

# Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan Teknologi *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* dan *Zeta Converter*

PARTAONAN HARAHAHAP<sup>1</sup>, RAHMAT RITONGA<sup>2,3</sup>, RIMBAWATI<sup>3</sup>,  
BENNY OKTRIALDI<sup>4</sup>, MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR<sup>5</sup>, SUDIRMAN  
LUBIS<sup>6</sup>, CHANDRA A SIREGAR<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>5,6,7</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: [partaonanharahap@umsu.ac.id](mailto:partaonanharahap@umsu.ac.id)

Received 17 November 2023 | Revised 16 Desember 2023 | Accepted 25 Desember 2023

## ABSTRAK

*Sistem kendali MPPT hendak mengendalikan penciptaan serta penyimpanan energi sistem PV menggunakan DC-DC boost converter. Perancangan dan pembuatan alat zeta converter berhasil dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler arduino untuk menaikkan tingkat efisiensi daya keluaran pada PLTS berhasil dilakukan dengan baik. Keluaran tegangan serta arus yang dihasilkan oleh MPPT dengan memakai zeta converter relatif efektif dan efisien dibuktikan dengan daya keluaran PLTS yang memiliki tingkat efisiensi yang stabil setiap pengambilan data, dan tingkat efisiensi yang dihasilkan juga relatif tinggi yaitu 92%. Perhitungan yang dilakukan adalah dengan cara mengambil data arus dan tegangan pada MPPT tanpa zeta converter dan dengan zeta converter yang telah dihitung melalui perhitungan duty cycle. Adapun nilai duty cycle yang dihasilkan adalah 0,243 atau 24% dan arus input maksimal yang dihasilkan setelah perhitungan adalah 5,34 Ampere.*

**Kata Kunci** : PLTS, MPPT, Zeta Converter, Arduino

## ABSTRACT

*Using a DC-DC boost converter, the MPPT management system will manage the generation and storage of PV system energy. The zeta converter was designed and manufactured successfully utilizing an Arduino microcontroller to boost the efficiency level of output power in PLTS. The voltage and current output produced by MPPT utilizing a zeta converter is relatively effective and efficient. The voltage and current output produced by MPPT using a zeta converter is relatively effective and efficient, as proven by the PLTS output power which has a stable efficiency level every time data is taken, and the resulting efficiency level is also relatively high, namely 92%. The calculations carried out are by taking current and voltage data on the MPPT without a zeta converter and with a zeta converter which has been calculated through duty cycle calculations. Meanwhile, the resulting duty cycle value is 0.243 or 24% and the maximum input current produced after calculation is 5.34 Amperes.*

**Keywords** : PLTS, MPPT, Zeta Converter, Arduino

## 1. PENDAHULUAN

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yakni adalah salah satu sumber tenaga terbarukan (*renewable energy*) yang banyak terdapat di Indonesia. Bersumber pada data dari Departemen ESDM, Indonesia mempunyai keahlian tenaga surya sangat besar yakni yakni dekat 4.8 KWh/m<sup>2</sup> maupun setara dengan 112.000 GWp (*Giga Watt Peak*), namun yang sudah dimanfaatkan baru dekat 10 MWp (*Mega Watt Peak*). Disaat ini pemerintah telah menciptakan roadmap pemanfaatan tenaga surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 ialah sebesar 0.87 GW maupun dekat 50 MWp/tahun **(Kestabilan, dkk, 2021)**

Jumlah ini ialah cerminan kemampuan pangsa pasar lumayan signifikan dalam pengembangan tenaga surya pada periode saat ini yang hendak tiba Dari informasi kemampuan diatas, menampilkan kalau perlunya kenaikan kapasitas energi surya Output pada panel surya atau pun kerap diucap Panel fotovoltaik (PV) berbentuk arus serta tegangan merupakan non-linier yang sangat tergantung dari keadaan alam ialah temperatur dekat serta radiasi yang diterima. Ciri PV yang non-linier menimbulkan kesusahan dalam pengoperasian buat memperoleh energi PV yang maksimum. Sistem PV ialah salah satu alternatif tenaga terbarukan **(ESDM, 2018) (Harahap, dkk, 2023)**

Buat memperoleh energi keluaran PV yang maksimum dapat memakai tata cara yang disebut *MPPT stands for Maximum Power Point Tracking*. Prinsip dan tata cara dari *MPPT stands for Maximum Power Point Tracking* ini sudah dilakukan riset serta dibesarkan semacam *Perturb & Observe (P&O)*, *incremental conductance*, and *Fuzzy Logic Controller* **(Systems, dkk, 2022)**. *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* ialah suatu tata cara pelacakan energi yang bekerja dengan melacak titik energi keluaran paling tinggi dari sistem PV. Sistem kendali MPPT hendak mengendalikan penciptaan serta penyimpanan energi sistem PV menggunakan *DC-DC boost converter* **(Baqaruzi, dkk, 2020) (Sunarno, dkk, 2017)**.

*Boost Converter* didefinisikan dengan istilah *Pulse width Modulation (PWM)* yang diturunkan dari hasil *duty cycle algoritma MPPT*. MPPT adalah peralatan yang berperan untuk melacak daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya dan mengontrol pengisian baterai. MPPT adalah singkatan dari *Maximum Power Point Tracking*, yaitu istilah yang digunakan untuk menggambarkan jenis sistem elektronik yang digunakan untuk melacak jumlah maksimum energi yang dihasilkan oleh panel surya. Salah satu aspek penghambat dari pemanfaatan tenaga surya jadi tenaga listrik merupakan ketidak-optimalan rancangan sistem pembangkitan listrik tenaga surya yang diakibatkan oleh aspek cuaca di Indonesia relatif berganti dengan kilat dibanding dengan energi yang diserap oleh pembangkit. Buat menanggulangi kelemahan tersebut, dalam memaksimalkan energi keluaran dari PLTS, sistem pembangkit listrik tenaga surya butuh dilengkapi dengan MPPT yang memakai *Zeta converter* **(Theodore, dkk, 2008)**

Bersumber pada riset dari buku harian yang sudah terpublikasi bahwasannya riset menimpa *Zeta Converter* mempunyai kesamaan yang tidak sangat signifikan ialah dengan mengendalikan tegangan serta arus keluar yang cocok dengan kebutuhan. Hendak namun sebagian riset tersebut mempunyai metode-metode dengan sistem yang berbeda-beda. Perihal tersebut hendak mempengaruhi pada jumlah pengisian baterai **(Harahap, dkk, 2019) (Harahap, dkk, 2020)**.

Pada riset Sunarno dkk, (2017) dengan judul "Desain Serta Implementasi *Zeta Converter* Dengan Tata cara MPPT P & O Pada Aplikasi Rumah Mandiri". Pada penelitian ini tata cara MPPT yang digunakan *Modified Perturb & Observe* buat mengoptimalkan keluaran energi panel surya serta kurangi *ripple output* yang digunakan buat pengaturan *duty cycle* selaku penyuluhan *switching converter Zeta*. Ada pula *Converter Zeta* ialah salah satu *DC-DC*

*converter* yang mempunyai peranan selaku perlengkapan buat menaikkan serta merendahkan tegangan di sisi output dengan ripple tegangan yang rendah. Tata cara MPPT modified P & O selaku penjejak energi maksimum pada panel surya yang diterapkan pada *converter Zeta* menciptakan energi optimal 478.38 Watt (**Sunarno, dkk, 2017**) (**Ezema, dkk, 2021**).

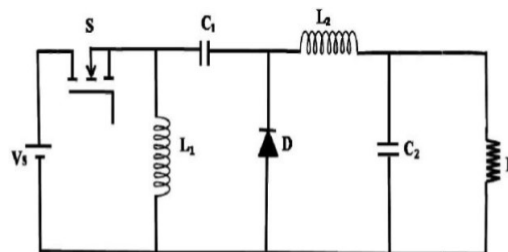
Dalam riset Zahra dkk,(2023) dengan judul "*Zeta Converter dengan MPPT P&O* untuk Memperoleh Energi Maksimal Akibat Perubahan Arus dan Tegangan". Konverter DC-DC Ada banyak topologi, salah satunya adalah topologi Zeta, dimana tegangan keluaran konverter Zeta dinaikkan lebih besar dibandingkan tegangan keluaran konverter *Boost. Maximum Power Point Tracking (MPPT)* dengan algoritma *Perturb and Observe (P&O)* digunakan untuk mengetahui jumlah energi maksimum yang dipancarkan panel surya. Dari penggunaan *zeta converter mode P&O MPPT* pada panel surya diperoleh tingkat energi maksimum sebesar 23,9V dengan arus sebesar 1,4A, dan tingkat energi maksimum sebesar 33,46W, dimana diperoleh tingkat energi maksimum pada panel surya. Jumlah energi yang dihasilkan sebagai hasil masukan energi dihitung (**Zahra, dkk, 2003**).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Zeta Converter

Menurut (**Sunarno. dkk, 2017**) *Zeta Converter* merupakan pengembangan dari konverter buck-boost dengan memperkenalkan tegangan keluaran riak dan polaritas yang identik dengan polaritas tegangan masukan pada konverter. Sejalan dengan perihal itu, bagi berdasarkan (Nandiwardhana et al., 2016) *Zeta Converter* ialah *converter DC-DC* orde keempat. Converter ini bisa menaikkan serta merendahkan tegangan tanpa mengganti polaritas output converter. *Zeta converter* ialah salah satu tipe dari *converter buck-boost*, hendak namun mempunyai kelebihan ialah sebab mempunyai polaritas output yang tidak terbalik. Pada converter ini ada 2 siklus ialah fashion saklar ON serta OFF dimana hendak didapat persamaan *duty cycle* dan persamaan nilai komponen masing-masing converter bersumber pada analisa rangkaian hukum Kirchhoff. Sebaliknya (**Pradipta, dkk, 2016**) *Zeta Converter* ialah salah satu topologi *converter DC-DC* yang digunakan buat menaik serta penurun tegangan *DC*.

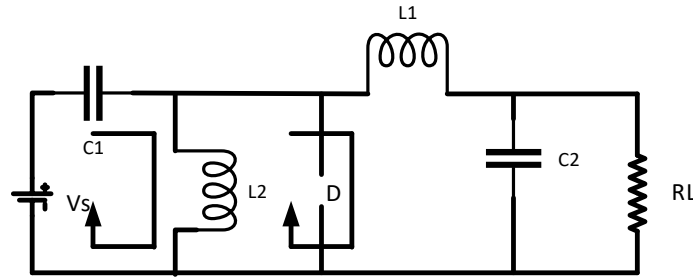
Converter ini mentransfer tenaga antara induktansi serta kapasitansinya buat mengganti dari besaran tenaga tegangan ke besaran tenaga yang lain Proses transfer tenaga tersebut dikontrol oleh suatu divais switching S (MOSFET). Ada pula skema dari *Zeta Converter* nampak pada Gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Skema Rangkaian Zeta Converter (Zahra, dkk, 2003)**

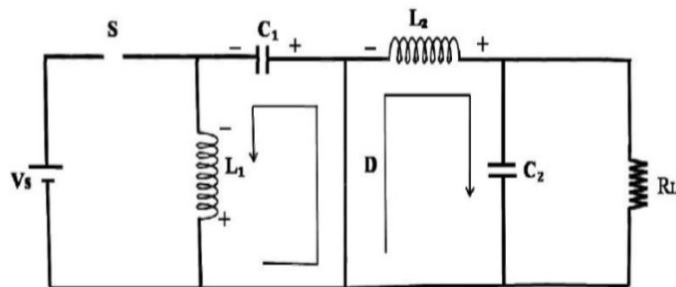
Rangkaian *Zeta Converter* ini dipecah jadi 2 siklus. Siklus yang awal merupakan dikala saklar dalam keadaan ON semacam yang dipaparkan pada Gambar 2. Pada keadaan ini dioda jadi OFF, sehingga terjalin keadaan open circuit pada dioda serta short circuit pada saklar. Inductor  $L_1$  serta  $L_2$  terletak dalam keadaan charging, dimana arus inductor  $i_{L1}$  serta  $i_{L2}$  hendak

bertambah secara linier. Kapasitor  $C_1$  hendak hadapi discharging serta tenaga tersebut hendak menyuplai inductor  $L_o$  serta  $V_o$ .



**Gambar 2. Zeta Converter Siklus ON (Hess, 2005)**

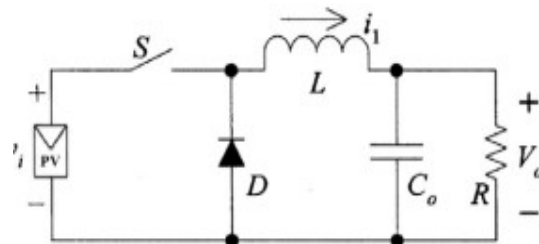
Pada siklus kedua ialah dikala saklar OFF. Pada dikala saklar OFF, hingga dioda jadi ON. Pada keadaan ini saklar jadi *open circuit* serta diode jadi short circuit semacam yang dipaparkan pada Gambar 3 inductor  $L_i$  yang lebih dahulu sudah hadapi fase charging, hendak hadapi proses discharging. Induktor  $L_o$  terletak pada proses discharging pula. Pada keadaan ini, kapasitor  $C_1$  hadapi charging akibat terdapatnya arus yang disuplai oleh inductor  $L_i$  (**Nugroho, dkk, 2014**).



**Gambar 3. Zeta Converter Siklus OFF**

## 2.2 Buck Converter

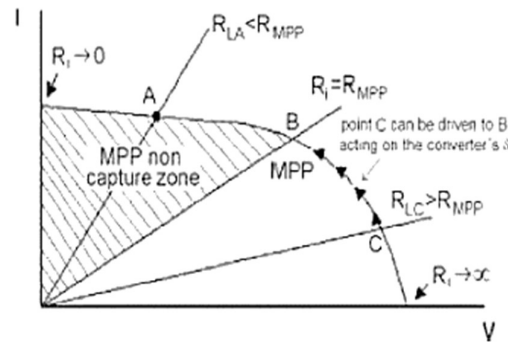
Konverter buck yakni yakni jenis konverter DC-DC yang tegangan output lebih rendah dari tegangan input. Karena tegangan output kurang dari tegangan input sampai buck konverter diucap pula *step down converter*. Topologi ini digunakan buat mengisi tenaga baterai maupun beban tenaga yang terhubung ke modul PV dengan tingkatan voltase lebih besar. Sirkuit topologi konverter buck.



**Gambar 4. Buck Converter (Musa & Galadanci, 2010)**

Setelah saklar diubah, saklar dapat dikirim ke arah berlawanan untuk membantu menghilangkan arus, dan inductor kemudian dapat melanjutkan pengoperasian normal. Pada

periode ini arus induktor mengalami peningkatan dari minimum ke maksimum. Ketika saklar tidak berfungsi, energi yang disimpan dalam induktor tidak ditransfer ke kapasitor dan malah digerakkan oleh dioda *freewheeling*. Pada periode ini arus induktor mengalami penurunan dari maksimum ke minimum. Impedansi sisi masukan dinaikkan sebesar  $R_i$ , sedangkan impedansi keluaran dinaikkan sebesar  $R$ . Dengan memvariasikan siklus kerja, impedansi konverter dapat divariasikan, dan tidak sesuai dengan kekuatan panel maksimum yang dapat dicapai untuk energi maksimum transfer. Siklus duty cycle dapat bermacam-macam antara nol dan satu, buck converter dapat mewakili  $R_i$  antara nilai resistansi beban hingga tidak terhingga dan dapat mewakili  $R_i$  antara Nol.



**Gambar 5. Pelacakan Konverter Buck (Musa, dkk, 2010)**

### 2.3 Perancangan Zeta Converter

Dalam perancangan Zeta Converter ini memakai 2 induktor, 2 kapasitor, 1 ultrafast diode, 1 resistor serta 1 MOSFET P-channel yang dirangkai semacam foto 1 diatas. Zeta Converter bekerja dalam kondisi continuous *conduction fashion (CCM)* (Harahap, dkk, 2023). Dimana topologi zeta membagikan tegangan output positif dari tegangan input yang bermacam-macam di atas ataupun dibawah tegangan output. Perhitungan serta penentuan nilai tiap komponen pada *Zeta converter* sendiri dicoba serta didapatkan dari persamaan yang sudah dipaparkan pada bab lebih dahulu Parameter komponen bawah yang digunakan dalam rangkaian *Zeta Converter* ialah induktor serta pula kapasitor. Berikut perhitungan nilai tiap komponen bersumber pada parameter yang telah ditetapkan"

Nilai *Duty Cycle*

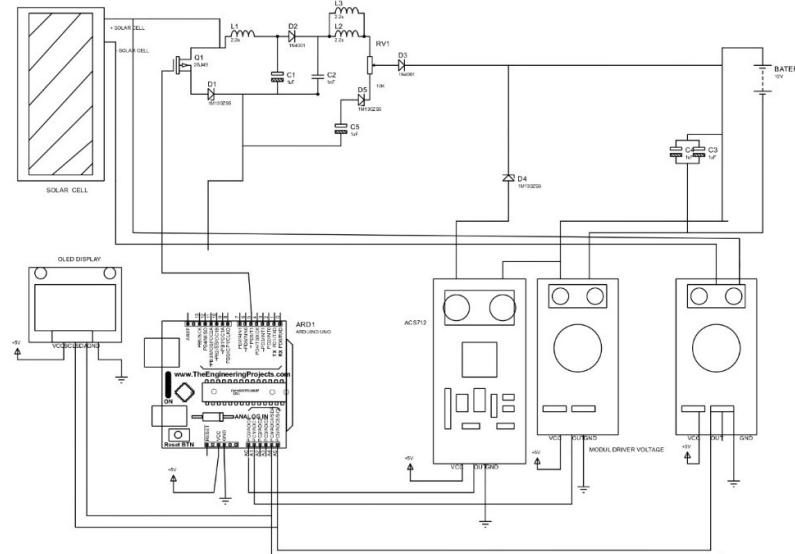
$$D = \frac{V_{ou}}{V_{in} + V_{out}} \quad (1)$$

Arus Input Maksimal (In Max)

$$In \ Max = \frac{I_{out}}{V_{in} + V_{out}} \quad (2)$$

Daya nominal perangkat PV diukur dalam kondisi pengujian standar (STC), yang ditentukan dalam standar seperti IEC 61215, IEC 61646, dan UL 1703. Secara khusus, intensitas cahaya adalah  $1000 \text{ W/m}^2$ , dengan spektrum yang mirip dengan sinar matahari yang mengenai permukaan bumi pada garis lintang  $35^\circ \text{LU}$  pada musim panas ( massa udara 1,5), suhu selnya adalah  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Daya diukur sambil memvariasikan beban resistif pada modul antara rangkaian terbuka dan tertutup (antara resistansi maksimum dan minimum). Daya tertinggi yang diukur adalah daya 'nominal' modul dalam watt . Daya nominal ini dibagi dengan daya cahaya yang jatuh pada area tertentu pada perangkat fotovoltaik (luas  $\times 1000 \text{ W/m}^2$ ) mendefinisikan efisiensinya , rasio keluaran listrik perangkat terhadap energi yang datang. Dalam proses

perencanaan dan pembuatan alat dilakukan terlebih dahulu gambar rangkaian untuk mempermudah proses pembuatan. Dimana alat yang akan dibuat disesuaikan dengan gambar rangkaian yang telah dibuat. Adapun rangkaian *zeta converter* adalah sebagai berikut :

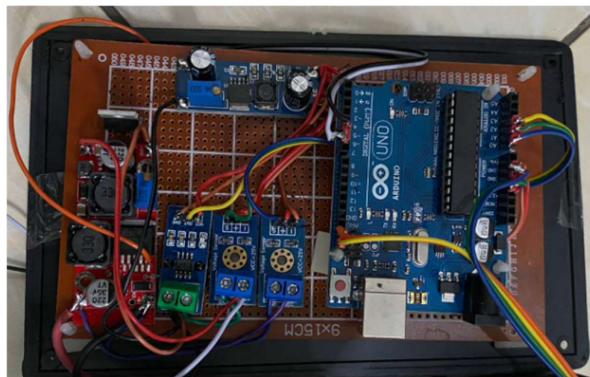


**Gambar 6. Rangkaian Mppt Menggunakan *Zeta Converter***

#### 2.4 Proses Pembuatan MPPT Menggunakan *Zeta Converter*

Proses pembuatan *zeta converter* dilakukan dengan menyesuaikan gambar rangkaian yang telah dibuat seperti Gambar 7, adapun proses pembuatan *zeta converter* ini merupakan selaku berikut :

1. Hal yang awal wajib dicoba merupakan mempersiapkan fitur serta perlengkapan – perlengkapan yang diperlukan dalam proses pembuatan semacam arduino, sensor arus acs serta sensor tegangan, LCD serta fitur – perangkat yang lain
2. Selanjutnya adalah meletakkan modul arduino ke papan rangkaian, hal ini dilakukan karna arduino adalah otak dari rangkaian *zeta converter* tersebut. Dimana pada arduino ini akan dimasukkan program untuk menjalankan *zeta converter*.
3. Selanjutnya adalah merangkai rangkaian *zeta converter*
4. Setelah rangkaian *zeta converter* dibuat, selanjutnya adalah pemasangan sensor – sensor pendukung seperti sensor arus dan tegangan.



**Gambar 7. Rangkaian *Zeta Converter***

5. Kemudian hubungan masing – masing komponen dengan arduino agar masing – masing komponen saling terkoneksi. Masukkan rangkaian kedalam *box* pelindung agar alat terhindar dari konsleting dan kabel terputus.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Deskripsi Dataset

Dataset yang digunakan ialah hasil pengumpulan informasi yang dicoba oleh **(Sunarno, dkk, 2023)** dengan tujuan buat menunjang periset serta mendesak pengembangan Perancangan sistem MPPT dengan Tata cara Anfis pada *Zeta Converter* dengan Beban DC digunakan buat memaksimalkan kerja Fotovoltaik yang hendak digunakan pada sumber beban DC.

#### 3.2 Pengujian *Zeta Converter*

Untuk pengujian daya keluaran yang dihasilkan PLTS dengan menggunakan MPPT dilakukan selama 5 hari berturut – turut. Sedangkan pengujian daya keluaran PLTS menggunakan MPPT ditambah *zeta converter* dilakukan selama 1 hari penuh. Adapun hasil pengujian adalah hsebagai berikut :

#### 3.3 Pengujian Keluaran MPPT

##### 1. Pengujian Hari Pertama

Pada pengujian hari pertama kondisi hari tidak begitu cerah, matahari yang bersinar tidak maksimal sehingga daya keluaran yang dihasilkan juga tidak maximal. Adapun tabel data pengujian hari pertama adalah sebagai berikut :

**Tabel 1. Pengujian MPPT Hari Pertama**

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	31	19,9	1,39	27,7	11,5	1,2	13,8	50%
10:00	32	19,5	1,45	28,3	13,5	1,26	17,0	60%
12:00	33	20	1,55	31,0	15,5	1,3	20,2	65%
14:00	33	20,1	1,56	31,4	16,3	1,32	21,5	69%
16:04	30	20	1,27	25,4	15	1,31	19,7	77%
18:00	29	19	1,2	22,8	14,2	1,28	18,2	80%
Jumlah		118,5	8,42	166,49	86	7,67	110,30	
Hasil Rata-rata		19,8	1,40	27,7	14,3	1,28	18,4	67%

##### 2. Pengujian Hari Kedua

Pada pengujian hari kedua kondisi hari tidak begitu cerah, matahari yang bersinar tidak maksimal sehingga daya keluaran yang dihasilkan juga tidak maximal. Adapun tabel data pengujian hari pertama adalah sebagai berikut :

**Tabel 2. Pengujian MPPT Hari Kedua**

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	29	18	1,19	21,4	11,5	1	11,5	54%
10:00	32	19,3	1,25	24,1	11,9	1,2	14,3	59%
12:00	33	20,6	1,37	28,2	11,9	1,3	15,5	55%
14:00	29	20,1	1,36	27,3	11,7	1,3	15,2	56%
16:04	29	19,6	1,27	24,9	11	1,1	12,1	49%
18:00	29	19,2	1,2	23,0	10,3	0,9	9,3	40%
Jumlah		116,8	7,64	149,04	68,3	6,8	77,83	
Hasil Rata-rata		19,5	1,27	24,8	11,4	1,13	13,0	52%

### 3. Pengujian Hari Ketiga

Pada pengujian hari ketiga cahaya matahari tampak cerah, sehingga matahari yang bersinar juga maksimal dan daya keluaran yang dihasilkan juga ikut maksimal. Adapun tabel data pengujian hari pertama adalah sebagai berikut:

**Tabel 3. Pengujian MPPT Hari Ketiga**

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	32	20	1,3	26,0	13,7	1,8	24,7	95%
10:00	33	24,5	1,49	36,5	14,8	2	29,6	81%
12:00	34	24,9	1,97	49,1	16	2,8	44,8	91%
14:00	29	22,6	1,77	40,0	14,3	2,2	31,5	79%
16:04	30	22,8	1,76	40,1	14,9	2,5	37,3	93%
18:00	28	20,8	1,34	27,9	13,6	2	27,2	98%
Jumlah		135,6	9,63	219,56	87,3	13,3	194,97	
Hasil Rata-rata		22,6	1,61	36,6	14,6	2,22	32,5	89%

### 4. Pengujian Hari Keempat

Pada pengujian hari ketiga cahaya matahari tampak cerah, sehingga matahari yang bersinar juga maksimal dan daya keluaran yang dihasilkan juga ikut maksimal. Adapun tabel data pengujian hari pertama adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. Pengujian MPPT Hari Keempat**

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	30	19	2	38,0	12,4	2	24,8	65%
10:00	32	24,8	2,5	62,0	12,7	2,5	31,8	51%
12:00	33	25,7	2,8	72,0	13	2,8	36,4	51%
14:00	34	26,3	3	78,9	13,5	3	40,5	51%
16:04	33	24,7	3,7	91,4	13,8	3,7	51,1	56%
18:00	29	23,6	3	70,8	13,7	3,5	48,0	68%
Jumlah		144,1	17	413,05	79,1	17,5	232,46	



Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
Hasil Rata-rata		24,0	2,83	68,8	13,2	2,92	38,7	57%

#### 5. Pengujian Hari Kelima

Pada pengujian hari ketiga cahaya matahari tampak cerah, sehingga matahari yang bersinar juga maksimal dan daya keluaran yang dihasilkan juga ikut maksimal. Adapun tabel data pengujian hari pertama adalah sebagai berikut :

**Tabel 5. Pengujian MPPT Hari Kelima**

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	29	17	1,19	20,2	13	1	13,0	64%
10:00	30	19	2	38,0	12,8	2,5	32,0	84%
12:00	33	25,8	2,62	67,6	13	2,8	36,4	54%
14:00	33	25,8	2,6	67,1	13	2,8	36,4	54%
16:04	29	23,6	2,5	59,0	12,8	2,7	34,6	59%
18:00	29	23	2,45	56,4	12,7	2,6	33,0	59%
Jumlah		134,2	13,36	308,26	77,3	14,4	185,38	
Hasil Rata-rata		22,4	2,23	51,4	12,9	2,40	30,9	62%

#### 3.4 Pengujian Keluaran MPPT dengan *Zeta Converter*

Pada pengujian daya keluaran MPPT dengan menggunakan *zeta converter* dilakukan selama 1 hari, dimana hari yang dipilih adalah hari yang sama seperti hari ke-3 pengujian daya keluaran MPPT yang menghasilkan tingkat efisiensi paling tinggi yaitu dengan rata – rata eff sebesar 89%. Adapun tabel pengujian MPPT menggunakan *zeta converter* dapat dilihat sebagai berikut:

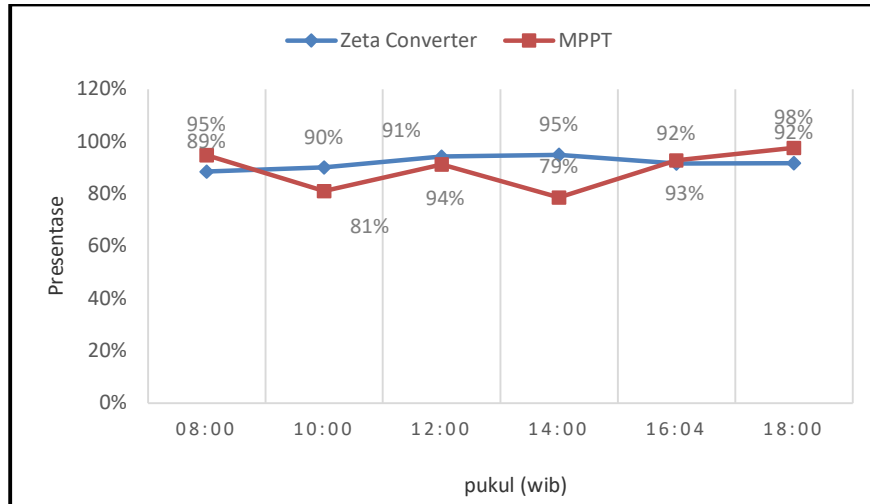
**Tabel 6. Pengujian MPPT dengan *Zeta Converter***

Waktu	Suhu	Input			Output			EFFESIENSI (Pout/Pin) X 100%
		V	I	P	V	I	P	
08:00	28	21	1,26	26,5	19,2	1,22	23,4	89%
10:00	35	25,7	1,62	41,6	23,9	1,57	37,5	90%
12:00	33	25,8	1,53	39,5	24,5	1,52	37,2	94%
14:00	33	25,4	1,52	38,6	24,6	1,49	36,7	95%
16:04	32	24	1,47	35,3	23,1	1,4	32,3	92%
18:00	30	21,7	1,39	30,2	20,5	1,35	27,7	92%
Jumlah		143,6	8,79	211,62	135,8	8,55	194,86	
Hasil Rata-rata		23,9	1,47	35,3	22,6	1,43	32,5	92%

Didapat dilihat daya input dan output pada daya keluaran PLTS menggunakan *zeta converter* tidak terpaut jauh (berdekatan) dengan tingkat efisiensi yang dihasilkan tinggi yaitu 92%.

### 3.5 Perbandingan Tanpa *Zeta Converter* Dan Dengan *Zeta Converter*

Untuk mendapatkan level perbandingan yang lebih akurat dan efektif, pada pengambilan data tanpa *zeta converter*, diambil data dimana tingkat efisiensi pada pengambilan informasi sangat besar. Dikenal pada pengambilan informasi tanpa *zeta converter* tingkat efisiensi yang sangat besar terjalin pada hari ke-3 ialah sebesar 89%. Adapun perbandingan tingkat efisiensi keluaran PLTS dengan menggunakan *zeta converter* dan tanpa menggunakan *zeta converter* adalah sebagai berikut :



**Gambar 8. Perbandingan Efisiensi pengambilan data**

Dapat dilihat pada grafik tingkat efisiensi pada *zeta converter* relatif lebih stabil dibandingkan tidak menggunakan *zeta converter*. Tingkat rata – rata efisiensi yang dihasilkan dengan *zeta converter* juga lebih tinggi dibandingkan tanpa *zeta converter* sebesar 92%.

## 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan mulai Perancangan dan pembuatan alat *zeta converter* berhasil dilakukan dengan baik melalui penggunaan *mikrokontroler arduino* untuk menaikkan tingkat efisiensi daya keluaran pada PLTS. Pada output tegangan dan arus yang dihasilkan MPPT tanpa menggunakan *zeta converter* memiliki rata-rata tegangan output sebesar 14,6 Volt dan arus output sebesar 2,22 Ampere. Dengan nilai efisiensi sebesar 65%. Sedangkan keluaran tegangan serta arus yang dihasilkan oleh MPPT dengan memakai *zeta converter* mempunyai tegangan output sebesar 22,6 Volt dan arus output sebesar 1,43 Ampere dengan efisiensi 92%. Adapun nilai *duty cycle* yang dihasilkan adalah sebesar 0,26 atau 26% dan arus input maximal yang dihasilkan setelah perhitungan adalah sebesar 5,02 Ampere.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LP2M UMSU yang sudah memberikan bantuan dalam penelitian tersebut, sehingga dapat menyelesaikan penelitian dengan tepat waktu dan semoga kerjasama kelembagaan yang telah terjalin selama ini, semakin meningkat dan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya kepada kita sekalian. Amin.

## DAFTAR RUJUKAN

- Baqaruzi, S., Kananda, K., & Muhtar, A. (2020). Perbandingan Penempatan Panel Fotovoltaik Di Atas Tanah (Ground Mounting PV) Atau Di Atas Atap (Rooftop Pv) Sebagai Implementasi Pemanfaatan PLTS yang Efisien Di ITERA. *Jurnal Elektro*, 13(1), 31–38. <https://doi.org/10.25170/jurnalelektro.v13i1.1822>
- ESDM. (2018). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)*. 18.
- Ezema, L. S., Ifediora, E. C., Olukunle, A. A., & Onuekwusi, N. C. (2021). Design and Implementation of an Esp32-Based Smart Embedded Industrial Poultry Farm. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 6(3), 38–43. <https://doi.org/10.24018/ejers.2021.6.3.2397>
- Harahap, dkk. (2023). Installation of PLTS as a Source of Electricity for Enhancement of Chicken Farming Business in Percut Sei Tuan Sub-District Deli Serdang District. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(4), 1111–1117. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i4.15353>
- Harahap, P., Adam, M., & Oktrialdi, B. (2019). *Optimasi Kapasitas Rooftop Pv Off Grid Energi Surya Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplemtasikan pada Rumah Tinggal*. 5(1), 31–38.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor. *Budapest International Research in Exact Sciences Journal*, 2(3), 347–361.
- Harahap, P. dkk. (2023). Implementation of 3000-watt inverter as a source of electrical energy in solar power plants.. *Jurnal Polimesin*. 20(2), 121–127.
- Hess, A. (2005). *BAB 2 Dasar Teori 2.1 Honeypot*. 6–26.
- Kestabilan, D. (2021). *Analisis Penghematan Energi Pada Pelanggan Listrik 1300 Watt Dalam*. 2(1).
- Musa, A., & Galadanci, G. (2010). 5kVa power inverter design and simulation based on boost converter and H-bridge inverter topology. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(1), 6–13. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v2i1.58448>
- Nandiwardhana, A. P., Suryoatmojo, H., & Ashari, M. (2016). Perancangan Zeta Converter yang dilengkapi Power Factor Correction pada Aplikasi Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 169–175.
- Nugroho, R. A., Facta, M., & Yuningtyastuti, Y. (2014). Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector). *Transient*, 3(3),

408–414.

- Pradipta, A., Suryoatmojo, H., & Riawan, D. C. (2016). Perancangan dan Implementasi Konverter Zeta dengan Induktor Gandeng dan Kapasitor Pengali Untuk Aplikasi Fotovoltaik. *Jurnal Teknik ITS Vol.*, 5(2), 1–7.
- Sunarno, E., Sudiharto, I., & Yolanita, D. (2023). Design MPPT with Anfis Method on Zeta Converter With DC Load. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 4(1).  
<https://doi.org/10.22219/kinetik.v8i1.1629>
- Sunarno, E., Wahjono, E., Nugraha, S. D., Sudiharto, I., Qudsi, O. A., & Hefdi, M. (2017). Desain Dan Implementasi Zeta Converter Dengan Metode Mppt Modified P & O Pada Aplikasi Rumah Mandiri. *Prosiding Sentrinov*, 3, 300–312.
- Systems, C., Mossa, M. A., Gam, O., & Bianchi, N. (2022). *Performance Enhancement of a Hybrid Renewable Energy*. 2(1), 140–171.
- Theodore Wildi. (2008). *Teori Motor Induksi Tiga Fasa Universitas Semarang*. 7–37.
- Zahra, E. E., Dewatama, D., & Yulianto. (2003). Zeta Converter dengan MPPT P&O untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus dan Tegangan. *Jurnal Elkolind*, 10(1), 9–17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v10I1.2744>