

# OPTIMASI PEMILIHAN DAN PENGATURAN PARAMETER UNTUK MEMAKSIMALKAN EFISIENSI KONVERTER ZETA

Ahmad Riki Baihaki<sup>1\*</sup>, I Ketut Wiryajati<sup>2</sup>, Ida Bagus Fery Citarsa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Mataram; Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, Indonesia; (0370) 633007

Received: 20 November 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

## Keywords:

*Close Loop;*

*Component Selection;*

*Efficiency;*

*Zeta Converter.*

## Correspondent Email:

[kjatiwirya@unram.ac.id](mailto:kjatiwirya@unram.ac.id)

**Abstrak.** Konverter *DC-DC* yang memiliki kemampuan untuk mengubah nilai tegangan keluaran *DC* dari tegangan rendah ke tegangan tinggi, maupun sebaliknya yaitu Konverter *Zeta*. Konverter *Zeta* merupakan jenis Konverter *DC-DC* yang mampu menaikkan (*Boost*) atau menurunkan (*buck*) tegangan input menjadi tegangan output sesuai kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai komponen optimal dalam menghasilkan daya keluaran yang efisien dari Konverter *Zeta* dengan memvariasikan nilai kapasitansi dan induktansi. Metode yang digunakan yaitu metode penelitian dengan model simulasi. Konverter *Zeta* dirangkai secara *close loop* dan dilakukan pengujian secara simulasi perangkat lunak. Parameter perancangan meliputi tegangan input 17,5 V, frekuensi *switching* 50 KHz, dan beban diberikan 2,2  $\Omega$ , dan tegangan keluaran 12 V. Pengujian rangkaian *close loop* dilakukan dengan menggunakan kontrol PI, di mana nilai KP adalah 0,05 dan KI adalah 25,56, untuk mengendalikan tegangan keluaran agar mendekati nilai set point 12 V. Parameter yang didapatkan diubah-ubah untuk mendapatkan nilai efisiensi daya tertinggi, yang terdapat pada data ke 8 dan ke 9. Data ke 8 menghasilkan efisiensi 92,833 % dan data ke 9 menghasilkan efisiensi 92,913 %. Hasil ini membuktikan bahwa variasi parameter komponen memiliki pengaruh signifikan terhadap daya keluaran dan efisiensi sistem.

**Abstract.** *DC-DC Converter that have the ability to change the DC output voltage value from low voltage to high voltage, and vice versa is the Zeta Converter. Zeta Converter is a type of DC-DC Converter that is able to increase (Boost) or reduce (buck) input voltage to output voltage as needed. This study aims to determine the optimal component value in producing efficient output power of the Zeta Converter by varying the value of capacitance and inductance. The method used is the research method with a simulation model. The Zeta Converter is assembled in a close loop and a simulation test with software. The design parameters include an input voltage of 17,5 V, 50 KHz switching frequency, and a load is given 2,2  $\Omega$ , and the output voltage of 12 V. Close loop circuit testing is carried out using PI control, where the KP value is 0,05 and KI is 25,56, to control the output voltage to approach the value of set point 12 V. The parameters obtained are changed to get the highest power efficiency value, contained in the 8th and 9th data. The 8th data produces 92,833 % efficiency and the 9th data produces 92,913 % efficiency. These results prove that the component parameter variations have a significant influence on the output power and system efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, diperlukan juga komponen dan perangkat keras elektronik yang dapat mengubah tegangan *DC* (*Direct Current*) dari satu tingkat tegangan menuju tingkat tegangan lebih tinggi ataupun tingkatan tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan penggunaannya. Perangkat untuk mengubah tegangan *DC* ini disebut Konverter *DC-DC*. [1]

Konverter *DC-DC* yang disebut juga *DC Chopper* merupakan rangkaian elektronik yang menggunakan *switching* elektronik untuk mengubah sumber tegangan *DC* dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan yang lain. Tegangan *DC* masukan dapat berasal dari sumber tegangan yang tetap atau dari sumber yang memiliki tingkat tegangan yang bisa diatur (variabel). Tegangan *DC* yang dihasilkan dapat diarahkan untuk menghasilkan tegangan *DC* yang konstan ataupun tegangan *DC* variabel sesuai kebutuhan. [2]

Terdapat 6 rangkaian Konverter *DC-DC non* isolasi yang umum digunakan yaitu, *Buck*, *Boost*, *Buck-Boost*, *Cuk*, *Sepic*, dan *Zeta*. Konverter yang tepat harus memiliki beberapa karakteristik khusus, seperti menghasilkan nilai *ripple* arus yang relatif rendah, mampu mengurangi komponen yang tidak diperlukan dalam perancangannya, mudah dalam hal integrasi, serta mampu menstabilkan karakteristik *DC-DC* Konverter itu sendiri. [3]

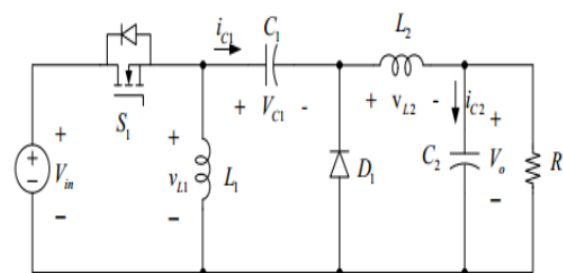
Konverter *DC-DC* yang memiliki kemampuan untuk mengubah nilai tegangan keluaran *DC* dari tegangan rendah ke tegangan tinggi, maupun sebaliknya yaitu Konverter *Zeta*. Kelebihan Konverter *Zeta* mencakup fleksibilitas tegangan output yang memungkinkan perangkat ini berfungsi baik sebagai *Buck* maupun *Boost* konverter, memberikan fleksibilitas dalam mengatur tegangan output sesuai kebutuhan. Selain itu, Konverter *Zeta* memiliki *ripple* tegangan rendah sehingga mampu menghasilkan tegangan output dengan riak yang sangat rendah jika didesain dengan tepat, sehingga kualitas daya yang dihasilkan lebih baik dan stabil. Kapasitor  $C_1$  juga menyediakan isolasi kapasitif yang membantu dalam mengurangi gangguan listrik, memastikan kinerja yang lebih handal dan efisien dalam berbagai aplikasi elektronik. [4]

Pengontrol *PI* (*Proporsional-Integral*) dapat diaplikasikan dalam rangkaian Konverter *Zeta* untuk mengumpan balik nilai keluaran tegangan dari Konverter *Zeta* dengan mengontrol variabel sinyal dengan suatu nominal konstanta tertentu (*KP* dan *KI*). Pengontrol *PI* adalah studi khusus dari pengontrol *PID*, di mana derivatif dari sistem tidak digunakan. Kurangnya aksi derivatif menghasilkan sistem yang lebih stabil di wilayah *steady state* jika terjadi data yang *overshoot*, hal ini terjadi karena kinerja derivatif lebih sensitif terhadap input frekuensi yang lebih tinggi. Frekuensi *switching* yang digunakan pada Konverter *Zeta* sangat tinggi, sehingga pengontrol *PI* dipilih untuk mengamati kinerja keseluruhan. [5]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah rangkaian Konverter *Zeta* guna mendapatkan nilai efisiensi tertinggi dari pemilihan nilai komponen induktor dan kapasitor. Selain itu memiliki tujuan untuk mengetahui nilai komponen optimal dalam menghasilkan daya keluaran yang efisien dari Konverter *Zeta* saat nilai kapasitansi dan induktansi divariasikan. Pengujian sistem secara simulasi menggunakan perangkat lunak.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Konverter *Zeta* adalah salah satu jenis Konverter *DC-DC* yang mampu menaikkan (*Boost*) atau menurunkan (*buck*) tegangan input menjadi tegangan output sesuai kebutuhan [6]. Konverter ini dikenal karena kemampuannya untuk mengelola perubahan tegangan input yang luas dan menghasilkan tegangan output yang stabil dan teratur. Konverter *Zeta* merupakan topologi yang berguna dalam aplikasi yang memerlukan fleksibilitas tinggi dalam pengaturan tegangan. [7]



Gambar 1. Rangkaian Skematik Konverter *Zeta* [4]

Topologi dasar Konverter *Zeta* dapat digambarkan sebagai Gambar 1. Terdapat beberapa komponen utama, di antaranya: Induktor input ( $L_1$ ): Menyimpan energi saat saklar aktif dan melepaskannya saat saklar nonaktif. Induktor output ( $L_2$ ): Berfungsi untuk mengalirkan energi ke beban dan menyaring arus untuk membantu mengurangi riak arus sehingga menghasilkan tegangan output yang stabil. Terdapat kapasitor ( $C_1$  dan  $C_2$ ) Di mana  $C_1$  berfungsi sebagai penyimpan energi sementara saat perpindahan/siklus saklar dan menjaga kestabilan tegangan, dan  $C_2$  berfungsi untuk menyaring riak tegangan output dan menjaga tegangan output yang stabil. Saklar Aktif (S): Dapat berupa transistor *MOSFET* (*Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*) yang dikendalikan oleh sinyal *PWM* (*Pulse Width Modulation*) untuk mengendalikan arus dalam rangkaian. Dioda (D): Mengarahkan aliran arus selama periode saklar nonaktif. [8], [9]

### 3. METODE PENELITIAN

Pengujian Konverter *Zeta* ini menggunakan metode penelitian dengan model simulasi. Konverter *Zeta* dirangkai secara *close loop* dan dilakukan pengujian secara simulasi menggunakan perangkat lunak. Saat pengujian rangkaian *close loop*, tegangan keluarannya dikendalikan dengan kontrol PI agar mendekati nilai *setpoint* yang diinginkan [10]. Nilai parameter yang didapatkan kemudian diubah-ubah sehingga mendapatkan nilai efisiensi daya tertinggi.

Perancangan Konverter *Zeta* dilakukan dengan simulasi pada perangkat lunak. Nilai dari masing-masing parameter yang digunakan dalam merancang dan mensimulasikan Konverter *Zeta* ditentukan. Tabel 1 di bawah ini menyajikan parameter yang telah ditentukan penulis untuk perancangan Konverter *Zeta*.

Tabel 1. Parameter Perancangan Konverter *Zeta*

| Variabel                             | Nilai  |
|--------------------------------------|--------|
| Tegangan Input ( $V_{in}$ )          | 17,5 V |
| Tegangan Output ( $V_o$ )            | 12 V   |
| Daya (P)                             | 65 W   |
| Frekuensi Switching ( $f_s$ )        | 50 kHz |
| Ripple Tegangan ( $\Delta V_C/V_C$ ) | 1%     |

Parameter Konverter *Zeta* ditentukan dengan nilai dari masing-masing parameter yang tercantum pada tabel 1 di atas. Tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai serta jenis komponen yang digunakan untuk perancangan secara kompleks. Untuk menentukan komponen yang tepat, dapat menggunakan persamaan berikut: [11]

1. Menentukan nilai *duty cycle*

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

$$= \frac{12}{17,5 + 12}$$

$$= 0,41$$

2. Menentukan nilai induktor

Untuk menentukan nilai induktansi  $L_1$ , terlebih dahulu mencari nilai *R output*:

$$P = \frac{V_o^2}{R_o} \quad (2)$$

$$R_o = \frac{V_o^2}{P} \quad (3)$$

$$= \frac{12^2}{65}$$

$$= 2,2 \Omega$$

Sehingga,

$$L_1 = \frac{(1-D)^2 R_o}{2f_s D} \quad (4)$$

$$= \frac{(1-0,41)^2 \cdot 2,2}{2 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 0,41}$$

$$= 18,7 \mu H$$

Kemudian untuk menentukan nilai induktansi  $L_2$ :

$$L_2 = \frac{(1-D) R_o}{2f_s} \quad (5)$$

$$= \frac{(1-0,41) \cdot 2,2}{2 \cdot 50 \cdot 10^3}$$

$$= 13 \mu H$$

Telah didapatkan nilai  $L_1 = 18,7 \mu H$  dan  $L_2 = 13 \mu H$

3. Menentukan nilai kapasitor

Untuk menentukan nilai kapasitansi  $C_1$ , terlebih dahulu mencari nilai arus *output*

$$I_o = \frac{V_o}{R_o} \quad (6)$$

$$= \frac{12}{2,2}$$

$$= 5,45 A$$

Dan nilai  $\Delta V_{C1}$ , dengan persamaan:

$$\Delta V_{C1} = V_{C2} = V_o = 12V \quad (7)$$

$$\frac{\Delta V_{C1}}{V_{C1}} = 1\% \quad (8)$$

$$\Delta V_{C1} = V_{C1} \cdot 1\% \quad (9)$$

$$= 12,1\%$$

$$= 0,12V$$

Sehingga,

$$C_1 = \frac{I_O \cdot D}{\Delta V_{C1} f_s} \quad (10)$$

$$= \frac{5,45 \cdot 0,41}{0,12 \cdot 5 \cdot 10^4}$$

$$= 372 \mu F$$

Kemudian untuk menentukan nilai kapasitansi  $C_2$ :

$$C_2 = \frac{V_O \cdot (1-D)}{8 \cdot f_s^2 \cdot L_2 \cdot \Delta V_{C2}} \quad (11)$$

$$= \frac{12 \cdot (1-0,41)}{8 \cdot (5 \cdot 10^4)^2 \cdot 13 \cdot 10^{-6} \cdot 0,12}$$

$$= 227 \mu F$$

Telah didapatkan nilai  $C_1=372\mu F$  dan  $C_2=227\mu F$

Tabel 2. Daftar Jenis dan Nilai Komponen

| Komponen        | Nilai                         |
|-----------------|-------------------------------|
| Induktor $L_1$  | $18,7\mu H \approx 18,5\mu H$ |
| Induktor $L_2$  | $13\mu H$                     |
| Kapasitor $C_1$ | $372\mu F \approx 370\mu F$   |
| Kapasitor $C_2$ | $227\mu F \approx 230\mu F$   |
| Resistor $R_O$  | $2,2 \Omega$                  |

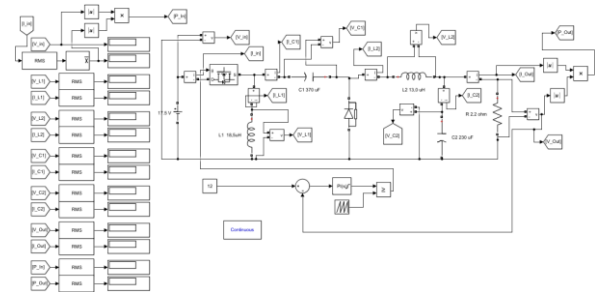
Perancangan untuk pengujian ini dilakukan simulasi pada Konverter *Zeta close loop* dengan mengkonfigurasi nilai pengendali PI pada sistem kontrol rangkaian Konverter *Zeta* [12]. Simulasi ini dilakukan dengan mengatur nilai komponen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$ , dan  $C_2$  sesuai tabel 3.

Tabel 3. Nilai Komponen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$ , dan  $C_2$

| No. | $L_1$<br>( $\mu H$ ) | $L_2$<br>( $\mu H$ ) | $C_1$<br>( $\mu F$ ) | $C_2$<br>( $\mu F$ ) |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1   | 15                   | 9,5                  | 300                  | 160                  |
| 2   | 15,5                 | 10                   | 310                  | 170                  |
| 3   | 16                   | 10,5                 | 320                  | 180                  |
| 4   | 16,5                 | 11,0                 | 330                  | 190                  |
| 5   | 17                   | 11,5                 | 340                  | 200                  |
| 6   | 17,5                 | 12,0                 | 350                  | 210                  |
| 7   | 18                   | 12,5                 | 360                  | 220                  |
| 8   | 18,5                 | 13,0                 | 370                  | 230                  |
| 9   | 19                   | 13,5                 | 380                  | 240                  |
| 10  | 19,5                 | 14,0                 | 390                  | 250                  |
| 11  | 20                   | 14,5                 | 400                  | 260                  |

Pada tabel 3, data ke-8 merupakan nilai komponen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$  dan  $C_2$  sesuai dengan perhitungan sebelumnya. Kemudian nilai komponen divariasikan  $L_1$  dari 15  $\mu H$  hingga 20

$\mu H$ ,  $L_2$  dari 9,5  $\mu H$  hingga 14,5  $\mu H$ ,  $C_1$  dari 300  $\mu F$  hingga 400  $\mu F$ , dan  $C_2$  dari 160  $\mu F$  hingga 260  $\mu F$  untuk mendapatkan data ke berapa yang dapat menghasilkan efisiensi Konverter *Zeta*.



Gambar 2. Model Rangkaian Konverter *Zeta Close Loop* dengan Perangkat Lunak

Gambar 2 merupakan model rangkaian Konverter *Zeta Close Loop* yang digunakan pada penelitian optimasi pemilihan dan pengaturan parameter untuk memaksimalkan efisiensi Konverter *Zeta*.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

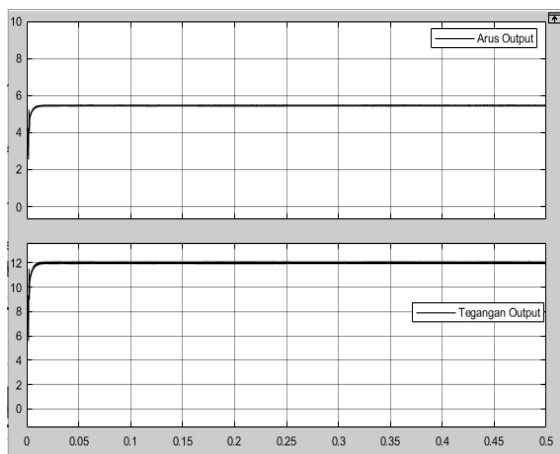
Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan sistem kerja Konverter *Zeta* dalam kondisi *close loop*. Uji coba dilakukan melalui simulasi dengan frekuensi *switching* sebesar 50 kHz, menggunakan tegangan masukan sebesar 17,5 V. Tegangan keluaran dikendalikan pada nilai setpoint sebesar 12 V dengan pengontrol *Proportional-Integral* (PI) yang memiliki parameter *gain*  $K_P=0,05$  dan  $K_I=25,56$ . Dalam proses pengujian, nilai komponen induktor ( $L_1$  dan  $L_2$ ) serta kapasitor ( $C_1$  dan  $C_2$  diubah-ubah sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan dalam Tabel 3. Variasi ini bertujuan untuk menganalisis perubahan karakteristik konverter terhadap berbagai konfigurasi nilai komponen. Data yang dikumpulkan meliputi tegangan dan arus pada masing-masing komponen ( $L_1$ ,  $C_1$ , dan  $C_2$ ), serta daya masukan dan daya keluaran. Selain itu, parameter kesalahan (*error*) antara tegangan keluaran aktual dengan setpoint yang diinginkan juga dianalisis guna menilai efektivitas pengontrol PI dalam

mempertahankan stabilitas tegangan. Efisiensi konverter dihitung dengan membandingkan daya keluaran terhadap daya masukan pada setiap variasi parameter.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Masing-Masing Komponen

| $V_{L1}$<br>(V) | $I_{L1}$<br>(A) | $V_{L2}$<br>(V) | $I_{L2}$<br>(A) | $V_{C1}$<br>(V) | $I_{C1}$<br>(A) | $V_{C2}$<br>(V) | $I_{C2}$<br>(A) |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0,071           | 0,355           | 0,049           | 0,336           | 12,05           | 0,335           | 11,93           | 5,760           |
| 0,062           | 0,295           | 0,047           | 0,296           | 12,05           | 0,295           | 11,94           | 5,724           |
| 0,054           | 0,254           | 0,046           | 0,255           | 12,05           | 0,254           | 11,95           | 5,685           |
| 0,111           | 0,229           | 0,027           | 0,230           | 12,05           | 0,229           | 11,96           | 5,667           |
| 0,147           | 0,190           | 0,072           | 0,190           | 12,04           | 0,190           | 11,97           | 5,631           |
| 0,813           | 0,169           | 0,884           | 0,171           | 12,04           | 0,168           | 11,97           | 5,613           |
| 1,275           | 0,135           | 1,343           | 0,139           | 12,05           | 0,135           | 11,98           | 5,583           |
| 2,357           | 0,112           | 2,415           | 0,118           | 12,04           | 0,112           | 11,98           | 5,565           |
| 12,9            | 0,172           | 12,78           | 0,039           | 12,01           | 0,172           | 11,98           | 5,408           |
| 12,86           | 0,359           | 12,77           | 0,229           | 12,06           | 0,358           | 11,97           | 5,211           |
| 12,86           | 0,218           | 12,78           | 0,370           | 12,06           | 0,217           | 11,98           | 5,076           |

Hasil pengukuran tegangan dan arus masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 4. Data ke-8 menggunakan nilai komponen sesuai dengan perhitungan menunjukkan bahwa nilai arus  $L_1$ ,  $L_2$ , dan  $C_1$  memiliki nilai terkecil jika dibandingkan dengan data lainnya.



Gambar 3. Pengukuran Arus Output dan Tegangan Output Konverter Zeta

Hal ini menandakan bahwa komponen yang digunakan pada data ke-8 merupakan komponen yang paling sedikit mengkonsumsi arus listrik. Namun untuk  $C_2$  yang lebih sedikit

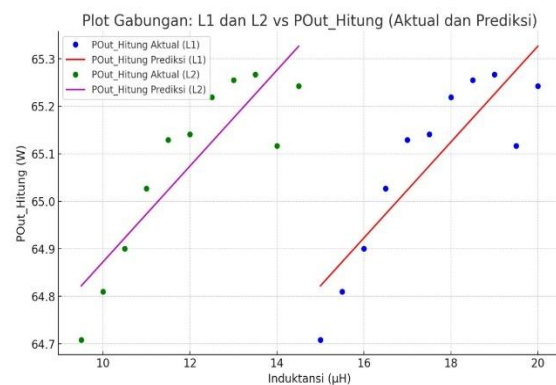
mengkonsumsi arus terletak pada data ke-11. Hal ini dapat terjadi karena nilai  $C_2$  pada data ke-11 lebih besar dari data yang lain, komponen lain juga memengaruhi

Pada gambar 3 menunjukkan bentuk gelombang nilai arus keluaran dan tegangan keluaran yang dilihat menggunakan *scope* pada Perangkat lunak. Nilai arus tegangan sebesar 5,42 A dan tegangan keluaran sebesar 11,93 V mendekati nilai *setpoint* 12 V. Data masing-masing data dapat dilihat pada tabel 5, dengan menggunakan nilai komponen L dan C yang berbeda-beda.

Tabel 5. Daya *input* dan Daya *Output* serta *Error* dan Efisiensi

| $L_1$<br>( $\mu$ H) | $L_2$<br>( $\mu$ H) | $C_1$<br>( $\mu$ F) | $C_2$<br>( $\mu$ F) | $P_{in}$<br>(W) | $P_{out}$<br>Hitung<br>(W) | $P_{out}$<br>Ukur<br>(W) | Err<br>(%) | Efisi<br>(%) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|------------|--------------|
| 15                  | 9,5                 | 300                 | 160                 | 69,92           | 64,708                     | 64,72                    | 0,018      | 92,563       |
| 15,5                | 10                  | 310                 | 170                 | 69,96           | 64,810                     | 64,82                    | 0,015      | 92,653       |
| 16                  | 10,5                | 320                 | 180                 | 70              | 64,900                     | 64,88                    | 0,032      | 92,686       |
| 16,5                | 11,0                | 330                 | 190                 | 70,13           | 65,027                     | 65,05                    | 0,036      | 92,756       |
| 17                  | 11,5                | 340                 | 200                 | 70,17           | 65,129                     | 65,13                    | 0,002      | 92,817       |
| 17,5                | 12,0                | 350                 | 210                 | 70,19           | 65,141                     | 65,16                    | 0,030      | 92,834       |
| 18                  | 12,5                | 360                 | 220                 | 70,23           | 65,219                     | 65,21                    | 0,014      | 92,852       |
| 18,5                | 13,0                | 370                 | 230                 | 70,32           | 65,255                     | 65,28                    | 0,038      | 92,833       |
| 19                  | 13,5                | 380                 | 240                 | 70,27           | 65,267                     | 65,29                    | 0,035      | 92,913       |
| 19,5                | 14,0                | 390                 | 250                 | 70,18           | 65,117                     | 65,1                     | 0,026      | 92,761       |
| 20                  | 14,5                | 400                 | 260                 | 70,32           | 65,243                     | 65,25                    | 0,011      | 92,790       |

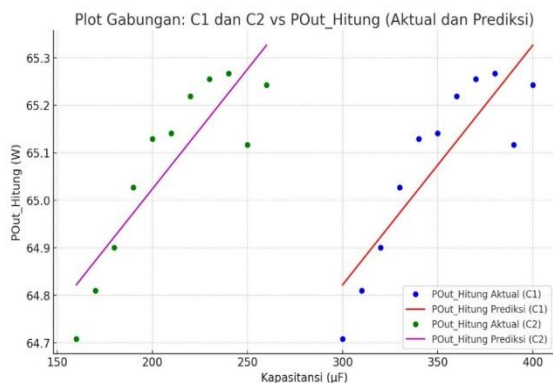
Tabel 5 merupakan hasil pengukuran daya masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, daya keluaran, dan hasil perhitungan daya keluaran yang dihitung menggunakan persamaan  $P=V \times I$ . Terdapat selisih antara daya keluaran ukur dengan daya keluaran hitung yang disebut juga dengan *error*. Nilai *error* tertinggi terdapat pada data ke-8 dengan nilai 0,038 % dan nilai *error* terendah pada data ke-5 dengan nilai 0,002 %.



Gambar 4. Grafik Hubungan Induktansi terhadap Daya Keluaran  $P_{out}$  Hitung

Efisiensi dari Konverter Zeta dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada data ke-9 senilai 92,913 %, sedangkan efisiensi terendah pada data ke-1 yang memiliki efisiensi senilai 92,563 %.

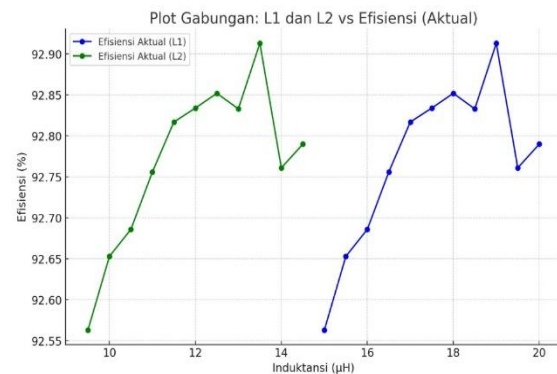
Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pada  $L_1$  ketika nilai induktansi yang diberikan semakin meningkat dari 15  $\mu\text{H}$  hingga 20  $\mu\text{H}$ , maka cenderung menghasilkan peningkatan daya keluaran aktual, sehingga didapatkan hasil grafik daya keluaran prediksi yang meningkat dari sekitar 64,8 W hingga 65,4 W. Begitu juga dengan  $L_2$ , ketika nilai induktansi yang diberikan semakin meningkat dari 9,5  $\mu\text{H}$  hingga 14,5  $\mu\text{H}$ , maka cenderung menghasilkan peningkatan daya keluaran aktual, sehingga didapatkan hasil grafik daya keluaran prediksi yang meningkat dari sekitar 64,8 W hingga 65,4 W. Dapat dikatakan bahwa meningkatnya nilai induktansi  $L_1$  dan  $L_2$  mempengaruhi kenaikan  $P_{\text{Out Hitung}}$ .



Gambar 5. Grafik Hubungan Kapasitansi terhadap Daya Keluaran  $P_{\text{Out Hitung}}$

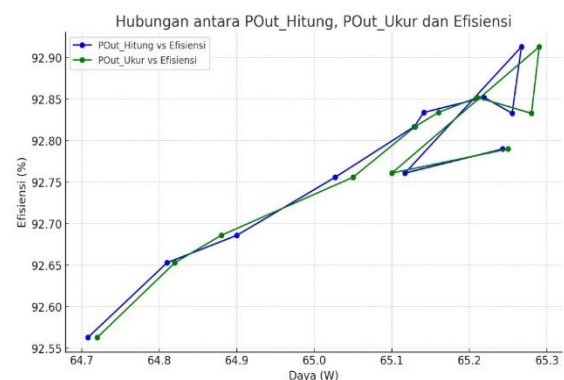
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pada  $C_1$  ketika nilai kapasitansi yang diberikan semakin meningkat dari 300  $\mu\text{F}$  hingga 400  $\mu\text{F}$ , maka cenderung menghasilkan peningkatan daya keluaran aktual, sehingga didapatkan hasil grafik daya keluaran prediksi yang meningkat dari sekitar 64,8 W hingga 65,4 W. Begitu juga dengan  $C_2$ , ketika nilai kapasitansi yang diberikan semakin meningkat dari 160  $\mu\text{F}$  hingga 260  $\mu\text{F}$ , maka cenderung menghasilkan peningkatan daya keluaran aktual, sehingga didapatkan hasil grafik daya keluaran prediksi yang meningkat dari sekitar 64,8 W hingga 65,4 W. Dapat dikatakan bahwa meningkatnya nilai

kapasitansi  $C_1$  dan  $C_2$  mempengaruhi kenaikan  $P_{\text{Out Hitung}}$ .



Gambar 6. Grafik Hubungan Induktansi terhadap Efisiensi

Pada gambar 6 terdapat data  $L_1$  dan  $L_2$  terhadap efisiensi, namun peningkatan tidak stabil dan terdapat fluktuasi dalam efisiensi pada beberapa nilai induktansi. Dapat dilihat bahwa pada  $L_1$ , ketika nilai induktansi yang diberikan semakin meningkat dari 15  $\mu\text{H}$  hingga 20  $\mu\text{H}$  titik efisiensi tertinggi terletak pada nilai induktansi 19  $\mu\text{H}$ . Sedangkan pada  $L_2$ , ketika nilai induktansi yang diberikan semakin meningkat dari 9,5  $\mu\text{H}$  hingga 14,5  $\mu\text{H}$ , titik efisiensi tertinggi terletak pada nilai induktansi 13,5  $\mu\text{H}$ .



Gambar 7. Grafik Hubungan  $P_{\text{Out Hitung}}$   $P_{\text{Out Ukur}}$  dan Efisiensi

Pada gambar 7 menunjukkan hubungan antara daya keluaran hitung, daya keluaran ukur dan efisiensi. Grafik menunjukkan bahwa seiring peningkatan daya output dari sekitar 64,7 W hingga 65,3 W, efisiensi juga meningkat dari sekitar 92,563 % hingga 92,913 %. Peningkatan efisiensi terlihat lebih stabil di

kisaran daya 64,7 W hingga 65,2 W, tetapi terjadi sedikit fluktuasi di kisaran daya lebih tinggi sekitar 65,2 W ke atas. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa pada saat daya tertentu, efisiensi sistem mencapai titik optimal dan mulai mengalami variasi kecil. Kemudian tertinggi didapatkan pada angka 92,913 %. Secara keseluruhan, kesesuaian antara daya keluaran hitung dengan daya keluaran ukur cukup baik, menunjukkan bahwa perhitungan daya cukup akurat dalam mencerminkan hasil pengukuran daya aktual.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan parameter optimal pada komponen induktor ( $L_1$ ,  $L_2$ ) dan kapasitor ( $C_1$ ,  $C_2$ ) sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi Konverter Zeta dalam konversi tegangan DC-DC. Melalui simulasi dengan perangkat lunak, ditemukan bahwa penggunaan nilai induktansi dan kapasitansi yang tepat, seperti yang diuji pada data ke-8 dan ke-9, dapat meningkatkan efisiensi hingga 92,913 %, dengan *error* yang minim. Hal ini membuktikan bahwa variasi parameter komponen berpengaruh signifikan terhadap daya keluaran dan efisiensi yang dihasilkan.

Selain itu, peningkatan nilai induktansi dan kapasitansi umumnya meningkatkan daya keluaran hingga titik tertentu, di mana efisiensi mencapai kondisi optimal sebelum mengalami sedikit fluktuasi. Hasil ini mendukung relevansi Konverter Zeta untuk aplikasi yang membutuhkan pengaturan tegangan yang fleksibel dan efisien. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk optimasi desain Konverter DC-DC, khususnya dalam sistem tenaga listrik yang memerlukan efisiensi tinggi dan stabilitas daya yang optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram dan Kelompok Penelitian Elektronika daya dan Kendali Motor yang telah memberikan banyak dukungan dan sarana penelitian selama mengerjakan pengujian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Buntulayuk, F. A. Samman, and Y. Yusran, "Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan," *Jurnal Penelitian*

- Enjiniring*, vol. 21, no. 2, pp. 78–82, Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.25042/jpe.112017.12>.
- [2] T. Sutikno and H. S. Purnama, *KONVERTER DC-DC: Prinsip & Aplikasi*, 1st ed. Yogyakarta: UAD Press, 2020.
- [3] Destiarani, I Ketut Wirajati, and I Nyoman Wahyu Satiawan, "Analisis dan Simulasi Efisiensi Kinerja Sepic Konverter Berbasis Kontroler Konvensional," *Sci-tech Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 265–275, Apr. 2024, doi: <https://doi.org/10.56709/stj.v2i2.184>.
- [4] M. A. Chewale, R. A. Wanjari, V. B. Savakhande, and P. R. Sonawane, "A Review on Isolated and Non-isolated DC-DC Converter for PV Application," *International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies (ICCPCT)*, pp. 399–404 Mar. 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8574312>
- [5] Mirza Muntasir Nishat, M. Abdul, F. Faisal, and M. A. Hoque, "Modeling, Simulation and Performance Analysis of SEPIC Converter Using Hysteresis Current Control and PI Control Method," *International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, pp. 7–12, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.1109/iciset.2018.8745619>.
- [6] E. Duran, S. P. Litran, M. B. Ferrera, and J. M. Andujar, "A Zeta-Buck-Boost converter combination for Single-Input Multiple-Output applications," *IECON*, vol. 54, pp. 1251–1256, Oct. 2016, doi: <https://doi.org/10.1109/iecon.2016.7793183>.
- [7] S. Shringi, S. K. Sharma, U. Gupta, and K. Singh, "Comparative Study of Cuk, Zeta, Buck-Boost, Buck Converter in a Standalone PV System," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 8, no. 9, pp. 675–680, Sept. 2019.
- [8] N. Vosoughi, M. Abbasi, E. Abbasi, and M. Sabahi, "A Zeta-based switched-capacitor DC-DC converter topology," *International Journal of Circuit Theory and Applications*, May 2019, doi: <https://doi.org/10.1002/cta.2647>.
- [9] R. Shruthi, Rajagiri Anil Kuamr, B. Anusha, M. K. Uma, and Nadella Sree Samanvitha, "Zeta Converter Based Battery Charger for Ev," *E3S web of conferences*, vol. 391, no. 01098, pp. 1–8, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101098>.
- [10] R. Hakim, I. K. Wirajati, and I. B. F. Citarsa, "EVALUASI KINERJA BUCK-BOOST KONVERTER BERBASIS KONTROLER KONVENSIONAL," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, pp.

- 1443-1449, Apr. 2024, doi:  
<https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4262>.
- [11] A. B. Jørgensen, "Derivation, Design and Simulation of the Zeta converter," *TechRxiv*, pp. 1-5, Oct. 2021, doi:  
<https://doi.org/10.36227/techrxiv.16732825.v1>.
- [12] S. Sharma and R. Diwan, "ZETA Converter with PI Controller," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 67, no. 2, pp. 33–36, Feb. 2019, doi:  
<https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v67i2p207>.