
DESAIN DAN IMPLEMENTASI ZETA CONVERTER DENGAN METODE MPPT MODIFIED P&O PADA APLIKASI RUMAH MANDIRI

**Epyk Sunarno^[1], Endro Wahjono^[2], Syechu Dwitya Nugraha^[3],
Indhana Sudiharto^[4], Ony Asrarul Qudsi^[5], Mohammad Hefdi^[6]**

^{1,2,3,4,5,6}Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Suabaya
Surabaya, 60111

epyk@pens.ac.id^[1], endro@pens.ac.id^[2], syechu@pens.ac.id^[3],
indhana@pens.ac.id^[4], ony@pens.ac.id^[5], mohammadhefdi27@gmail.com^[6]

Abstract

Solar panels have an important role in generating renewable electrical energy. Solar panels are used as the conversion of solar light energy into electrical energy. Solar panels can supply the needs of small, medium and large scale electricity. In generating electrical energy this panel has a weakness that is the output power is not maximal and the value of low efficiency. In addition, the output power on the solar panel is fluctuating as it is affected by the degree of light irradiation received on the surface of the solar panel. Many methods can be used to overcome the weaknesses in solar panels one of them by using the Maximum Power Point Tracking (MPPT) method. In this research MPPT method used Modified Perturb & Observe to maximize the output of solar panel power and reduce ripple output used for setting duty cycle as ignition switching Zeta converter. The Zeta converter is one dc-dc converter that has the role of rising and lowering the voltage on the output side with low voltage ripple. The suggested method has been shown to perform better than the P & O method. The MPPT modified P & O method as the maximum power trace on solar panels applied to the Zeta converter produces a maximum power of 478.38 Watt.

Keywords: Solar Panel, Modified P & O, Zeta Converter

Abstrak

Panel surya memiliki peranan penting di dalam menghasilkan energi listrik terbarukan. Panel surya ini berperan sebagai konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya dapat mensuplai kebutuhan listrik skala kecil, menengah dan besar. Dalam menghasilkan energi listrik ini panel mempunyai kelemahan yaitu daya keluaran yang dihasilkan tidak maksimal dan nilai efisiensi yang rendah. Disamping itu, daya keluaran pada panel surya fluktuatif karena dipengaruhi oleh tingkat iradiasi cahaya yang diterima pada permukaan panel surya. Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan pada panel surya salah satunya dengan menggunakan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT). Pada penelitian ini metode MPPT yang digunakan Modified Perturb & Observe untuk memaksimalkan keluaran daya panel surya dan mengurangi ripple output yang digunakan untuk pengaturan duty cycle sebagai penyulutan switching konverter Zeta. Adapun konverter Zeta merupakan salah satu dc-dc konverter yang memiliki peranan penaik dan penurunan tegangan di sisi output dengan ripple tegangan yang rendah. Metode yang disarankan telah terbukti mempunyai performa lebih baik daripada metode P&O. Metode MPPT modified P&O sebagai penjejak daya maksimum pada panel surya yang diterapkan pada konverter Zeta menghasilkan daya maksimal 478.38 Watt.

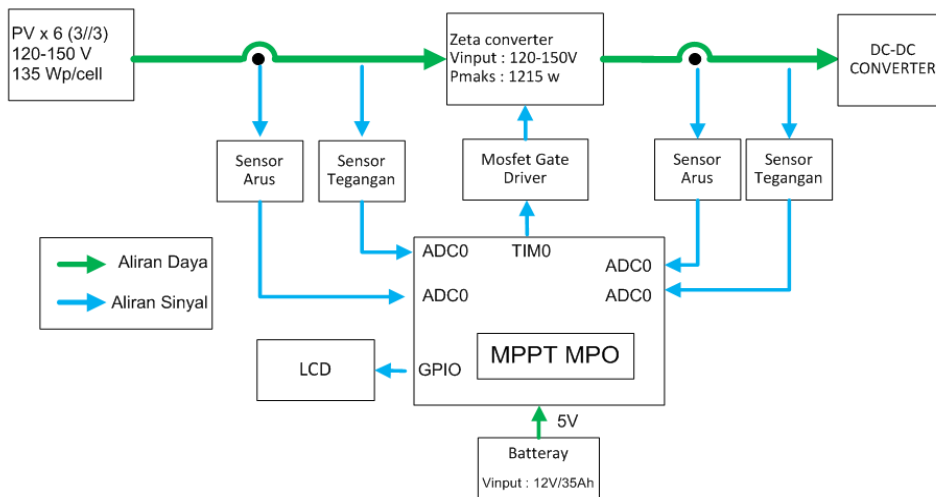
Kata Kunci : Panel Surya, Modified P&O, Konverter Zeta.

PENDAHULUAN

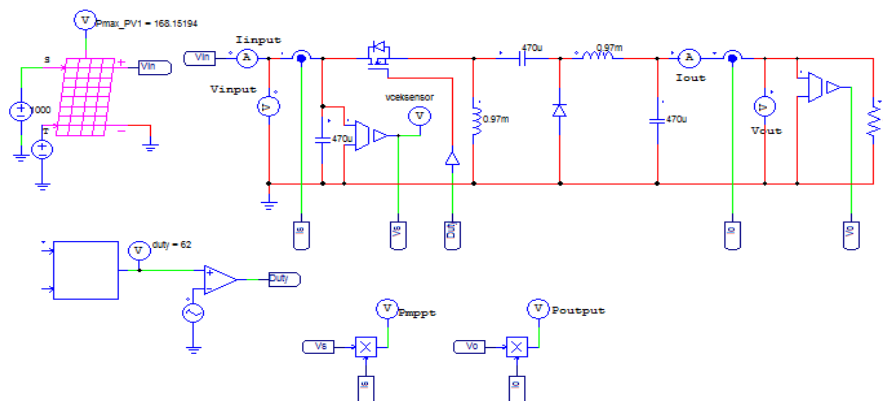
Dalam beberapa tahun terakhir, energi matahari telah mendapatkan perhatian dan popularitas yang besar. Hal ini dikarenakan energi matahari dianggap sebagai solusi terbaik untuk sebagai sumber energi alternatif pada beban rumah tangga seperti pengisi daya untuk gadget elektronik kecil, laptop, *uninterruptible power supply* (UPS) bahkan untuk kendaraan listrik.

Konversi sumber energi matahari menjadi energi listrik biasanya menggunakan modul Photovoltaic (PV). PV memiliki dua kelemahan utama, yaitu daya yang dihasilkan dari PV sangat bergantung pada kondisi cuaca dan efisiensi konversi sistem PV sangat rendah. Akan tetapi karakteristik keluaran dari modul PV yang non linier menunjukkan titik operasi yang unik dimana terdapat daya maksimum yang dihasilkan pada setiap iradiasi. Salah satu metode umum untuk meningkatkan efisiensi sistem PV adalah dengan mengembangkan pengendali *Maximum Power Point Tracking* MPPT yang secara terus menerus melacak MPP modul PV pada semua iradiasi dan temperatur. MPPT merupakan algoritma penjejak daya maksimum yang dikombinasikan dengan konverter dc-dc. Algoritma *MPPT* yang telah banyak diterapkan seperti *Perturb and Observe (P&O)*, *Incremental Conductance (IC)*, *Open Voltage*, *Fixed Duty Cycle*, *Temperature Methods*, *Fuzzy Logic method*. Sedangkan konverter dc-dc yang digunakan berupa konverter Buck, Boost, Buck-Boost, dan pengembangan dari ketiga konverter tersebut.

Algoritma *MPPT modified P&O* merupakan algoritma pengembangan dari algoritma P&O yang dimodifikasi dengan menambah parameter tentu sebagai peningkatan performa koreksi dari algoritma konvensional. Salah satu MPPT yang populer dan banyak digunakan untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya yaitu MPPT P&O. Dengan memodifikasi MPPT P&O konvensional dapat meningkatkan performa koreksi terhadap peningkatan daya dan ripple *output* dari konverter. Modifikasi metode tersebut membentuk algoritma baru yang dapat meningkatkan performa koreksi untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya.



Gambar 1. Topologi MPPT ZETA converter.



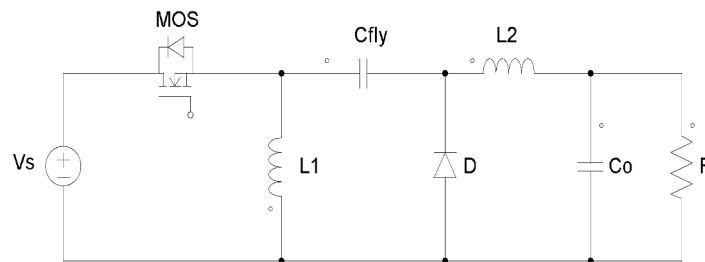
Gambar 2. Rangkaian utama dari system

Salah satu pendukung dalam mengimplementasikan *MPPT* yaitu konverter dc-dc. Banyak jenis konverter dc-dc yang dapat digunakan seperti buck, boost, buck-boost dan lain-lain. Salah satu dc-dc konverter yang dapat digunakan untuk mengatur tegangan pada panel surya untuk menghasilkan daya maksimum pada panel surya adalah konverter ZETA. Konverter ZETA merupakan pengembangan dari konverter buck-boost dengan menghasilkan *ripple* tegangan keluaran yang rendah dan polaritas yang sama dengan polaritas tegangan masukan pada konverter. Pada penelitian ini, *MPPT* yang digunakan jenis *modified P&O* dengan dc-dc konverter jenis ZETA untuk meningkatkan performa koreksi dalam meningkatkan daya keluaran panel surya. Topologi MPPT ZETA converter yang diusulkan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1. Pada gambar 2 ditunjukkan rangkaian utama dari sistem yang dibuat.

Masukan sistem berupa PV dengan kapasitas daya maksimum sebesar 810Wp. Pada saat simulai, nilai dari irradiansi dan temperatur diubah-ubah untuk mengetahui bagaimana respon yang dihasilkan algoritma MPPT.

DESAIN ZETA CONVERTER

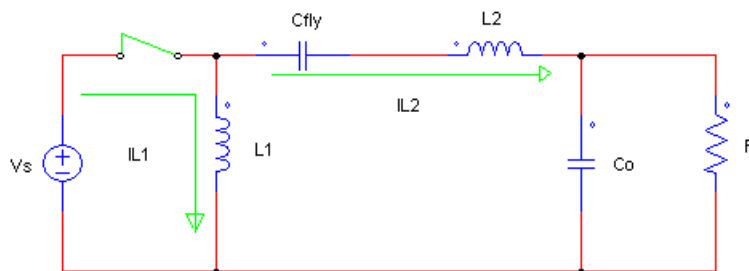
Konverter ZETA bekerja layaknya buck boost, dimana dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan DC yang masuk berdasarkan besar *duty cycle PWM* yang disulut pada komponen pensaklaran. Rangkaian konverter ZETA ditunjukkan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian ZETA Converter

1) Prinsip Kerja

Konverter ini bekerja berdasarkan sinyal pensaklaran, ton dan toff. Hubungan tegangan *input* dan *output* dapat dicari dengan kondisi saklar ON dan OFF. Kodisi saklar ON ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kondisi saklar tertutup

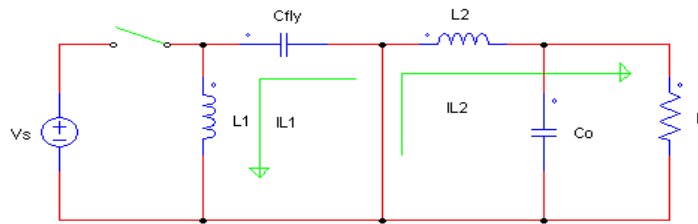
Saat saklar dalam kondisi On atau tertutup, seperti pada gambar 4. yaitu dari t=0 sampai t=DT, arus pada induktor dapat ditulis :

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_L}{L} \tag{1}$$

Sehingga nilai perubahan arus pada induktor saat akhir dari kondisi on adalah

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{DT} dI_L = \int_0^{DT} \frac{V_L}{L} dt = \frac{V_L DT}{L} \tag{2}$$

Kemudian kondisi selanjutnya adalah saat saklar terbuka (OFF), seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Kondisi saklar terbuka

Pada kondisi off atau saklar terbuka, seperti pada gambar 5. arus pada induktor dapat dirumuskan :

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_o}{L} \tag{3}$$

Sehingga perubahan arus pada saat waktu saklar terbuka adalah

$$\Delta I_{Loff} = \int_0^{(1-D)T} dI = \int_0^{(1-D)T} \frac{V_o}{L} dt = \frac{V_o (1-D)T}{L} \tag{4}$$

Energi yang tersimpan pada induktor harus sama pada saat awal dan akhir pensaklaran, rumus energi pada induktor dapat dituliskan pada persamaan 5.

$$E = \frac{1}{2} L I_L^2 \tag{5}$$

Karena energi yang disimpa pada harus sama dengan 0 pada setiap *cycle*, maka

$$\Delta I_{Loff} + \Delta I_{Lon} = 0 \tag{6}$$

Dengan mensubsitusikan \$\Delta I_{Lon}\$ dan \$\Delta I_{Loff}\$ didapat :

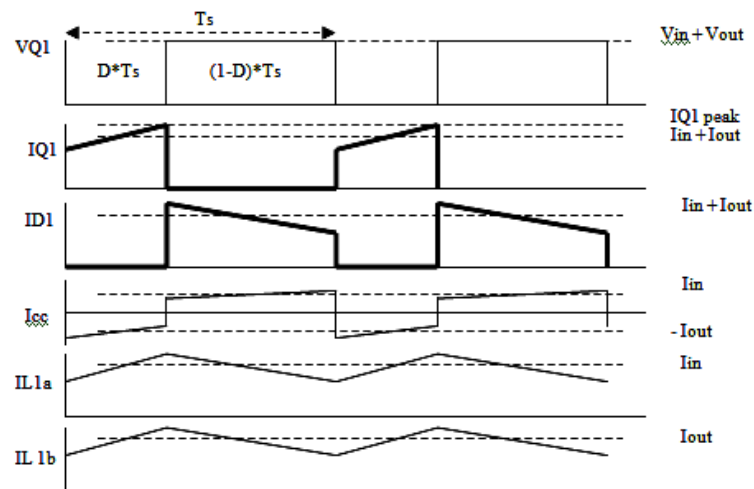
$$\Delta I_{Lon} + \Delta I_{Loff} = \frac{V_i DT}{L} + \frac{V_o (1-D)T}{L} = 0 \tag{7}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{D}{1-D} \tag{8}$$

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in} + V_{out}} \tag{9}$$

Tabel 1. Desain dan Komponen konverter ZETA

NO	Komponen	Nilai
1	L1 dan L2	0.97mH
2	C1 dan C2	470uF
3	Frekuensi	20kHz
4	Daya	810 W
5	Vin maks	120-150V
6	Vout maks	200 V

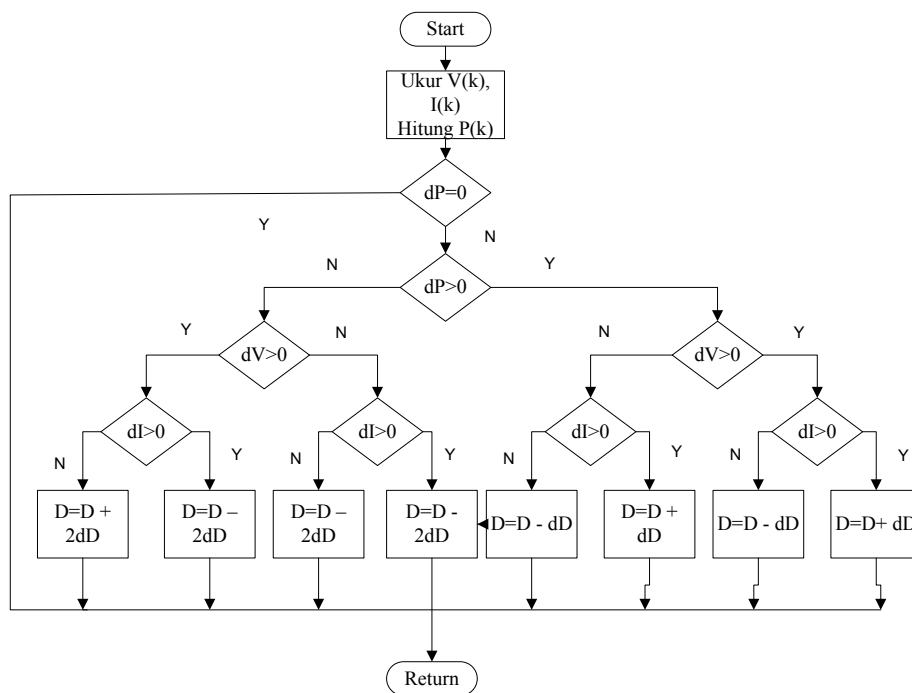


Gambar 6. Gelombang arus dan tegangan konverter ZETA

Dalam menganalisa arus dan tegangan saat saklar terbuka dan tertutup, ditampilkan dalam bentuk gelombang pada gambar 6. Pada gambar 6 ketika saklar on, kapasitor C mengisi V_{out} dan terhubung seri dengan $L1b$ sehingga yang melewati $L1b$ adalah $+V_{in}$. Sedangkan pada saat kondisi saklar off, tegangan melalui $L1b$ sama dengan V_{out} karena diparalel dengan C_{out} . Karena C_{out} mengisi V_{out} sehingga tegangan yang melewati saklar ketika saklar off adalah $V_{in} + V_{out}$, menyebabkan tegangan yang melalui $L1a$ adalah $-V_{out}$. Hasil desain komponen penyusun rangkaian konverter ZETA dapat dilihat pada tabel 1.

MPPT MODIFIED P&O

Flowchart algoritma *MPPT modified P&O* ditunjukkan pada gambar 7. Pada flowchart tersebut ditunjukkan bahwa proses awal adalah membaca arus dan tegangan untuk menghitung daya yang didapatkan. Setelah mendapatkan nilai daya, algoritma akan membandingkan daya sekarang dan sebelumnya dilanjutkan dengan membandingkan tegangan dan arus sekarang serta sebelumnya. Perbandingan daya, tegangan, dan arus saat slope lebih dari nol ataupun kurang dari nol akan direspon dengan mengubah nilai duty cycle konverter yang digunakan. Dengan demikian modifikasi penambahan duty cycle dengan hubungan perubahan daya dan tegangan yang terukur.



Gambar 7. Flowchart Modified P&O

Modifikasi P&O pada perbandingan perubahan arus untuk setiap pengambilan data pada sensor arus, dimana perubahan arus akan mengubah parameter dari nilai duty cycle yang disesuaikan dengan level irradiansi yang diterima oleh panel surya melalui nilai besarnya tegangan dan daya. Perubahan irradiansi mengakibatkan adanya perbedaan nilai MPP, sehingga harus ada kenaikan atau pengurangan duty cycle untuk menyesuaikan kondisi irradiansi tersebut.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan untuk melihat performa dari hasil desain dan metode yang diusulkan. Pengujian dilakukan secara parsial dan secara terintegrasi. Pengujian parsial dilakukan untuk mengetahui performa konverter ZETA yang telah dirancang. Sedangkan pengujian secara terintegrasi dilakukan untuk melihat performa system secara keseluruhan dengan beban lampu penerangan pada rumah tangga.

1. Pengujian Konverter Zeta

Pada pengujian ZETA converter digunakan PWM dari ATmega 16 sebagai switching. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja ZETA converter sebagai dc-dc converter yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Pengujian ZETA converter dengan cara memberikan tegangan masukan sebesar 100V dengan frekuensi switching 40 kHz dan 60% dengan beban 10 buah lampu pijar 220V 100W yang diparalel. Pengujian dilakukan dengan cara menyalakan 4 lampu sampai 10 lampu. Hasil pengujian perangkat keras konverter ZETA secara fungsional ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Data hasil pengujian ZETA *converter* berdasarkan jumlah beban

Duty	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Eff (%)	Beban	Spesi- fikasi
60%	100	2.6	156.4	1.4	84.21	4 Lampu	100w/ 220V
	100	3.2	153.2	1.8	86.17	5 Lampu	
	100	3.7	151	2.2	89.78	6 Lampu	
	100	4.25	150.6	2.5	88.58	7 Lampu	
	100	4.8	149	2.8	86.91	8 Lampu	
	100	5.4	148.7	3.2	84.97	9 Lampu	
	100	6	148	3.5	86.33	10 Lampu	

Tabel 3 Data hasil pengujian ZETA *converter* berdasarkan *duty cycle*

Jumlah Beban	<i>DutyC ycle</i>	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Eff (%)
10 lampu	40%	90	1.9	171	63	2.3	144.9	84.73

10 lampu	60%	100	6	600	167	3.5	584.5	97.41
10 lampu	70%	75	9.9	742.5	174	3.9	678.6	91.3

Rata-rata efisiensi dari konverter ZETA sesuai pengujian berdasarkan beban lampu adalah 86.707% dengan daya maksimum 525 watt pada beban 10 lampu pijar. Rata-rata efisiensi dari konverter ZETA sesuai pengujian berdasarkan duty cycle adalah 91.146% dengan daya maksimum 742.5 watt pada beban 10 lampu pijar dengan spesifikasi lampu 100 watt/220 V.

2. Pengujian Terintegrasi

Pengujian Integrasi meliputi pengujian tanpa MPPT dan pengujian MPPT dengan sumber PV yang memiliki kapasitas 810Wp. Pengujian ini diawali dengan pengujian tanpa MPPT untuk mengetahui respon daya melalui pengaturan *duty cycle fix*. Selanjutnya di uji dengan *close loop* (dengan MPPT), sebagai acuan nilai *duty cycle* untuk menghasilkan daya maksimal pada panel surya. Pada pengujian panel surya yang berjumlah 6 PV (3//3) tanpa MPPT dengan beban 10 lampu pijar (220V/100W) dihubungkan secara paralel dan menggunakan *duty cycle* mulai dari 30% - 60 %.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tanpa MPPT (*duty cycle* 60%)

Pukul	V _{input} (V)	I _{input} (A)	P _{input} (W)	Duty (%)
09.00	92	2.7	248.4	60
09.30	96.83	3	290.5	60
10.00	108.75	3.3	358.88	60
10.30	106.61	3.6	383.8	60
11.00	110.2	4	440.8	60
11.30	102.36	4.4	450.4	60
12.00	103.86	4.5	467.4	60
12.30	104.44	4.5	470.2	60
13.00	101.58	4.6	467.3	60
13.30	99.2	4.3	426.24	60
14.00	89.7	4.1	367.77	60
14.30	76	3.7	281.2	60
15.00	63.5	2.9	184.15	60
15.30	46.6	2.1	97.86	60
16.00	32.2	1.45	46.69	60

Tabel 5 Hasil Pengujian MPPT P&O

Pukul	V _{input} (V)	I _{input} (A)	P _{input} (W)	Duty (%)
-------	------------------------	------------------------	------------------------	----------

09.00	150	1.4	210	42
09.30	145.1	2.55	370.05	47
10.00	142.8	2.55	364.14	47
10.30	143.7	2.85	409.54	48
11.00	140.9	3.2	450.88	49
11.30	143	3.25	464.75	50
12.00	143	3.3	471.9	51
12.30	144	3.3	475.2	52
13.00	144.3	3.1	447.33	49
13.30	145.8	2.9	422.82	48
14.00	146.4	2.65	387.96	46
14.30	143	2.2	314.6	46
15.00	144	1.85	266.4	40
15.30	147.2	1.15	169.28	39
16.00	95	0.35	33.25	33

Tabel 6 Hasil Pengujian *MPPT modified P&O*

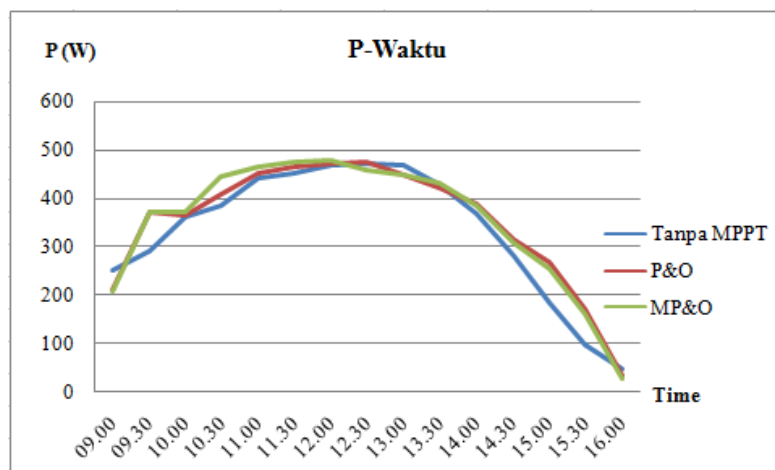
Pukul	<i>V</i> _{input} (V)	<i>I</i> _{input} (A)	<i>P</i> _{input} (W)	<i>Duty</i> (%)
09.00	144	1.45	208.8	42
09.30	142.4	2.6	370.24	47
10.00	140.8	2.65	373.12	47
10.30	143.4	3.1	444.54	48
11.00	140.7	3.3	464.31	49
11.30	143.7	3.3	474.21	51
12.00	142.8	3.35	478.38	52
12.30	143.2	3.2	458.24	50
13.00	144.6	3.1	448.26	49
13.30	145.8	2.95	430.11	48
14.00	145.6	2.65	385.84	46
14.30	144	2.15	309.6	46
15.00	145.9	1.75	255.32	40
15.30	147	1.1	161.7	39
16.00	95	0.3	28.5	33

Tabel 7 Perbandingan Daya dengan *MPPT* dan Tanpa *MPPT*

Pukul	Daya Tanpa <i>PPT</i> (W)	Daya <i>MPPT P&O</i> (W)	Daya <i>MPPT MP&O</i> (W)
09.00	248.4	210	208.8

09.30	290.5	370.05	370.24
10.00	358.88	364.14	373.12
10.30	383.8	409.54	444.54
11.00	440.8	450.88	464.31
11.30	450.4	464.75	474.21
12.00	467.4	471.9	478.38
12.30	470	475.2	458.24
13.00	467.3	447.33	448.26
13.30	426.24	422.82	430.11
14.00	367.77	387.96	385.84
14.30	281.2	314.6	309.6
15.00	184.15	266.4	255.32
15.30	97.86	169.28	161.7
16.00	46.69	33.25	28.5

Dari hasil perbandingan 3 pengujian yang berbeda yang tersaji tabel 4-7, maka dapat di analisa bahwa pencarian daya maksimum ketiga metode memiliki keunggulan yang berbeda beda disesuaikan dengan waktu yang ada. Pada pukul 09.00 sampai 12.00 *MPPT modified P&O* lebih menghasilkan daya maksimal sebesar 478.38 watt dibanding ketiga pengujian yang lain. Sementara pada pukul 12.30 sampai 16.00 *MPPT P&O* lebih baik karena dapat memaksimalkan daya dan mempertahankan daya tersebut dengan penurunan daya yang tidak terlalu signifikan. Kurva *tracking* daya disajikan pada gambar 8. Daya maksimal yang dicapai sebesar 478.38 watt. Daya tersebut dapat dimaksimalkan lagi dengan pengolahan data pada program *P&O* dan *modified P&O* sudah sesuai iterasi yang ada.



Gambar 8 Kurva Daya terhadap waktu

Pengujian tanpa *MPPT* yaitu dengan *duty cycle* fix 60% dapat memaksimalkan daya pada pukul 12.00 sampai 13.00. Adapun waktu lebih dari pukul 13.00 maka daya menurun drastis. Penurunan daya ini karena *duty cycle* yang besar sehingga daya *input* kecil dan dipengaruhi juga irradiasi matahari yang rendah pada panel surya.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian dapat dilihat bahwa metode yang diusulkan menggunakan *modified MPPT P&O Zeta Converter* mampu menaikkan daya keluaran dari panel surya hingga 20 watt jika dibandingkan tanpa menggunakan MPPT dan 2.2 watt jika dibandingkan dengan menggunakan MPPT P&O biasa. Walaupun metode ini dapat menaikkan daya keluaran dari panel surya, akan tetapi daya keluaran maksimal yang dihasilkan menggunakan metode ini adalah 478 watt. Daya ini masih 59% dari daya maksimal yang dimiliki oleh panel surya, yaitu 810 watt. Sehingga untuk penelitian selanjutnya akan dilakukan optimasi baik dari komponen maupun metode yang telah diimplementasikan.

REFERENSI

- J.Falin, "Design DC/DC converter based on ZETA topology", IT Analog Application Journal Q2, (Texas, 2010), hal 3
- Samresh Satapathy, K Mahesh Dash and B.Chitti Babu "Variable Step Size MPPT Algorithm for Photo Voltaic Array using ZETA Converter" journal IEEE, 2015.
- Muralidhar kili dan Susuvon Samanta "Modified Perturb and Observe MPPT Algorithm for Drift Avoidance in Photovoltaic Systems". Journal IEEE. 2012.
- Reisi, Ali Reza, Mohammad Hassan Moradi, and Shahriar Jamasb. "Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 19 (2013): 433-443.
- Baek, Jae-Il, et al. "PWM half-bridge zeta converter utilizing resonant technique for reduced peak current." Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia (IFEEC 2017-ECCE Asia), 2017 IEEE 3rd International. IEEE, 2017.
- Jately, V., and S. Arora. "Development of a dual-tracking technique for extracting maximum power from PV systems under rapidly changing environmental conditions." Energy 133 (2017): 557-571.
- S. D. Nugraha, et al, "Maximum power point tracking of photovoltaic module for battery charging based on modified firefly algorithm," 2016 International Electronics Symposium (IES), Denpasar, 2016, pp. 238-243.
- Tjahjono, A, et al, 2014, November. Photovoltaic module and maximum power point tracking modelling using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. In Electrical Engineering and Informatics (MICEEI), 2014 Makassar International Conference on (pp. 14-19). IEEE.

Wahjono, Endro, et al. "Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Module for Battery Charging Based on Modified Particle Swarm Optimization." *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)* 10.1 (2017): 77-84.