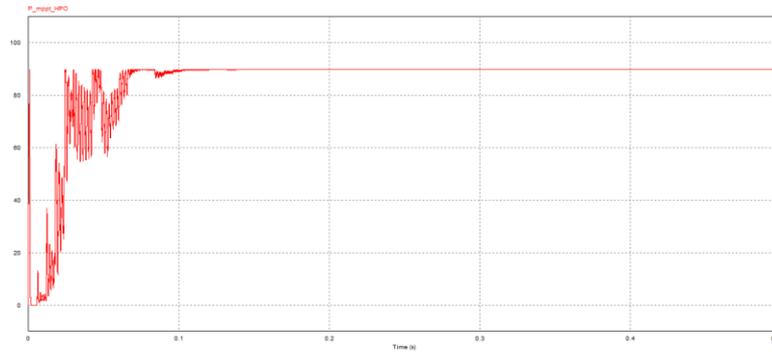
Pada percobaan kedua dengan iradiasi 900 W / m<sup>2</sup> daya PV tanpa MPPT sebesar 88,992 Watt, dengan *time tracking* 0,048 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 10. Pada saat menggunakan MPPT *Fuzzy* keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar 89,9039 Watt dengan *time tracking* 0,029 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 11. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya sebesar 89,90397 Watt dengan *time tracking* 0,120 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 10. Hasil Simulasi Iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> Tanpa MPPT

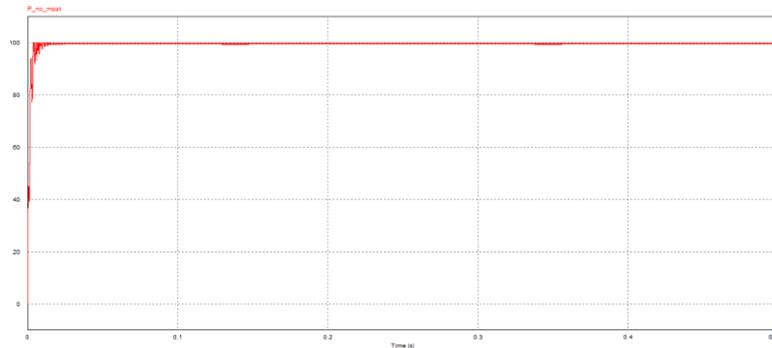


Gambar 11. Hasil Simulasi Iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> pada MPPT *Fuzzy*

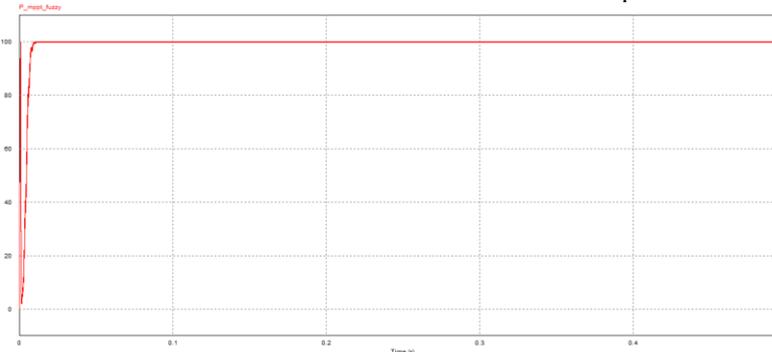


Gambar 12. Hasil Simulasi Iradiasi 900 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

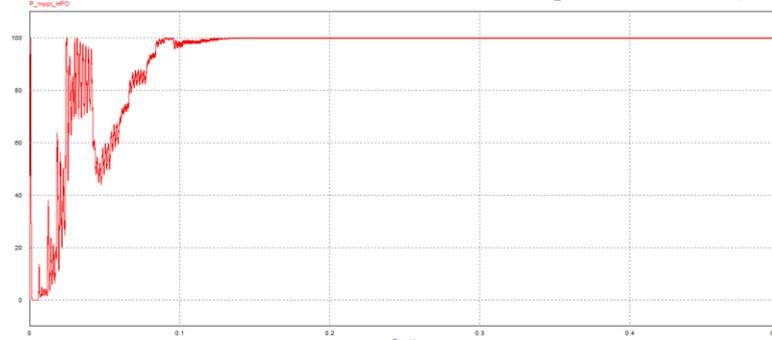
Pada percobaan ketiga dengan iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, daya PV tanpa MPPT adalah 99,744 Watt, dengan *time tracking* 0,029 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 13. Pada saat menggunakan MPPT *Fuzzy* keluaran PV mendapatkan akurasi daya sebesar 99,9856 Watt dengan *time tracking* 0,013 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 14. Sedangkan keluaran MPPT HPO mendapatkan akurasi daya sebesar 99,9856 Watt dengan *time tracking* 0,138 detik, hasil gelombang daya keluaran ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 13. Hasil Simulasi Iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> Tanpa MPPT



Gambar 14. Hasil Simulasi Iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> pada MPPT *Fuzzy*



Gambar 15. Hasil Simulasi Iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> pada MPPT HPO

Dari hasil perbandingan simulasi tanpa MPPT, MPPT *fuzzy* dan HPO dengan 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 di mana 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.

TABEL 3. 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

Hasil simulasi MPPT menggunakan *Zeta converter* yang telah dibahas, dengan membandingkan tanpa 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. MPPT *fuzzy* memiliki rata-rata waktu pelacakan yang lebih baik dari MPPT HPO yaitu 0,0283 detik.

#### REFERENSI

- [1] Sentiono, F. Y., & Pratomo, L. H. 2009. “*Memaksimalkan Daya Photovoltaic Sebagai Charger Controller*”. Proceedings of CITEE. Yogyakarta: Teknik Elektro UGM.
- [2] Samman, F. A., Rahmansyah, A. A. & Syarifuddin. 2016. “*Simulasi Pengujian Kinerja Algoritma Pencarian Titik Daya Maksimum*”. Prossiding SNTEK. hal. 43-47.
- [3] Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G. & Vitelli, M. 2005. “*Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method*”. IEEE Trans. Power Electron, vol. 20, no. 4, pp 963973.
- [4] Liu, F., Duan, S. & Liu, F. 2008 A. “*Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems*”. IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 55, no 7, pp 26222628.
- [5] ESRAM, T. & Patrick, L. 2007. “*Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Trackin Techniques*”. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, No. 2.
- [6] Bani, D. C., Pujiantara, M. & Suryoatmojo, H. 2016. “*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.
- [7] Ferdiansyah, I., Sutodjo, Qudsi, O. A. & Ramadhan, A. N. 2019. “*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, pp. 88-92.
- [8] Falin, J. 2010. "*Designing DC/DC Converters based on ZETA Topology*". Texas Instruments Incorporated.
- [9] Fitriyah, Efendi, M. Z. & Murdianto, F. D. 2020. "*Modeling and Simulation of MPPT ZETA Converter Using Human Psychology Optimization Algorithm under Partial Shading Condition*". International Electronics Symposium (IES), Surabaya, Indonesia, pp. 14-20.
- [10] Praharsena, B., Purwanto E., Jaya, A., Ruzli, M. R., Toar, H., Ridwan, Aditya, A., Ferdiansyah, I. & Sandhi, N. E. 2018. "*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, pp. 117-122.