

## Rancang Bangun Zeta Converter untuk Charging Baterai

Puja Ramanda <sup>1\*</sup>, Asnil<sup>1</sup>, Pipit Anggraeni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Bandung  
Jl. Kanayakan No.21, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat

\*e-mail: [pujaramanda506@gmail.com](mailto:pujaramanda506@gmail.com)

(Diajukan: 26 Juni 2024, direvisi: 07 Agustus 2024, disetujui: 26 Oktober 2024, dipublikasikan: 28 Oktober 2024)

### Abstrak

Rancang Bangun *Zeta Converter* Untuk *Charging* Baterai bertujuan untuk merancang dan membangun *Zeta Converter* berbasis Arduino Uno, menghasilkan tegangan keluaran *Zeta Converter* sesuai dengan yang diinginkan, memonitoring serta mengontrol tegangan keluaran *Zeta Converter* dengan *Visual basic*. Kelebihan dari *Zeta Converter* yaitu memiliki *ripple* yang lebih kecil dibandingkan dengan *buck boost* konverter. Pengaturan untuk menghasilkan tegangan output yang diinginkan dengan mengatur besar *duty cycle*. Alat ini dimonitoring menggunakan *Visual basic* untuk mengetahui hasil tegangan output. Dari hasil pengujian konverter Zeta secara *hardware* telah dapat bekerja menurunkan (*buck*) dan menaikkan tegangan (*boost*) dengan baik. Sesuai dengan data dapat dikatakan bahwa konverter Zeta dapat bekerja secara fungsional dengan efisiensi rata – rata 70%.

**Kata Kunci:** *Zeta Converter* , *Batteray Charging*, Arduino Uno

### Abstract

*Design and Construction of Zeta Converter for Battery Charging aims to design and build a zeta converter based on Arduino Uno, produce the desired zeta converter output voltage, monitor and control the zeta converter output voltage with Visual Basic. The advantage of the Zeta converter is that it has a smaller ripple compared to the buck boost converter. Settings to produce the desired output voltage by adjusting the size of the duty cycle. This tool is monitored using Visual Basic to find out the output voltage results. From the results of the Zeta converter hardware testing, it has been able to work to lower (buck) and increase (boost) voltage well. According to the data, it can be said that the Zeta converter can work functionally with an average efficiency of 70%.*

**Keywords:** *Zeta Converter* , *Batteray Charging*, Arduino Uno.

## PENDAHULUAN

Perkembangan zaman terhadap energi semakin meningkat, sehingga ketersediaan energi semakin menurun. Dalam hal ini agar kebutuhan terhadap energi semakin terpenuhi maka menggunakan energi terbarukan [1]. Energi terbarukan atau *Renewable energy* digunakan sebagai pengganti energi fosil. Energi terbarukan ini merupakan sumber energi yang berasal dari alam yang mampu dibuat kembali secara bebas, serta mampu di perbaharui terus menerus dan tak terbatas [2].

Perkembangan teknologi yang menghasilkan suatu sistem pengubah tegangan searah (DC) yaitu konverter DC – DC. Konverter DC – DC mengubah nilai tegangan dan nilai arus keluaran DC tanpa mengubah daya selama proses konversi bentuk energi listrik. Konverter DC – DC dapat mengubah tegangan masukan DC ke dalam bentuk tegangan DC yang lebih rendah maupun lebih tinggi. DC – DC converter memiliki 3 tipe yaitu, *boost converter*, *buck converter*, dan *Buck-Boost converter* [3].

Pada perkembangannya, penerapan DC-DC Converter banyak diaplikasikan pada sumber energi baru dan terbarukan (*renewable energy*) seperti panel surya. Pada umumnya tegangan DC yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan ini bersifat fluktuatif (berubah-ubah) [4]. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah regulator tegangan agar tegangan yang dihasilkan bersifat konstan, salah satunya yaitu dengan menggunakan DC-DC converter tipe *buck converter* [5].

Dalam sebuah sistem kelistrikan, konverter DC DC merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat dibagi dalam beberapa nilai tegangan keluaran berdasarkan perubahan *duty cycle* pada rangkaian kontrol [6]. *Zeta Converter* merupakan bentuk perkembangan dari *buck boost* konverter dengan tegangan keluaran memiliki polaritas yang sama dengan tegangan masukan [7]. *Zeta Converter* dapat bekerja selayaknya *buck-boost konverter* yaitu dapat berfungsi sebagai penaik tegangan juga sebagai penurun tegangan. Terdapat dua kapasitor yang terpasang pada bagian input konverter dan kapasitor *coupling* yang berfungsi sebagai filter sehingga gelombang keluaran *Zeta Converter* dinilai memiliki *ripple* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *buck boost* konverter [8].

Penulis akan merancang alat yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sehingga hasil tegangan output dapat lebih besar maupun tinggi dari tegangan input dan dapat dimonitoring dengan judul “Rancang Bangun *Zeta Converter* Untuk *Charging Baterai*” *Zeta Converter* merupakan pengembangan dari *Buck-Boost converter*. *Zeta Converter* yang digunakan untuk diimplementasikan pada panel surya berfungsi untuk menstabilkan tegangan dengan menaikkan serta menurunkan tegangan sehingga hasil tegangan output bisa lebih besar maupun lebih rendah dari pada tegangan input tanpa menghilangkan daya yang relatif besar. Kelebihan dari *Zeta Converter* yaitu memiliki *ripple* yang lebih kecil dibandingkan dengan *buck boost konverter* [9]. Pengaturan untuk menghasilkan tegangan output yang diinginkan dengan mengatur besar *duty cycle*. Alat ini dimonitoring menggunakan *Visual basic* untuk mengetahui hasil tegangan output.

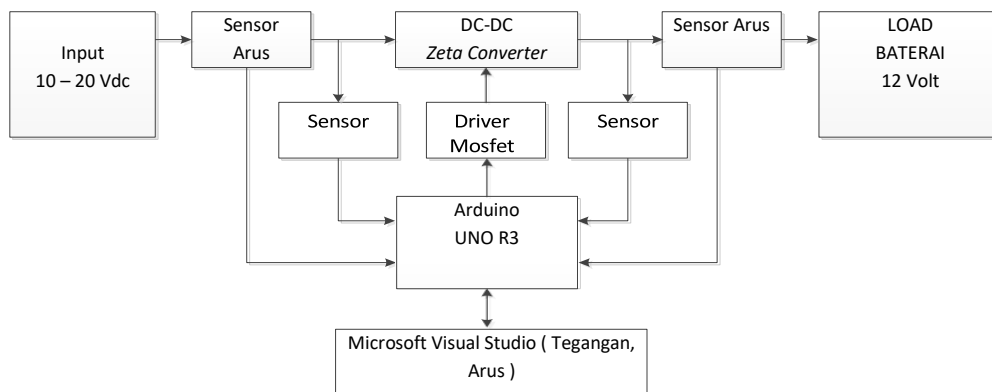
Tujuan merancang *Zeta Converter* untuk *Charging Baterai* adalah dapat merancang dan membangun *Zeta Converter* berbasis Arduino Uno, menghasilkan tegangan keluaran

*Zeta Converter* sesuai dengan yang diinginkan, dan dapat memonitoring serta mengontrol tegangan keluaran *Zeta Converter* dengan *Visual basic*.

## METODE

### Blok Diagram

Perancangan blok diagram (Gambar 1) adalah untuk memberikan gambaran mengenai keseluruhan sistem yang akan dirancang mulai dari bagian yang terdapat pada input, proses pada sistem minimum serta bagian pada outputnya [10].



Gambar 1. Blok Diagram Alat Keseluruhan

### Prinsip Kerja

Pada dasarnya prinsip kerja dari *Zeta Converter* sebagai sistem *Charging* dapat dijelaskan pada diagram blok diatas. Penggunaan *power supply* menghasilkan tegangan variabel 10 – 20 Vdc sebagai input *Zeta Converter*, namun untuk melakukan proses *Charging* pada sebuah baterai 12 Vdc dibutuhkan tegangan yang konstan pada 14.5 Vdc [11]. *Zeta Converter* digunakan sebagai penurun dan penaik tegangan input. Tegangan keluaran *Zeta Converter* dapat diatur berdasarkan *duty cycle* yang diproses melalui Arduino UNO R3 sebagai pengatur besaran PWM yang akan disalurkan menuju *gate driver* sebagai saklar daya mosfet [12].

Penggunaan sensor bertujuan untuk mengetahui input/output *Zeta Converter*, tegangan baterai dan juga sebagai input Arduino berupa ADC (*Analog to Digital Converter*) [13]. ADC digunakan sebagai nilai yang akan di proses arduino untuk membaca nilai sensor, dan pada *Zeta Converter* nilai ADC sensor tegangan output akan di proses oleh Arduino berdasarkan metode kontrol *duty cycle* untuk mempertahankan set point agar diperoleh kestabilan tegangan yang disalurkan ke baterai saat melakukan proses *Charging* [14]. Data pembacaan terhadap sensor yang digunakan akan di proses oleh sistem minimum dengan komunikasi serial data antara arduino dengan *visual basic* berupa tampilan pada layar monitor berupa tampilan grafik tegangan dan arus pada input output *Zeta Converter* [15].

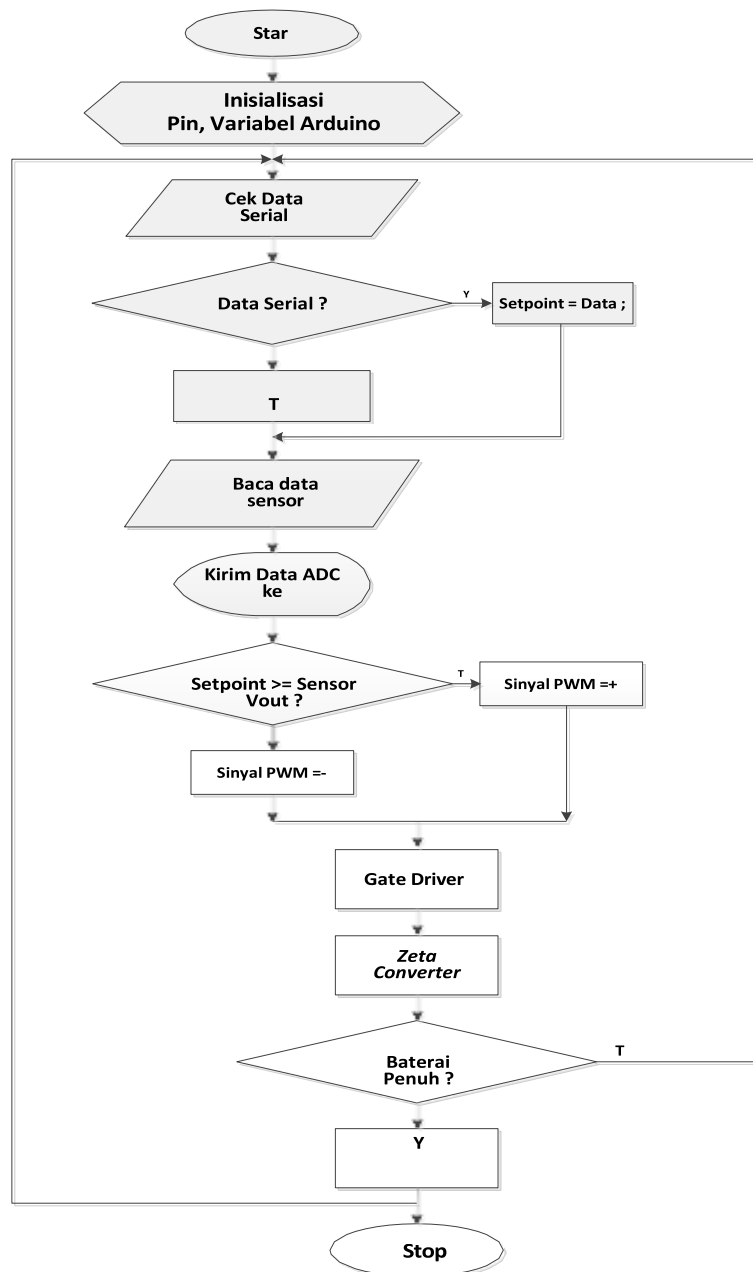
### Perancangan User Interface (Visual basic)

Perancangan *Software* disini bertujuan untuk *interfacing* antara manusia dengan alat [16]. *Software* yang digunakan adalah VB. NET. Pada tugas akhir ini, *visual basic* dimanfaatkan sebagai *Graphical User Interface (GUI)* dengan tampilan pada layar monitor berupa monitoring tegangan dan arus pada perancangan system berdasarkan data

sensor yang diterima arduinouno dengan melakukan komunikasi serial data antara arduino uno dengan *visual basic* untuk memberikan informasi tentang status dari waktu ke waktu.

### Diagram Alir (Flowchart) Pemograman Mikrokontroler

Flowchart pemograman *Zeta Converter* pada mikrokontroler dengan menggunakan Arduino Uno IDE dapat dilihat pada Gambar 2.



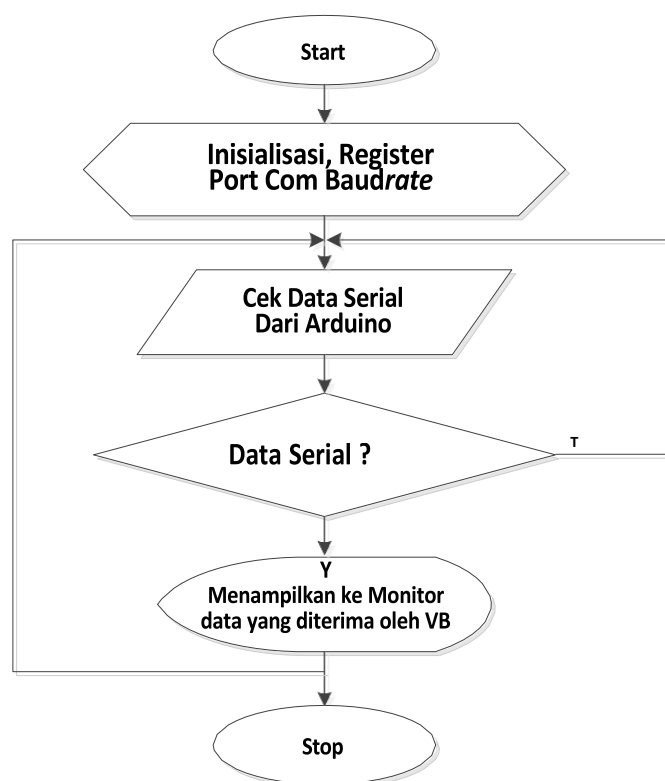
Gambar 2. Diagram Alir System Zeta Converter

Berdasarkan Gambar 2 terdapat langkah-langkah pembuatan pemograman *Zeta Converter* pada mikrokontroler dengan menggunakan Arduino Uno IDE. Pada tahap pertama terdapat Inisialisasi yang merupakan proses pemberian nilai awal kepada suatu variabel atau objek sebelum digunakan dalam program. Lalu mengecek data serial merupakan keterampilan penting dalam pengerjaan mikrokontroler atau perangkat elektronik lainnya. Jika data sudah data akan set point sehingga nilai target atau tujuan yang ingin dicapai oleh suatu sistem kontrol. Jika tidak maka akan dilakukan pengecekan

data sensor dan dikirim ke data ADC. Data akan di Vout yang merujuk pada tegangan output dari suatu sensor atau perangkat elektronik. Ini adalah tegangan yang dihasilkan oleh sensor atau perangkat sebagai respon terhadap input fisik atau sinyal yang diterima. PWM atau *Pulse Width Modulation* adalah teknik modulasi yang digunakan untuk mengontrol daya yang diberikan ke suatu beban dengan cara mengubah lebar pulsa dari sebuah sinyal digital. Rangkaian *gate driver* MOSFET berperan menjembatani rangkaian mikrokontroler Arduino Uno dengan rangkaian *Zeta Converter* dengan tujuan menaikkan level tegangan mikrokontroler, sehingga dapat menggerakkan (*driving*) MOSFET [17].

### Diagram Alir (flowchart) Pemograman Visual basic

Flowchart pemograman Visual basic dari proyek akhir yang dibuat seperti pada flowchart Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alur Sistem Visual basic

Berdasarkan gambar 3 terdapat Inisialisasi Register, *Port COM*, dan *Baud Rate* yang merupakan Konsep Dasar Komunikasi Serial dan dilakukan pengecekan data serial dari Arduino dan dapat ditampilkan pada *Software* yang digunakan, yaitu Visual Basic.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Rangkaian Power Supply Tegangan DC

Pengujian rangkaian *power supply* dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital multimeter. Pengukuran yang dilakukan pada rangkaian *power supply* adalah pada keluaran 9 Volt dan 12 Volt. Pada pengukuran gelombang dalam pengujian rangkaian ini menggunakan *oscilloscope* untuk mendapatkan gelombang dilakukan pengukuran pada rangkaian di *power supply*.

### Pengujian Sensor Arus

Salah satu komponen penting dalam alat *monitoring Zeta Converter* ini adalah sensor arus. Oleh karena itu pengujian sensor arus yang digunakan dalam alat ukur ini sangat diperlukan untuk mendapatkan nilai arus yang akurat [6]. Sensor arus yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah ACS712 dengan maksimal arus sebesar 5 A. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil pengukuran antara sensor arus ACS712 dan alat pengukuran yang sudah terkalibrasi (Multimeter SANWA).

Nilai pengukuran pada sensor ACS712 sudah mendekati nilai pada multimeter SANWA, dengan nilai *error* sebesar 5,18%. Sehingga dapat disimpulkan sensor arus yang digunakan pada alat *monitoring* ini bisa dikatakan dapat bekerja dengan baik.

### Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan juga memiliki peranan penting dalam mendeteksi nilai tegangan baterai. Sensor tegangan ini nantinya akan membaca nilai tegangan baterai saat proses pengisian [18]. Pengujian sensor tegangan ini dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan dengan nilai tegangan yang terbaca oleh alat ukur yang sudah terkalibrasi (Multimeter SANWA), dengan menggunakan catu daya sebagai sumber tegangan pengujian [19].

Dari hasil pengujian juga didapatkan nilai tegangan yang dibaca oleh sensor tegangan sudah mendekati nilai tegangan yang terukur oleh multimeter SANWA. Rata-rata nilai *error* sebesar 1,43 %, Sehingga dapat dikatakan sensor tegangan yang digunakan dalam sistem *monitoring* SOC ini sudah akurat.

### Pengujian Mikrokontroler ATmega328 Pembangkit PWM

Pengujian mikrokontroler ATmega328 arduino dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian sudah bekerja dengan baik [20]. Rangkaian mikrokontroler ATmega328 pada tugas akhir ini digunakan sebagai penghasil dan pengatur sinyal PWM yang nantinya akan dibangkitkan menuju *gate driver* sebagai pensaklaran mosfet pada rangkaian *Zeta Converter*.

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gelombang sinyal PWM dihasilkan mikrokontroler Arduino Uno dengan pengaturan lebar pulsa PWM tersebut diatur oleh program pada Arduino dan PIN 9 sebagai keluaran dari sinyal PWM tersebut. Pengujian menggunakan osiloskop dilakukan di pin pembangkit PWM yang dibangkitkan oleh pin *mikrokontroler*. Pengujian PWM dengan mengatur *duty cycle* sebesar 0, 20, 40, 60, 80, 100% dengan sinyal frekuensi 20 kHz yang berarti pengujian tersebut sesuai dengan yang diinginkan.

### Pengujian Rangkaian Driver Mosfet

Rangkaian *Gate driver* pada alat ini digunakan sebagai penguat sinyal PWM menjadi 12 volt dengan sumber sinyal Arduino Uno sebesar 5 Volt. Pengujian rangkaian *gate driver* ini dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian *gate drive* dengan *supply* sebesar 12 volt. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* dengan *probe oscilloscope* dihubungkan ke kaki 6 TLP 250 dan *ground clip oscilloscope* dihubungkan ke kaki 5 TLP250.

### Pengujian Zeta Converter

Pengujian *Zeta Converter* bertujuan untuk mendapatkan data fungsi konverter pada setiap *duty cycle* [9]. Percobaan *Zeta Converter* dilakukan dengan menambahkan beban

tahanan sebesar  $20\ \Omega$ . Sumber tegangan yang digunakan adalah *power supply* dengan tegangan masukan 14 Volt.

### Pengujian Zeta Converter dengan Beban Baterai

Pengujian integrasi selanjutnya adalah pengujian *Zeta Converter* dengan beban baterai untuk dilakukan pengisian atau pengecasan. Pengujian disini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu pengisian untuk baterai dengan kapasitas 12 V 3,5 AH Metode pengisian baterai yang digunakan yaitu Constant Voltage, tegangan pengisiannya selalu konstan yaitu 14.0V. Sumber Pengisian menggunakan *power supply* 3A.

Rangkaian mendapat masukan tegangan arus searah (DC) 12Vdc yang masuk ke modul *Zeta Converter* kemudian dihubungkan ke baterai untuk pengisian hingga menuju tegangan cut off 12,89 Volt.

$V_{in}$  : Tegangan Masukan (V)

$P_{in}$  : Daya Masukan (W)

$V_{out}$  : Tegangan Keluaran (V)

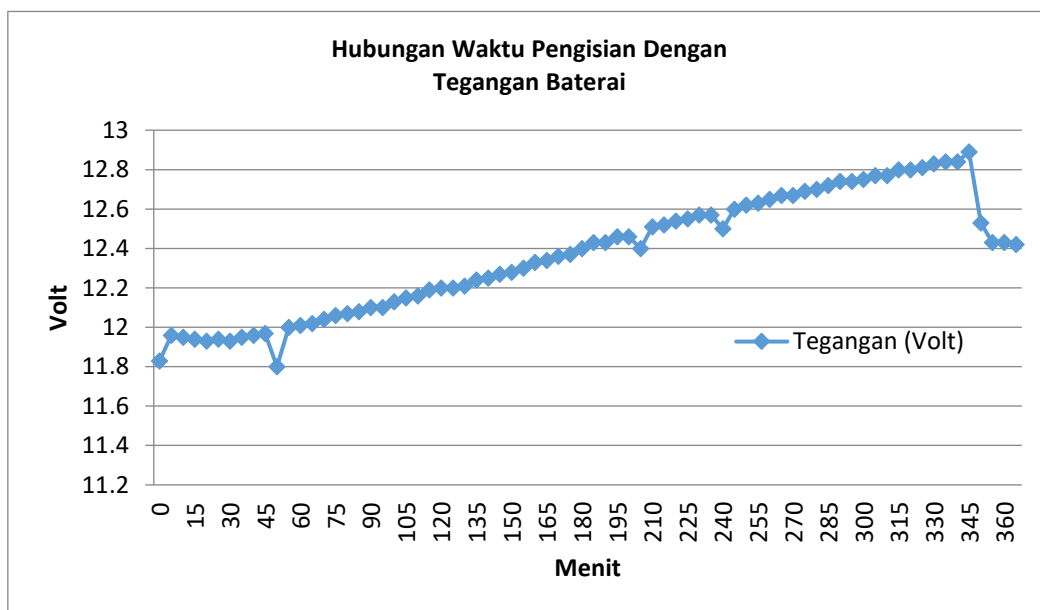
$P_{out}$  : Daya Keluaran (W)

$I_{in}$  : Arus Masukan (I) :

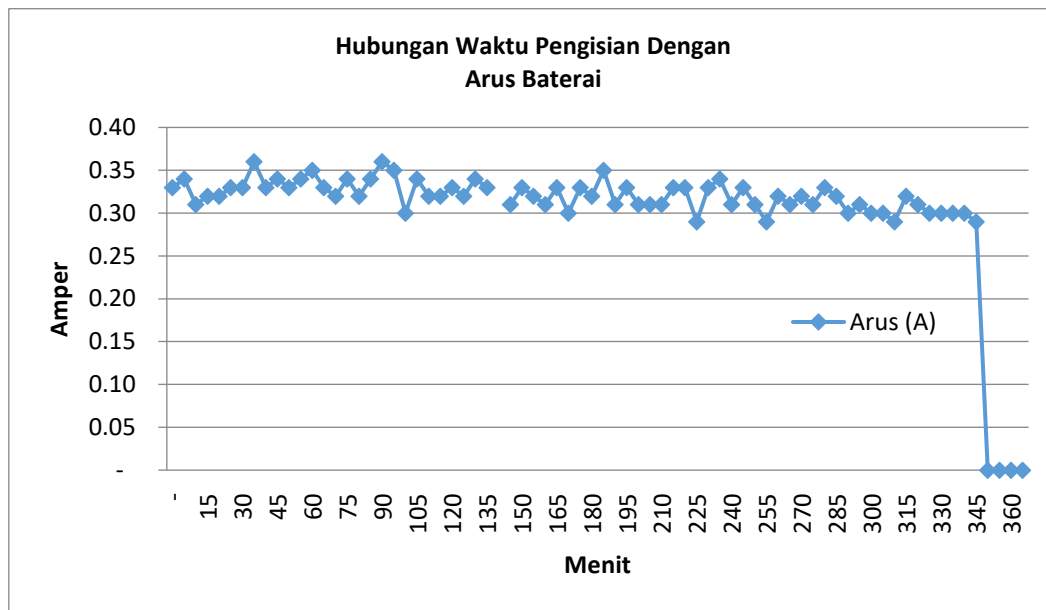
Eff : Efisiensi (%)

$I_{out}$  : Arus Keluaran (I)

Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4 untuk kondisi tegangan baterai, dan Gambar 5 untuk kondisi arus baterai.



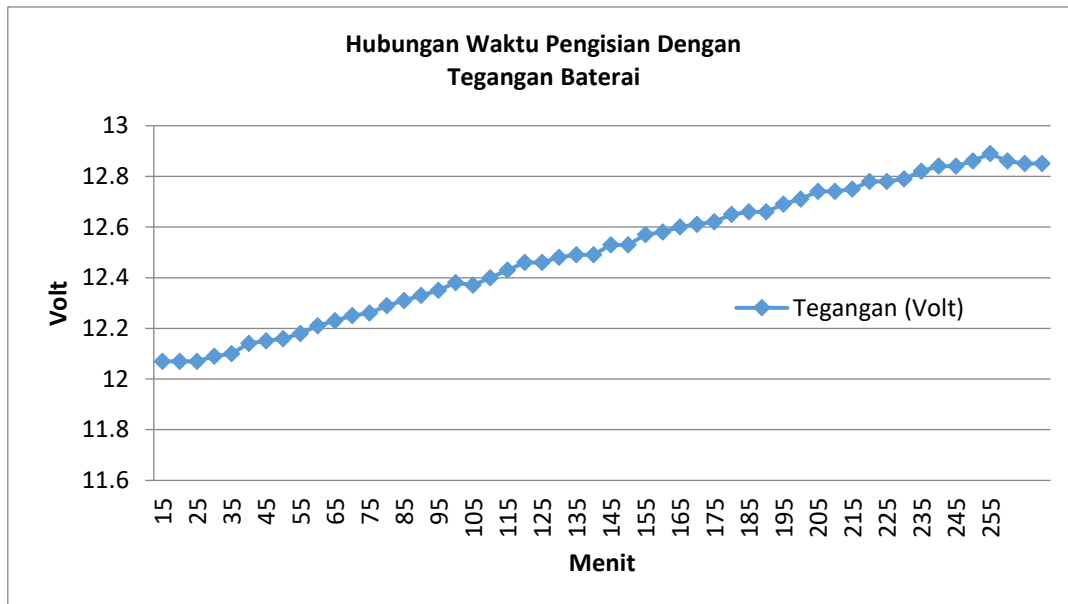
Gambar 4. Grafik hubungan waktu dengan tegangan pengisian baterai saat  $V_{in}=12$  Volt



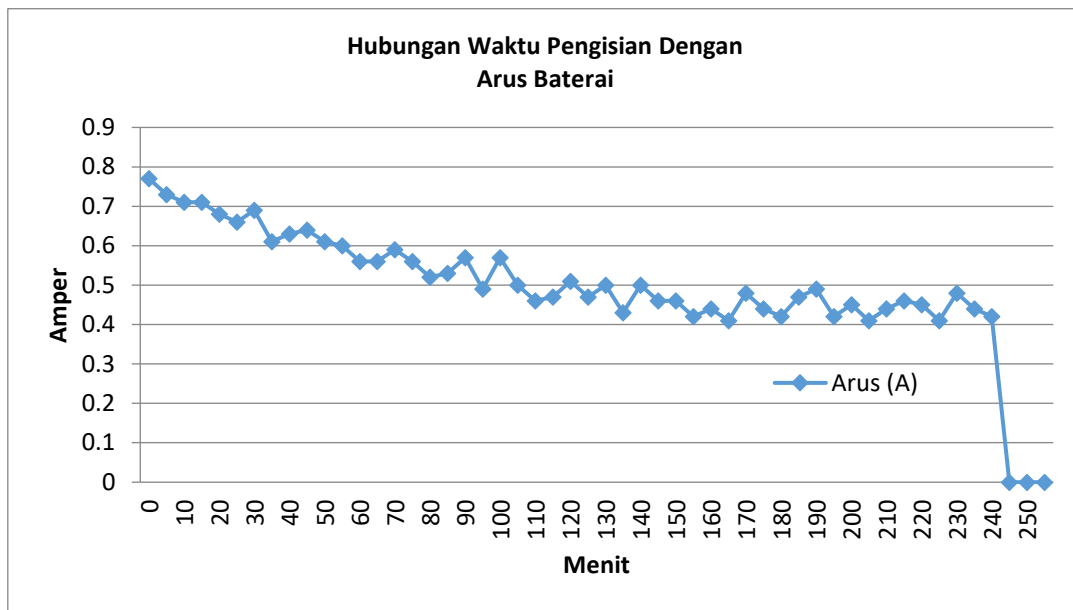
Gambar 5. Grafik hubungan waktu dengan arus pengisian baterai saat  $V_{in}=12$  Volt

Waktu pengisian dimulai pada menit 0 dan selesai menit 360. Pada menit 0 tegangan baterai sebesar 11,83 V dan pada menit 360 sebesar 12,89 V. Sedangkan arus pengisian baterai pada menit 0 arus baterai sebesar 0.33 A dan pada menit 360 sebesar 0.29A.

Selanjutnya dilakukan pengujian *Zeta Converter* untuk pengisian baterai dengan tegangan  $V_{in} = 14$  Volt dan Setpoint Cut-Off 12,89 Volt. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6 untuk kondisi tegangan baterai, dan Gambar 7 untuk kondisi arus baterai.



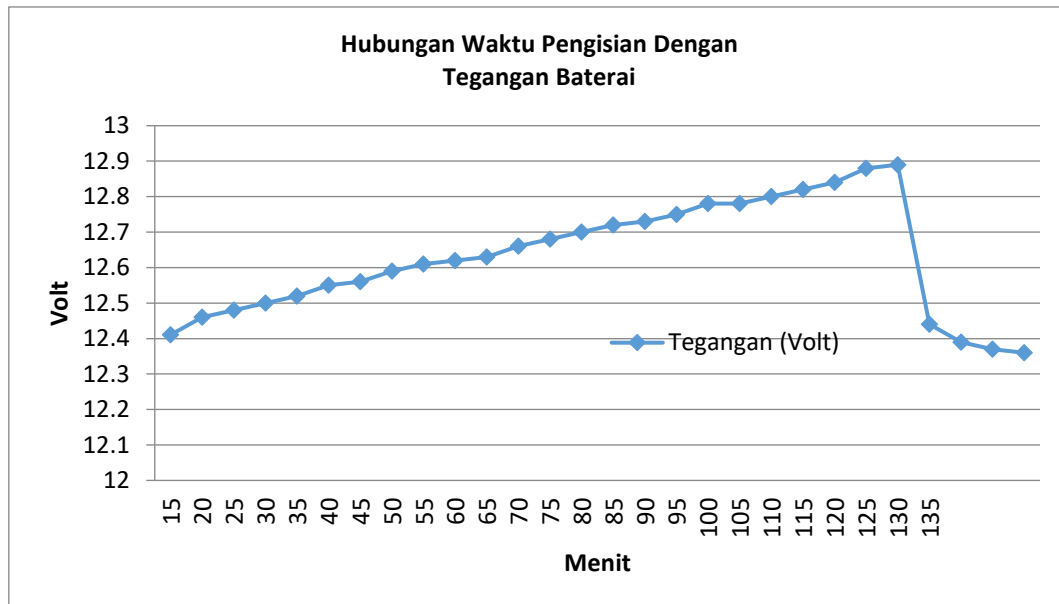
Gambar 6. Grafik hubungan waktu dengan tegangan pengisian baterai saat  $V_{in}= 14$  Volt



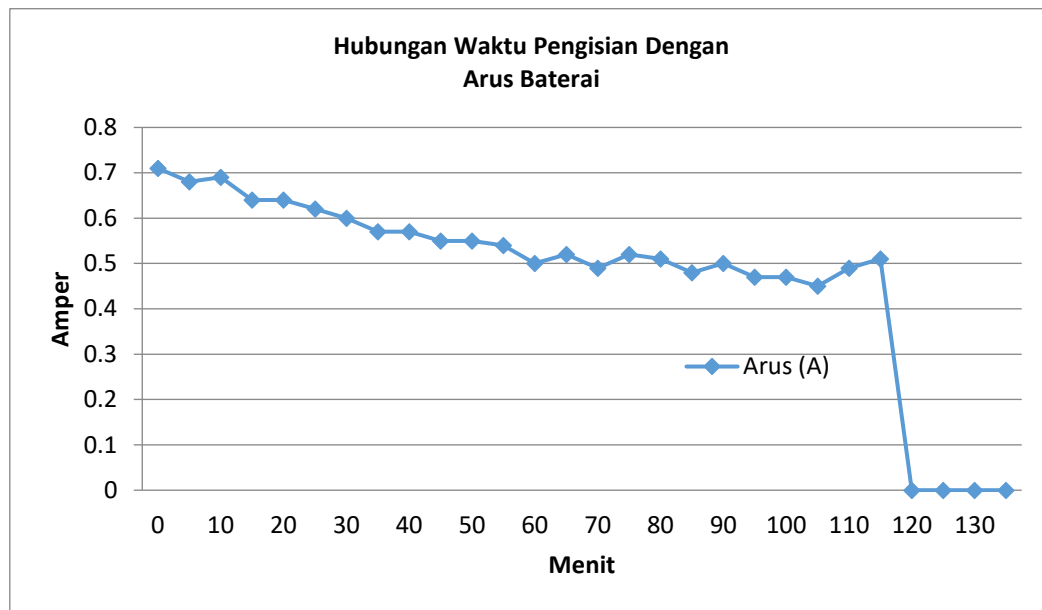
Gambar 7. Grafik hubungan waktu dengan arus pengisian baterai saat  $V_{in}=14$  Volt

Waktu pengisian dimulai pada menit 0 dan selesai menit 240. Pada menit 0 tegangan baterai sebesar 12.07 V dan pada menit 240 sebesar 12,89 V. Sedangkan arus pengisian baterai pada menit 0 arus baterai sebesar 0.77 A dan pada menit 240 sebesar 0.42A.

Selanjutnya dilakukan pengujian *Zeta Converter* untuk pengisian baterai dengan tegangan  $V_{in} = 16$  Volt dan Setpoint Cut-Off 12,89 Volt. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8 untuk kondisi tegangan baterai, dan Gambar 9 untuk kondisi arus baterai.



Gambar 8. Grafik hubungan waktu dengan tegangan pengisian baterai saat  $V_{in}=16$  Volt



Gambar 9. Grafik hubungan waktu dengan arus pengisian baterai saat  $V_{in}=16$  Volt

Berdasarkan semua grafik hubungan antara waktu pengisian dengan tegangan baterai, dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa waktu pengisian dengan tegangan baterai berbanding lurus, semakin naik waktu maka tegangan baterai juga semakin naik. Sedangkan grafik hubungan antara waktu pengisian dengan arus baterai, dapat dinalaisa dan disimpulkan dan disimpulkan dan disimpulkan bahwa waktu pengisian dengan arus baterai berbanding terbalik, semakin naik waktu arus baterai semakin turun.

Hasil pengisian *accu* pada tegangan 12 V dan 3 A dimana dengan menaikkan tegangan masukan *Zeta Converter* maka meningkat juga arus pengisian yang dihasilkan.

Setelah tegangan pengisian mencapai hasil maksimum yaitu 12.89V, maka pengisian baterai dihentikan. Kriteria bahwa *accu* telah terisi penuh dalam proses pengisian yaitu ditandai dengan arus pengisian terukur 0 A.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengamatan uji coba alat, pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *zeta converter* telah berhasil dibuat dan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dari tegangan masukan dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari rangkaian kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). Dari hasil pengujian konverter *Zeta* secara *hardware* telah dapat bekerja menurunkan (*buck*) dan menaikkan tegangan (*boost*) dengan baik. Sesuai dengan data dapat dikatakan bahwa konverter *Zeta* dapat bekerja secara fungsional dengan efisiensi rata – rata 70 %. Sehingga penelitian ini bermanfaat untuk mengatasi daya hilang dengan menstabilkan tegangan menggunakan *Zeta Converter*, mengatasi kekurangan serta kelebihan tegangan yang akan disalurkan pada beban dan memonitoring serta mengontrol tegangan yang diinginkan.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk dapat dilakukan implementasi sistem pada *hardware* (alat) agar didapatkan hasil yang real pada keluaran photovoltaik. Pada pemilihan Induktor, sebaiknya induktor yang digunakan adalah induktor jenis transformer karena dapat menahan arus yang besar sehingga dapat mengurangi adanya drop tegangan.

## REFERENSI

- [1] N. Satria, “Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Emergency Lamp dan Powerbank,” vol. 1, pp. 1–40, 2021.
- [2] F. Adzikri, D. Notosudjono, and D. Suhendi, “Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia,” *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2017.
- [3] A. S. R. D. H. T. N. Nugraha Triokta Putra, “Rancang Bangun Sistem Buck DC-DC Converter Sebagai Sistem Transmisi Energi pada K-POWERS Berbasis PWM Mikrokontroler Arduino Nano328P,” 2019.
- [4] A. C. Utama, “Analisa Perbandingan Daya Output Plts Menggunakan Pantulan Cahaya Kaca Cermin Dan Cahaya Matahari Langsung,” *Medan Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara*, no. November 2017, pp. 1–11, 2019.
- [5] A. Asnil, “Kendali Tegangan Keluaran Buck Konverter Menggunakan Kontroller LQG/LTR,” 2016.
- [6] L. pradigta setiya Raharja, R. P. Eviningsih, I. Ferdiansyah, and D. S. Yanaratri, “Perancangan Dan Implementasi DC-DC Bidirectional Converter Dengan Sumber Energi Listrik Dari Panel Surya Dan Baterai Untuk Pemenuhan Kebutuhan Daya Listrik Beban,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 7, no. 2, pp. 111–118, 2019.
- [7] N. A. Adistia, R. A. Nurdiansyah, J. Fariko, V. Vincent, and J. W. Simatupang, “POTENSI ENERGI PANAS BUMI, ANGIN, DAN BIOMASSA MENJADI ENERGI LISTRIK DI INDONESIA,” 2020.
- [8] A. P. Nandiwardhana, H. Suryoatmojo, and M. Ashari, “Perancangan Zeta Converter yang dilengkapi Power Factor Correction pada Aplikasi Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [9] F. Hameed and K. Iqbal, “ZETA Converter based charge controller for efficient use of solar energy in street lighting system,” *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 5, 2016.
- [10] A. Pradipta, “Perancangan Dan Implementasi Konverter Zeta Dengan Induktor Gandeng Dan Kapasitor Pengali Untuk Aplikasi Fotovoltaik,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2016.
- [11] M. E. Nurlana, A. Murnomo, and I. A. Abstrak, “Pembuatan Power Supply dengan Tegangan Keluaran Variabel Menggunakan Keypad Berbasis Arduino Uno,” *J. Tek.*, vol. 8, no. 2, pp. 53–59, 2019.
- [12] O. R. A. Rahmawan, I. Winarno, and D. Rahmatullah, “RANCANG BANGUN DAN MONITORING ZETA CONVERTER SEBAGAI PENSTABIL TEGANGAN DENGAN METODE HILL CLIMBING BERBASIS INTERNET OF THING (IOT),” 2019.
- [13] A. Karyadi, T. Andromeda, and Y. Christyono, “Perancangan Dual Input Konverter Arus Searah Tipe Zeta Berbasis Microcontroller Arduino,” *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 965, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.965-970.
- [14] H. Indra and R. Mosey, “Simulation and Construction of a Battery Charging Controller System for Solar Power Plants,” *J. Ilm. Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 30–34, 2016.
- [15] R. Alfita, K. Joni, and F. D. Darmawan, “Design of Monitoring Battery Solar Power Plant and Load Control System based Internet of Things,” *Teknik*, vol. 42, no. 1, pp. 35–44, 2021.
- [16] M. K. Rifa’i and B. A. kawanty, “DESAIN RANGKAIAN BUCK-BOOST CONVERTER PADA SISTEM CHARGING LAMPU PENERANGAN LINGKUNGAN PONDOK PESANTREN DI KOTA MALANG,” 2016.

- [17] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. R. Hastijanti, “PENGARUH PERUBAHAN INTENSITAS MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SURYA,” 2016.
- [18] R. Singh, R. S. Sarban Singh, A. Abdal-Kadhim, S. L. Kok, and Leong, “Implementation of wireless monitoring system for analyzing solar photovoltaic panel,” 2018.
- [19] H. Asy and D. Adi, “Pengisian Baterai Menggunakan Converter Pada Sistem Energi Surya,” *Edu Elektr. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 91–95, 2019.
- [20] H. B. Utomo and M. Ilham, “Analisa Sistem Proteksi Rele Differensial Pada Trafo 60Mva Di Gardu Induk Bandung Utara Menggunakan *Software* Etap 12.6.,” *J. Politek. Negeri Bandung*, vol. 12, pp. 243–249, 2021.