

IMPLEMENTASI MODIFIKASI BOOST KONVERTER DC-DC TOPOLOGI SEPIC PADA PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DILENGKAPI SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DI BANDAR UDARA TANJUNG REDEP KALIMARAU BERAU

Ulfiana Dyah Pramesti^{1*}, Yudhis Tiro Kabul Yunior², Gunawan Sakti³
Corresponding Author: ulfidyah30@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Pembangkit Listrik tenaga surya, monitoring arus dan tegangan, konverter DC-DC topologi SEPIC

ABSTRAK

Perancangan sistem monitoring PLTS yang terhubung pada beban, diperlukan beberapa komponen salah satunya konverter DC-DC. Konverter ini digunakan untuk meningkatkan tegangan keluaran panel surya. Penggunaan konverter DC-DC membutuhkan peningkatan tegangan keluaran *photovoltaic* yang tinggi dan memperoleh efisiensi konversi yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada boost konverter konvensional. Modifikasi dilakukan dengan penambahan diode dan kapasitor sebagai rangkaian pengganda tegangan. Hasil dari modifikasi dapat menaikkan tegangan 8 kali tegangan masukan.

Modifikasi *boost* konverter DC-DC Topologi SEPIC diimplementasikan di Bandar Udara Tanjung Redep Kalimantan Berau. Pada bandara tersebut memiliki PLTS berkapasitas 540 KWP. Monitoring yang dilakukan pada PLTS bandara ini masih dilakukan secara manual yaitu dengan melihat *display* monitor yang terletak pada inverternya. Hal ini membutuhkan beberapa waktu untuk melihatnya. Oleh karena itu penerapan monitoring dan modifikasi boost konverter DC-DC topologi SEPIC mempermudah dalam pemantauan PLTS dan dapat memaksimalkan *gain* yang tinggi sebelum masuk pada konverter.

PENDAHULUAN

Seiring kenaikan jumlah penduduk, penggunaan energi listrik juga semakin meningkat. Namun bertolak belakang dengan ketersediaan energi fosil atau energi tidak terbarukan yang menjadi sumber energi utama. Keterbatasan tersedianya penggunaan energi tidak terbarukan mengakibatkan pasokan energi semakin berkurang. Pembangkit listrik tenaga surya menjadi salah satu sumber alternatif yang dapat digunakan. Panel surya pada pembangkit listrik tenaga surya berfungsi sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pemasangan PLTS memerlukan beberapa komponen salah satunya Boost Konverter. Boost converter pada PLTS digunakan sebagai peningkatan efisiensi. Penggunaan konverter ini diharapkan memiliki Untuk mencapai tegangan keluaran yang lebih tinggi, dibutuhkan gain yang besar. Konverter DC-DC konvensional seperti konverter boost memiliki gain tegangan yang relatif rendah. Misalnya, dengan duty cycle sebesar 0,8182, konverter boost hanya dapat meningkatkan tegangan keluaran hingga 5 kali lipat dari tegangan masukan, yang masih tergolong standar. Untuk mencapai gain yang tinggi, diperlukan tegangan keluaran yang mampu mencapai 10 kali lipat dari tegangan masukan (Gules, Roger, 2014).

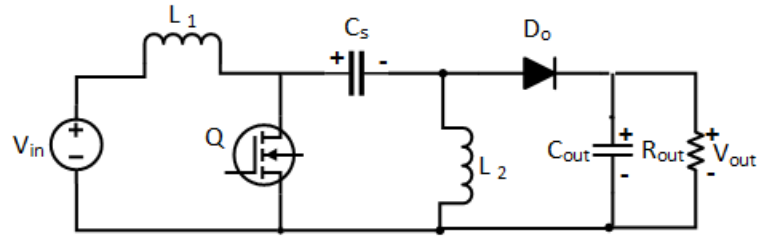
Modifikasi *boost* konverter DC-DC Topologi SEPIC diimplementasikan di Bandar Udara Tanjung Redep Kalimantan Berau. Pada bandara tersebut memiliki PLTS berkapasitas 540 KWP. Monitoring yang dilakukan pada PLTS bandara ini masih dilakukan secara manual yaitu dengan melihat *display* monitor yang terletak pada inverternya. Adanya monitoring ini diharapkan mempermudah teknisi dalam pemantauan keluaran arus dan tegangan PLTS yang bisa dilakukan dimana saja. Namun pada tahapan ini penulis menambahkan boost konverter yang bertujuan untuk membantu memaksimalkan efisiensi dari PLTS tersebut sebelum masuk ke inverter.

TINJAUAN PUSTAKA

Panel surya adalah komponen utama dalam sistem PLTS yang berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik (Ramadani, 2018). Modul surya terdiri atas beberapa sel surya, sementara panel surya merupakan kumpulan dari sejumlah modul surya. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua faktor fisik, yaitu intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel surya berbanding lurus dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkannya. Namun, jika suhu lingkungan meningkat dengan intensitas radiasi matahari yang tetap, tegangan pada panel surya akan menurun, sedangkan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah.

Konverter DC-DC Topologi SEPIC Konvensional

Konverter DC-DC topologi SEPIC konvensional adalah konverter yang berfungsi untuk menaik atau penurun tegangan. Komponen konverter ini meliputi, induktor, Saklar semikonduktor, diode, kapasitor, dan beban (R) (Indra Dilianto, 2018).



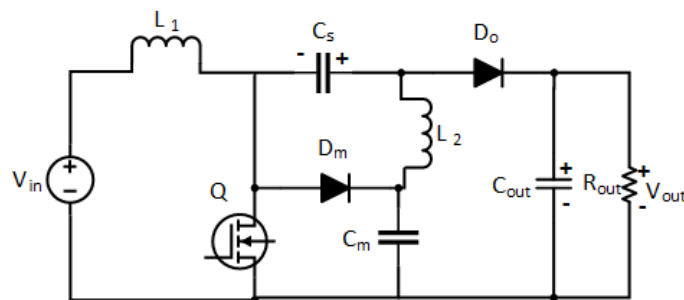
Gambar 1. Rangkaian Konverter DC-DC Topologi SEPIC Konvensional

Dalam operasi rangkaian ini, ketika saklar Q tertutup, arus mengalir melalui induktor L1 yang kemudian menyebabkan penumpukan energi dalam bentuk medan magnet. Ketika saklar Q terbuka, energi yang tersimpan di L1 diteruskan melalui dioda D_s ke induktor L2, yang kemudian disalurkan ke beban R_{out} melalui kapasitor C_{out}. Dioda D_s berfungsi untuk mencegah arus balik yang dapat merusak komponen lain dalam rangkaian.

Pada rangkaian ini mengalami kenaikan tegangan yang rendah hal ini diakibatkan ketika melakukan *switching*, ada kerugian daya terkait *switching* on-off. Jika frekuensi *switching* terlalu tinggi atau terlalu rendah, efisiensi konverter dapat menurun, mengakibatkan tegangan output yang lebih rendah. Selain itu keluaran energi dalam bentuk panas pada resistansi yang cukup tinggi juga mengakibatkan tegangan keluaran rendah.

Modifikasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC

Modifikasi konverter Topologi SEPIC adalah varian dari konverter topologi SEPIC konvensional yang mengalami modifikasi pada strukturnya sehingga menghasilkan peningkatan tegangan keluaran dibandingkan dengan topologi SEPIC standar. Modifikasi dilakukan dengan penambahan dua komponen baru, yaitu dioda D_m dan kapasitor C_m. Perubahan pada struktur rangkaian menyebabkan terjadinya perubahan dalam mode operasionalnya (Gules, A Modified Sepic Converter with Hight Static Gain, 2014)



Gambar 2. Rangkaian Modifikasi Boost Konverter Topologi SEPIC

Pada penelitian ini menentukan nilai tegangan keluaran 120V dan menentukan *duty cycle* pada tegangan input 12V.

$$M = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{120}{12} \quad (1)$$

$$= 10$$

maka besar nilai *duty cycle* adalah:

$$D = \frac{V_{out} - V_{in}}{V_{out} + V_{in}} \quad (2)$$

$$= \frac{120 - 12}{120 + 12}$$

$$= 0,8182$$

Modifikasi dilakukan dengan pengujian dari beberapa komponen Tabel 1.1, diharapkan dengan penggunaan komponen tersebut dapat menaikkan tegangan 10 kali dari pada tegangan awal dengan *duty cycle* 82,35%.

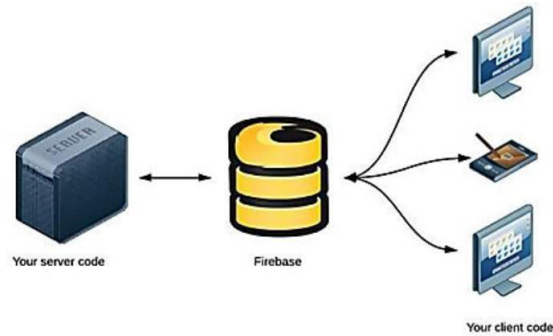
Tabel 1. Komponen Modifikasi Boost Konverter Topologi SEPIC

Komponen	Nilai
Tegangan sumber DC PV	12V
Mikrokontroler	Arduino UNO
MOSFET	STP75NF75 (1 buah)
Baterai	12V 9Ah (1 buah)
Dioda D_m dan D_o	MUR1660 CT (2 buah)
Kapasitor C_{out}	Polar 50uF 800V
Kapasitor C_m	Non Polar 2 uF 400V
Kapasitor C_m	Non Polar 2 uF 400V
Induktor L_1	1,503 mH
Induktor L_2	1,495 mH
Beban lampu DC	1 buah 20 watt
Frekuensi penSaklaran	33 kHz
Inti induktor	TDK-B66335
Tegangan keluaran	120V
<i>Duty cycle</i>	82,35 %
Sensor Tegangan	2 buah
Sensor arus	INA219 2 buah

Firestore

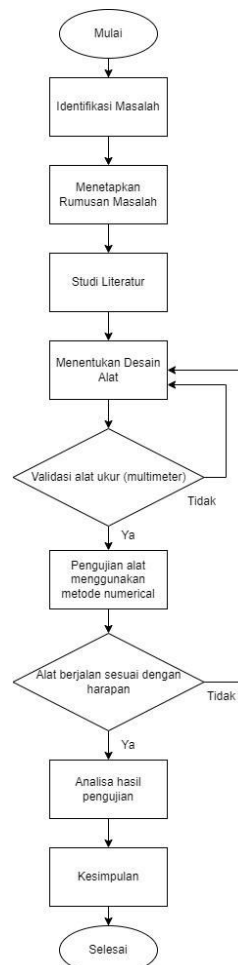
Firestore menyediakan layanan *real-time database* dan *back-end*, memungkinkan pengembang untuk membuat API yang dapat disinkronkan dengan berbagai klien dan disimpan di *cloud Firestore*. *Firestore* memiliki banyak pustaka yang memungkinkan integrasi layanan dengan *Android*, *iOS*, *JavaScript*, *Java*, *Objective-C*, dan *Node.js*. Gambar

2 menunjukkan bahwa *database Firebase* juga dapat dibuka melalui REST API, yang menggunakan protokol *Server-Sent Events* untuk membuat koneksi HTTP dan menerima *push notification* dari server. Pengembang dapat menggunakan REST API untuk mengirim data, yang kemudian diambil secara real-time oleh pustaka klien *Firebase* yang telah diterapkan pada aplikasi yang telah dibangun dan dapat diakses baik melalui *smartphone* maupun PC.



Gambar 2. Firebase

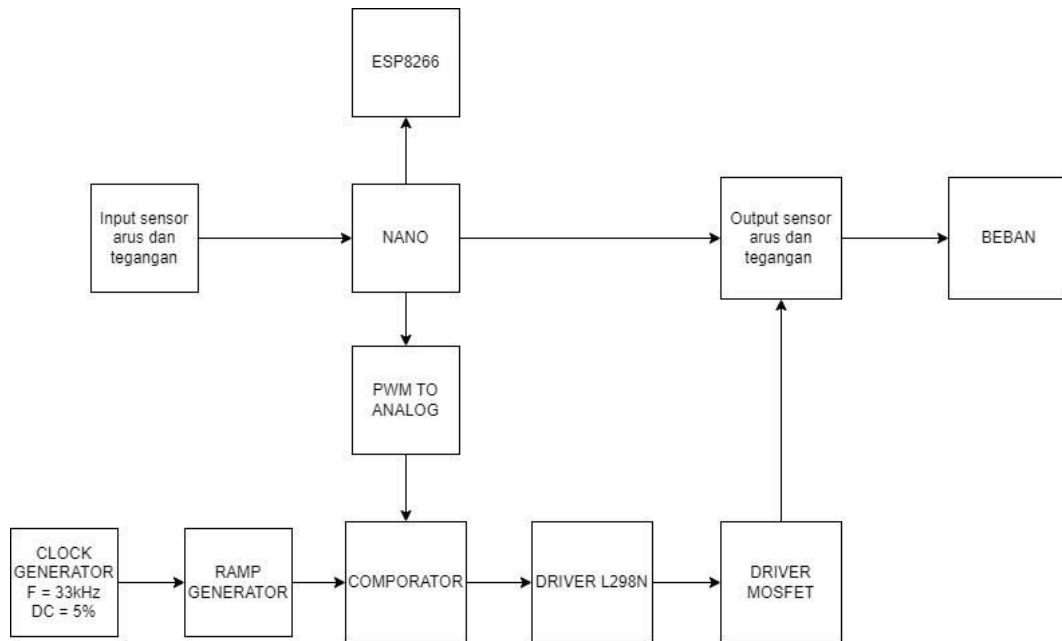
METODOLOGI Desain Penelitian



Gambar 3. Flochart Penelitian

Metode pelaksanaan dalam penelitian alat ini memiliki beberapa langkah, sebagai berikut:

- A. Langkah 1: Mengidentifikasi Masalah
Dalam langkah ini, penulis menganalisis dan mengidentifikasi masalah dalam penelitian yang akan dilakukan. Pada saat ini mencari sumber energi alternatif sebagai pemenuhan kebutuhan Listrik.
- B. Langkah 2: Menetapkan Rumusan Permasalahan
Pada langkah ini, penulis menetapkan rumusan masalah dengan memodifikasi boost konverter DC-DC topologi SEPIC yang diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga surya dengan arus dan tegangannya dapat dimonitoring melalui thinger.io sebagai platform Iot yang nanti berbentuk web sehingga dapat diakses pada smartphone.
- C. Langkah 3: Studi Literatur
Setelah inti permasalahan ditetapkan, penulis mulai mencari referensi dari berbagai sumber sebagai dasar penelitian untuk membuatnya lebih komprehensif.
- D. Langkah 4: Menentukan Desain Alat
Menentukan desain alat yang akan dibuat dan mencari komponen serta bahan yang diperlukan.
- E. Langkah 5: Validasi alat ukur Multimeter
Pengukuran validasi alat ukur multimeter bertujuan untuk mengetahui valid atau tidaknya multimeter yang digunakan sehingga dapat digunakan pada pengukuran selanjutnya,
- F. Pengujian Alat dengan Metode *Numerik*
Pengujian alat dilakukan dengan metode numerik yaitu dengan membandingkan hasil modifikasi dengan hasil dari referensi apakah telah mencapai hipotesis. Jika belum maka merancang ulang desain penelitian.
- G. Validasi Eksperimen Alat
Validasi alat dilakukan dengan cara mengukur hasil eksperimen alat dan membandingkan dengan alat standarnya atau apakah alat tersebut telah menjawab hipotesis.
- H. Langkah 6: Hasil Analisis Hasil Pengujian
Pada langkah ini, penulis akan mendapatkan data dari hasil pengujian alat yang dapat diolah untuk membuat kesimpulan. Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan arus dan tegangan sebelum dan sesudah masuk modifikasi boost konverter. Selain itu dilakukan analisis efisiensi dari alat tersebut.
- I. Langkah 7: Kesimpulan
Dari data hasil pengujian, penulis dapat menyimpulkan bahwa alat tersebut memenuhi kriteria yang ditetapkan.



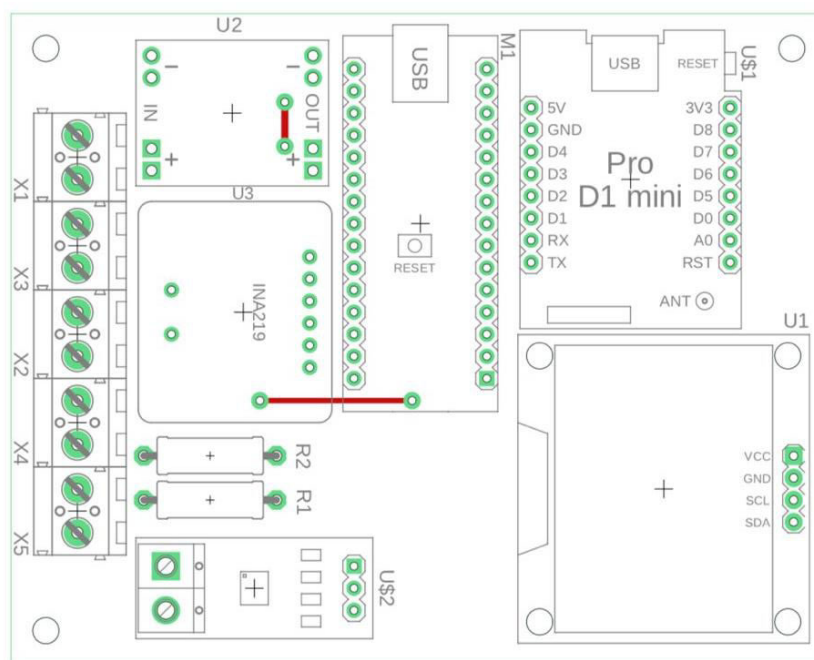
Gambar 3. Diagram Blok Perangkat Keras

Diagram ini menggambarkan sistem kontrol daya yang menggunakan Arduino Nano untuk pemrosesan data dan kontrol, dengan dukungan komunikasi nirkabel melalui ESP8266 dan penggerak daya melalui MOSFET yang dikendalikan oleh driver L298N.

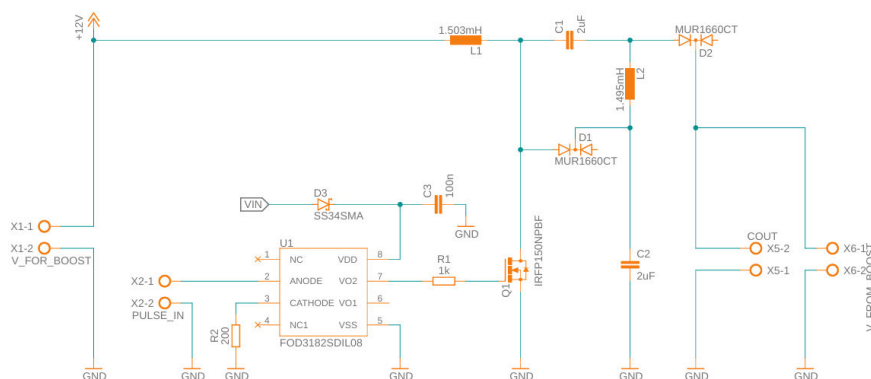
1. Clock Generator ($F = 33 \text{ kHz}$, $DC = 5\%$): Blok ini menghasilkan sinyal clock dengan frekuensi 33 kHz dan duty cycle 5%. Sinyal ini digunakan sebagai referensi waktu untuk sistem.
2. Ramp Generator: Blok ini menerima sinyal dari Clock Generator dan menghasilkan sinyal ramp (linear ramp waveform) yang akan digunakan dalam proses perbandingan (komparasi).
3. Comparator: Blok ini membandingkan sinyal ramp dari Ramp Generator dengan sinyal PWM to Analog yang dihasilkan oleh Arduino Nano. Hasil perbandingan ini akan menentukan output dari Comparator.
4. Driver L298N: Blok ini berfungsi sebagai penggerak (driver) untuk mengendalikan MOSFET berdasarkan sinyal yang diterima dari Comparator. L298N adalah IC driver motor yang umum digunakan untuk mengendalikan motor DC atau beban induktif lainnya.
5. Driver MOSFET: Blok ini mengontrol MOSFET yang mengatur aliran arus ke beban. MOSFET digunakan karena efisiensinya yang tinggi dalam pengalihan daya.
6. Beban: Beban adalah komponen yang dikendalikan oleh sistem. Dalam konteks ini, beban dapat berupa motor, lampu, atau perangkat lain yang membutuhkan pengendalian daya.
7. Input Sensor Arus dan Tegangan: Sensor ini mengukur arus dan tegangan yang masuk ke sistem. Data dari sensor ini dikirim ke Arduino Nano untuk pemrosesan lebih lanjut.
8. Arduino Nano (NANO): Mikrocontroller yang menerima data dari sensor arus dan tegangan. Arduino Nano mengolah data ini dan menghasilkan

- sinyal PWM to Analog yang digunakan oleh Comparator. Arduino Nano juga terhubung dengan modul ESP8266 untuk komunikasi nirkabel.
9. PWM to Analog: Blok ini mengkonversi sinyal PWM dari Arduino Nano menjadi sinyal analog yang digunakan oleh Comparator.
 10. ESP8266: Modul WiFi yang terhubung ke Arduino Nano untuk memungkinkan komunikasi data secara nirkabel. Ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh.
 11. Output Sensor Arus dan Tegangan: Sensor ini mengukur arus dan tegangan pada beban, memberikan feedback yang diperlukan untuk kontrol tertutup (closed-loop control) pada sistem.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



Gambar 5. Layout Perangkat Keras

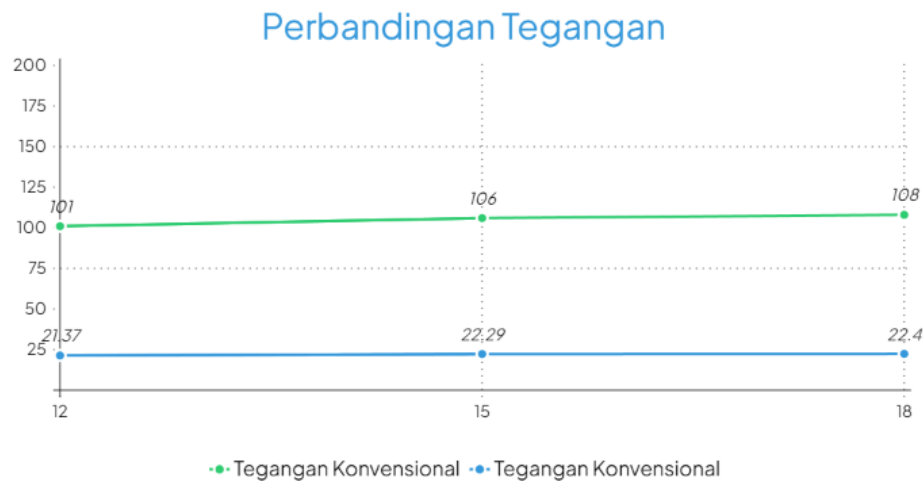


Gambar 6. Rangkaian Modifikasi Boost converter Topologi SEPIC

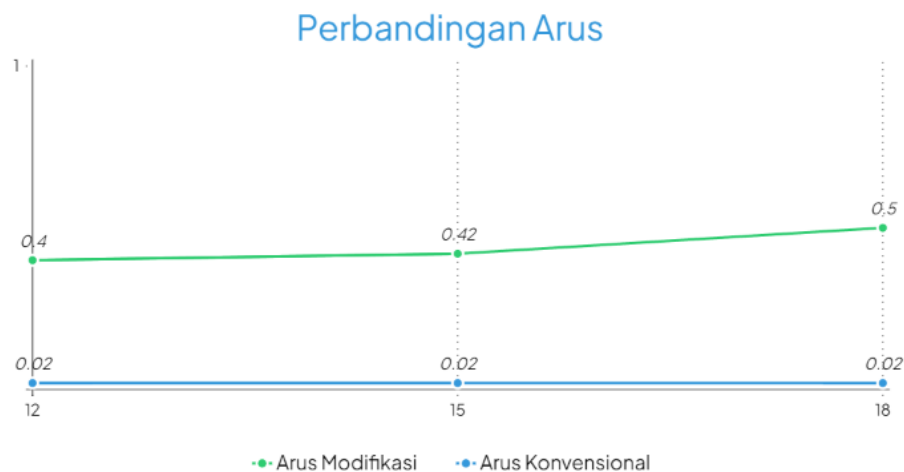
Pada gambar 6 merupakan rangkaian modifikasi boost konverter topologi sepic. Rangkaian ini mengambil tegangan input 12V, melewati beberapa komponen seperti

MOSFET, induktor, dan kapasitor, lalu meningkatkan tegangan tersebut sebelum disalurkan ke output. Optocoupler digunakan untuk isolasi elektrik dan kontrol sinyal, sementara dioda dan kapasitor membantu dalam penyaringan dan stabilisasi tegangan output. Berikut tabel pengujian boost konverter.

PENGUJIAN PERBANDINGAN BOOST KONVERTER KONVENSIONAL DAN MODIFIKASI BOOST KONVERTER TOPOLOGI SEPIC



Gambar 7. Perbandingan Tegangan Konvensional dan Modifikasi



Gambar 8. Perbandingan Arus Konvensional dan Modifikasi

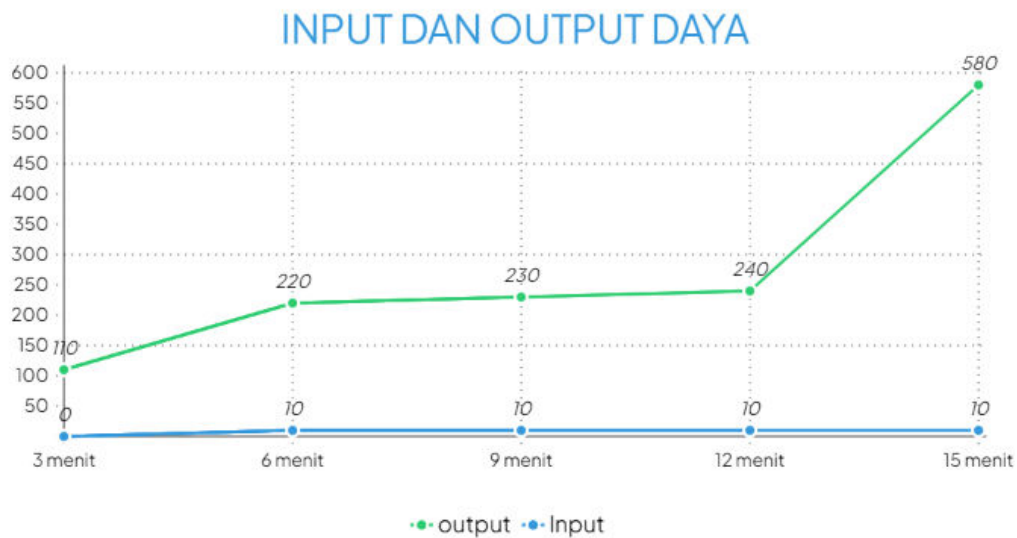
Berdasarkan grafik gambar 6 dan 7 diatas, pengujian dilakukan selama 3 kali dengan input 12 volt, 15 volt, dan 18 volt menghasilkan tegangan yang dan arus yang berbeda. Perbandingan output tegangan dan arus pada boost konverter konvensional dan modifikasi terlihat jauh berbeda. Output tegangan pada modifikasi boost konverter lebih tinggi dengan rata-rata kenaikan hingga 8 kali lebih besar dari tegangan input. Sedangkan pada boost konverter konvensional hanya rata-rata 1,5 kali kenaikan saja.

Berdasarkan perbandingan tersebut maka dapat dihitung nilai efisiensi dan efektivitas.

$$\begin{aligned} \text{Efektitivitas} &= \frac{\text{Hasil Aktual}}{\text{Hasil yang Diharapkan}} \times 100\% \\ &= \frac{8}{10} \times 100\% \\ &= 80\% \end{aligned}$$

Efektivitas dari modifikasi boost konverter topologi SEPIC berhasil mencapai 80% dari hasil yang diharapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa alat atau proses tersebut cukup efektif, tetapi masih ada ruang untuk peningkatan agar mencapai 100% efektivitas.

PENGUJIAN INPUT DAN OUTPUT DAYA



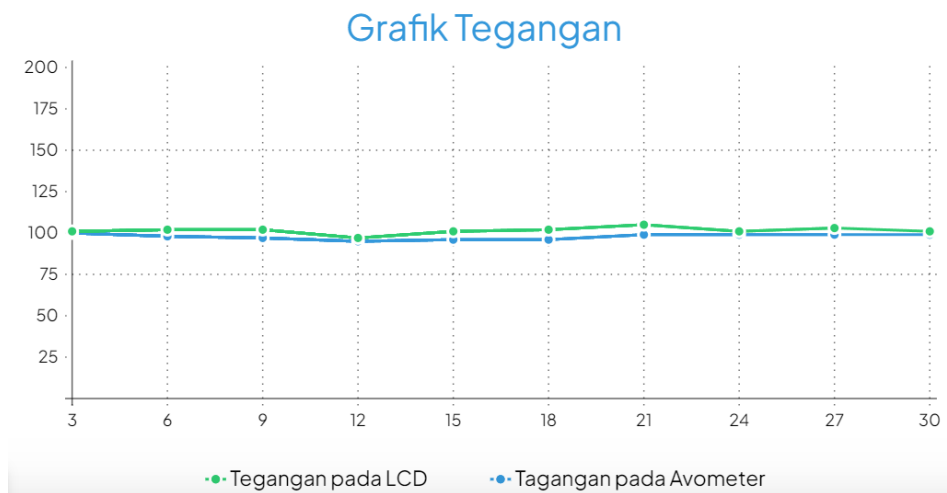
Gambar 9. Perbandingan Arus Konvensional dan Modifikasi

Grafik yang ditunjukkan menggambarkan hubungan antara daya input dan output dalam satuan watt selama rentang waktu 15 menit. Pada sumbu Y, yang mewakili daya dalam watt, terlihat bahwa daya input tetap konstan pada 10 watt sepanjang waktu, mulai dari menit ke-3 hingga menit ke-15. Sebaliknya, daya output menunjukkan peningkatan yang signifikan selama periode yang sama. Pada menit ke-3, daya output tercatat sebesar 110 watt, dan terus meningkat menjadi 220 watt pada menit ke-6. Meskipun terjadi kenaikan kecil hingga 230 watt pada menit ke-9 dan 240 watt pada menit ke-12, daya output melonjak drastis menjadi 580 watt pada menit ke-15. Grafik ini menunjukkan bahwa meskipun daya input tetap rendah dan stabil, daya output sistem mengalami peningkatan bertahap dengan lonjakan yang sangat besar di akhir periode. Hal ini mengindikasikan adanya mekanisme dalam sistem yang meningkatkan efisiensi atau menyimpan energi untuk dilepaskan sebagai output yang lebih tinggi di kemudian waktu, menghasilkan output daya yang jauh lebih besar daripada input daya yang konstan.

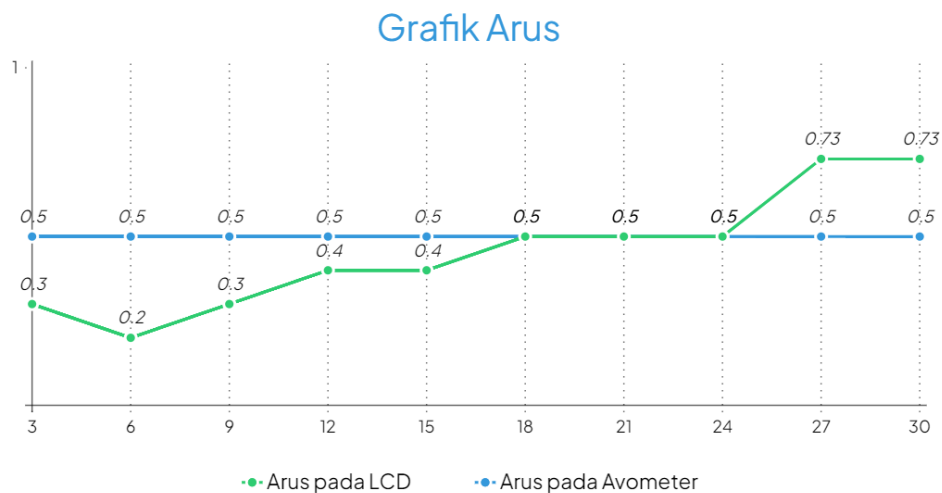
Pada menit ke 15, jumlah efisiensi dari alat tersebut dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100\% \\ &= \frac{580}{10} \times 100\% \\ &= 58\% \end{aligned}$$

Pengujian Perbedaan Arus dan Tegangan Pada LCD, Avometer, dan Monitoring



Gambar 10. Perbandingan Tegangan pada LCD dan Avometer



Gambar 11. Perbandingan Arus pada LCD dan Avometer

Grafik 10 dan 11 merupakan data hasil pengukuran tegangan dan arus output pada pengukuran avometer dan LCD. Setelah dibandingkan keduanya

terdapat perbedaan. Hal ini dikarenakan sensor dan LCD memiliki toleransi batas error. Namun kedua set data menunjukkan pola yang cukup mirip, dengan variasi yang kecil antara masing-masing titik pengukur. Tetapi terdapat beberapa titik di mana tegangan avometer dan tegangan di LCD memiliki perbedaan yang lebih besar pada LCD. Hal ini dikarenakan terdapat nilai maksimum pada komponen. Pengujian dengan waktu 30 menit menghasilkan tegangan dan arus cukup stabil pada tegangan 95-105 volt. Pembacaan pada monitoring sudah sesuai dengan lcd namun membutuhkan pengiriman data namun delay 3 detik.

Error persen adalah ukuran yang digunakan untuk mengekspresikan besar kesalahan atau deviasi dari nilai yang diharapkan atau nilai sebenarnya dalam bentuk persentase. Error persen tegangan pada tabel 4.8 menghasilkan rata-rata error persen 3,7%. Dari hasil analisa naik turunnya tegangan dan arus pada penelitian ini diakibatkan adanya switching yang kurang stabil. Frekuensi switching PWM (*Pulse Width Modulation*) menentukan seberapa cepat saklar atau mosfet beralih antara keadaan on dan off. Perubahan frekuensi ini dapat mempengaruhi ripple dan stabilitas tegangan dan arus. Selain itu persentase waktu ketika saklar berada dalam keadaan on juga sangat mempengaruhi output tegangan dan arus. Perubahan *duty cycle* akan langsung mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan oleh konverter.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada implementasi boost konverter Dc-Dc topologi SEPIC pada pembangkit listrik tenaga surya disertai monitoring arus dan tegangan berbasis IoT dapat disimpulkan bahwa :

1. Modifikasi boost konverter topologi SEPIC ini dilakukan dengan menambahkan diode dan kapasitor pada rangkaian boost konverter konvensional, hal ini bertujuan untuk menghasilkan tegangan lebih tinggi dan lebih aman terhadap komponen. Hasil perbandingan peningkatan tegangan dari boost konverter konvensional dengan modifikasi boost konverter topologi SEPIC yaitu 1,7 : 8 kali kenaikan tegangan input. Tegangan boost konverter konvensional dengan input 12 volt menjadi 21,37 volt dan untuk modifikasi boost konverter topologi SEPIC tegangan input 12 volt menjadi 101 volt. Output daya yang dihasilkan bisa mencapai 580 watt dari input 10 watt dengan penguatan daya 58 kali.
2. Efektivitas dari modifikasi boost konverter topologi SEPIC berhasil mencapai 80% dari hasil yang diharapkan. Monitoring arus dan tegangan berbasis IoT yang dapat diakses pada aplikasi *smartphone* maupun web. Dengan error persen pada alat 3,7% dan kesesuaian monitoring pada *smartphone* mengalami delay 3 detik.

REKOMENDASI

PENELITIAN LANJUTAN

Penulis memiliki beberapa saran guna pengembangan alat kedepannya agar menjadi lebih baik. Berikut ini beberapa saran yang diberikan:

1. Pemilihan komponen harus diperhatikan, terutama pemilihan Saklar MOSFET. Saklar mosfet perlu mempertimbangkan faktor resistansi *drain source* agar tidak terjadi rugi daya dan short akibat tegangan tinggi. Selain itu diharapkan untuk memilih jenis mosfet yang memiliki *absolute maximum ratings* lebih tinggi.
2. Peningkatan kecepatan monitoring dapat ditingkat dengan menggunakan platform pengembangan IoT yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada seluruh pihak yang sudah berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Pertama-tama, kami mengucapkan terimakasih kepada Yudhis Tiro Kabul Yunior dan Gunawan Sakti selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan bantuan dalam penelitian ini.

Penulis berharap jurnal ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca, meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin, namun jurnal ini masih jauh dari kesempurnaan dan penulis berharap kritik dan saran yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisya Sonita, R. F. (2018). Aplikasi E-Order Menggunakan Fire Base dan Algoritme Nuthmorris Pratt berbasis Android. *Pseudocode*.
- Arianto, S. D. (2021). Rangkaian Resistor dengan Induktor. *Jurnal Teknik Elektro Repoteknologi.id*.
- Aswandi Alfaris, M. Y. (2020). Sitem Kendali Dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) Matlab Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*.
- Candra Cahaya Utama, T. S. (2021). Implementasi Teknik Counter Pada Air Mancur untuk Membuat Animasih Air Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16. *Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasih*, 13-18.
- Dani Sasmoko, Y. A. (2017). Implementasi Penerapan Internet of Things (IoT) pada monitoring Infus Menggunakan ESP8266 dan Web untuk Berbagi data. *Manajemen Informatika dan Sistem Komputer, Sekolah Tinggi Elektronika dan Komputer Semarang*, 2(1).
- Deni Almanda, N. M. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 2(1).
- Devha P Sinaga, e. S. (2016). rancang Bangun Kestabilan Posisi Sistem Kendali Manual Robot Kapal Selam Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom*, 3(1).

- Dody Susilo, B. F. (2023). Alat Penghitung Bibit Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. *Jurnal Elektro Universitas PGRI Madiun*, 3(2).
- DT Valent, B. H. (2016). *Essential Matlab For Engineers And Scientists*. Academic Press.
- Faisal Irsan Pasaribu, M. R. (2021). Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik elektro, Rekayasa Elektrikal dan Energi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Gu, B. (2013). High Boost Ratio Hybrid Transformer DC-DC Converter for Photovoltaic Module Applications. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, 28(4), 2048-2058.
- Gules, R. (2014). A Modified SEPIC Converter With High Static Gain. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, 29(11), 5860-5871.
- Gules, R. (2014). A Modified Sepic Converter with Hight Static Gain. *IEE Transactionson Power Electronics*, 29(11), 5860-5871.
- Gules, Roger. (2014). A Modified SEPIC Converter With High Static Gain. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, 29(11), 5860-5871.
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. *Rekayasa elektrikal dan energi, Jurnal Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)*.
- Haryoga Nur Hermala, S. R. (2021). Desain dan Implementasi Kendali Digital Histeresis pada Topologi SEPIC Buck-Boost Konverter. *Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA), Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijaptanata*.
- Humaidillah Kurniadi Wardana, M. I. (2022). Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Pengisian Baterai untuk Pompa Air Tenaga Surya Berbasis IoT menggunakan Tinger.io. *LPPM UNHAS Y TEBUIRENG JOMBANG*.
- Imran Oktariawan, M. d. (2013). Pembuatan Sistem Otomatis Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduiono Mega 2560. *Jurnal FEMA, Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 1(2).
- Indra Dilianto, H. S. (2018). Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC Termodifikasi dengan Gain yang Tinggi untuk Aplikasi pada Photovoltaic. *Jurnal Teknologi Penerbangan, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*.
- J. Jiang, T. H. (2005). Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Sistems. *Tamkang J. Sci.* , 8(2), 147-153.
- Jonathan Lambert, R. M. (2021). Power consumption profiling of a lightweight development board: Sensing with the INA219 and Teensy 4.0 microcontroller. *Electronics*, 10(7).

- Jung, D.-Y. (2010). Interleaved Soft-Switching Boost Converter for Photovoltaic Power-Generation Sistem. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 26(4), 1137-1145.
- Mehta, M. (2015). A Breakthrough In Wireless Sensor Networks And Internet Of Things. *nternational Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology* .
- Milfiga Septa Yoski, R. M. (2020). Prototipe RObot Pembersih Lantai BERbasis Mikrokontroler dengan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2).
- Muhammad Irfan Dzakwan, I. S. (2018). PERANCANGAN KONVERTER ARUS SEARAH TIPE PENURUN TEGANGAN DENGAN MOSFET SINKRON DAN TANPA MOSFET SINKRON. *Jurnal Ilmiah Teknik elektro, Universitas Diponegoro*.
- Novan Enardo Wijanarko, S. P. (2021). Rancang Bangun Sistem Alat Praktikum MOSFET di Laboratorium ELEktronika Daya. *Jurnal Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda*, 02(02).
- Steven J. Sokop, D. J. (2016). Trainer Antarmuka Periferal Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT*.
- Sukandar Sawidin, Y. R. (2021). Kontrol dan Monitoring Sistem Smart Home Menggunakan Web Thinger.io Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado*.
- Zulkarnain, G. R. (2016). *Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Rasio Tinggi Berbasis PenSaklaran Kapasitor dan Induktor Terkopel untuk Aplikasi pada Photovoltaic*. Surabaya: Teknik Elektro ITS.