

MODIFIKASI *SEPIC CONVERTER* UNTUK PENGONTROLAN TEGANGAN KELUARAN BERBASIS LOGIKA *FUZZY*

Faisal R. Alhabsyi¹, Rizana Fauzi², Irwan M³, Yuli AR⁴, Maryantho M⁵, Ratih M⁶

¹Mahasiswa, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako

^{2,3,4,5,6}Dosen, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tadulako

¹Email : falhabsyi31@gmail.com

Abstract

Sun is one of the new renewable energy sources that can be used as a source of electrical energy that is available on the earth. But the sun in nature has a light intensity that varies greatly with each time and place. This issue can be overcome by using the Modification Sepic Converter tool with a fuzzy method to produce a stable electrical voltage so that it becomes usable electrical energy. This tool uses a series of converters connected to photovoltaics. The tool also uses a voltage sensor as feedback for the Fuzzy method to maintain a voltage of 21-23VDC to 48VDC.

Keywords: Photovoltaic, DC-DC Converter, Modified Sepic Converter, Fuzzy Method.

I. Pendahuluan

Energi terbarukan didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, bio massa serta gelombang laut. Dapat dikatakan bahwa energi terbarukan adalah energi yang tidak akan pernah habis sepanjang peradaban manusia masih ada. Salah satu energi terbarukan yang sedang berkembang pesat saat ini ialah energi matahari.

Mengingat Indonesia merupakan negara yang sangat besar, memiliki potensi tenaga matahari menjadikan pembangkit listrik tenaga matahari salah satu solusi yang tepat dalam mengatasi masalah keterbatasan energi. Salah satu kelebihan menggunakan tenaga matahari adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah. Pembangkit listrik tenaga matahari mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik menggunakan photovoltaic atau biasa kita sebut dengan solar panel.

Intensitas matahari bersifat fluktuatif yang artinya energi matahari bersifat

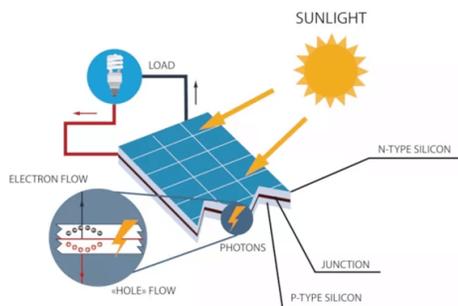
dinamis disetiap waktunya, sehingga tegangan yang dihasilkan oleh photovoltaic memiliki tegangan yang berbeda-beda pula, hal ini sangat berpengaruh jika diterapkan pada peralatan listrik rumah tangga dan peralatan listrik lainnya. Salah satu contohnya pada proses *charger* baterai. Dalam proses *charger* baterai dibutuhkan tegangan yang konstan untuk dapat mengisi baterai dengan maksimal. Sehingga diperlukan sebuah pengontrol yang dapat mengatur tegangan masuk untuk mengisi baterai.

Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah *DC-DC converter* terkendali yakni Modifikasi *Sepic Converter* yang dapat mengatur tegangan dari photovoltaic untuk mendapatkan sebuah tegangan yang konstan sehingga dapat digunakan untuk mengisi baterai. Dalam penelitian ini, photovoltaic yang digunakan adalah sebuah photovoltaic yang ada di laboratorium Listrik Dasar & Pengukuran Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako, dimana energi yang dihasilkan adalah hasil konversi intensitas cahaya menjadi energi listrik. Dalam sistem ini

photovoltaic akan menghasilkan tegangan yang nantinya akan diatur oleh rangkaian DC-DC converter dimana output dari converter akan dikontrol menggunakan pengontrol Fuzzy.

1.1 Photovoltaic (PV)

Photovoltaic (PV) adalah salah satu sistem atau cara langsung untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem Photovoltaic bekerja dengan prinsip efek Photovoltaic Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel PV maka foton tersebut akan dibiaskan atau diteruskan menembus sel PV. Foton yang diserap oleh sel PV inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.[1]



Gambar 1. Sistem kerja photovoltaic

1.2 Konverter

DC to DC Power Converter adalah konverter daya yang mengubah daya dengan input DC menjadi output DC. DC to DC power converter biasanya digunakan untuk tujuan menurunkan atau menaikkan tegangan dan atau arus keluarannya. DC to DC power converter biasanya digunakan untuk sebuah sistem

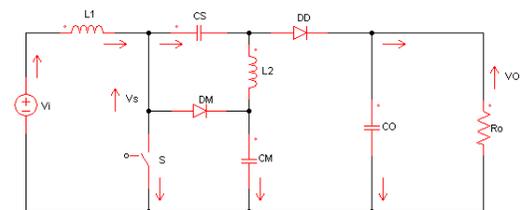
dengan kebutuhan daya yang spesifik. Contoh penggunaan DC to DC power konverter adalah pada penggerak mekanikal seperti servo, motor DC, solenoid dan lain sebagainya.[1]

1.3 Modifikasi Sepic Converter

Modifikasi Sepic Converter berbeda dengan Sepic klasik. Polaritas dari tegangan kapasitor Cs terbalik dan tegangan output dari konverter sepic klasik digunakan untuk mengisi tegangan pada kapasitor Cm. Modifikasi sepic converter memiliki dua tahap operasional'[2]

A. Tahap 1 (t0-t1)

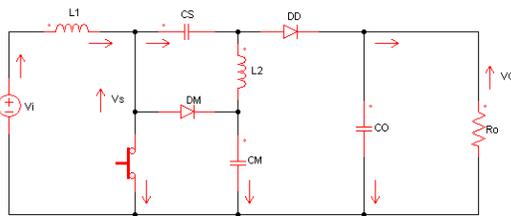
Pada saat saklar S off, energi yang tersimpan pada induktor L1 ditransfer ke output melalui kapasitor Cs dan diode Dd. Energi itu juga ditransfer ke kapasitor Cm dan dioda Dm. disini tegangan saklar sama dengan tegangan kapasitor Cm. Pada kondisi yang sama energi yang tersimpan dalam induktor L2 ditransfer ke output melalui diode Dd.[2]



Gambar 2. Rangkaian modifikasi sepic konverter saat S off

B. Tahap 2 (t1-t2)

Pada saat saklar S on, dioda D0 dan dioda Dm dalam kondisi reverse bias, induktor LI dan L2 akan menyimpan energi. Tegangan input akan mengalir ke induktor L1 dan tegangan ($V_{cs}-V_{cm}$) akan mengalir menuju induktor L2. Tegangan V_{cm} lebih besar dari tegangan pada V_{cs} [2]



Gambar 3. Rangkaian modifikasi sepic konverter saat S ON

1.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Barkley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika fuzzy yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika fuzzy terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen berada di interval [0,1].[7]

A. Himpunan Tegas

Himpunan tegas adalah suatu kumpulan dari obyek-obyek yang didefinisikan secara jelas. Artinya obyek-obyek tersebut dapat ditentukan dengan jelas keberadaannya. Obyek yang ada dalam himpunan itu disebut elemen atau anggota himpunan. Pada umumnya, himpunan disimbolkan dengan alfabet kecil. Notasi “ $a \in A$ ” dibaca a anggota himpunan A dan notasi “ $a \notin A$ ” a bukan anggota himpunan A .[7]

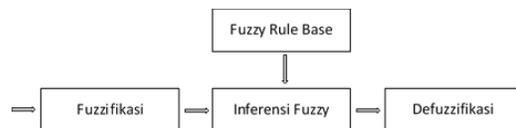
B. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang bisa digunakan diantaranya : [1]

1. Grafik keanggotaan kurva linier
2. Grafik keanggotaan kurva segitiga
3. Grafik keanggotaan kurva trapesium
4. Grafik keanggotaan kurva bentuk bahu
5. Grafik keanggotaan kurva-S
6. Grafik keanggotaan bentuk lonceng

C. Logika pengambilan keputusan

Logika pengambilan keputusan (fuzzy inference) mengaplikasikan aturan-aturan fuzzy pada masukan fuzzy kemudian mengevaluasi setiap aturan. Prinsip logika fuzzy digunakan untuk mengkombinasi aturan-aturan JIKA-MAKA (IFTHEN) yang terdapat dalam basis aturan suatu pemetaan dari suatu himpunan fuzzy input himpunan fuzzy output.[1]

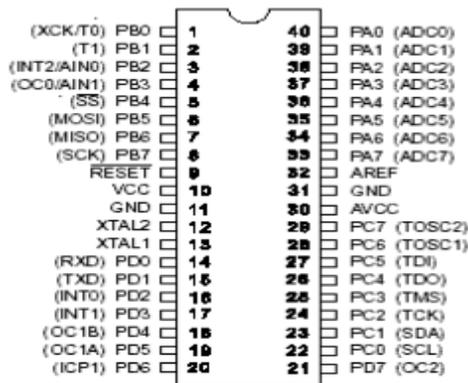


Gambar 4. Susunan Sistem Fuzzy

1.5 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroller merupakan keseluruhan sistem komputer yang dikemas menjadi sebuah chip dimana didalamnya sudah terdapat Mikroprosesor, I/O pendukung, memori bahkan ADC (Analog Digital Converter) yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang spesifik. Berbeda dengan mikroprosesor yang berfungsi sebagai pemroses data.

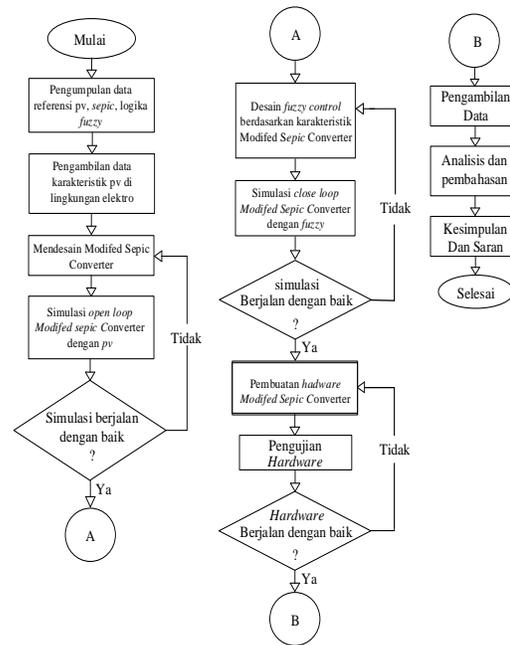
Secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit (ALU)*, himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesor (*in chip*). Oleh karena itu, pada alat ini akan digunakan salah satu dari vendor AVR produk Atmel yaitu Mikrokontroler ATmega[1]



Gambar 5. Pin AT Mega 16

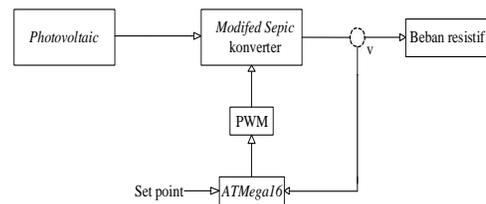
II. Metode Penelitian

Dalam penyusunan penelitian Modifikasi *Sepic Converter* Untuk Pengontrolan Tegangan Keluaran Berbasis Logika *Fuzzy*, bahan Penelitian terdiri dari *photovoltaic*, *power suplay DC*, rangkaian modifikasi *sepic converter* dan alat ukur tegangan/arus.



Gambar 6. Flowchart penelitian

2.1 Perancangan Alat



Gambar 7. Diagram block

Dapat dilihat bahwa proses pengolahan energi matahari menjadi energi listrik terlebih dahulu dilakukan oleh photovoltaic yang berfungsi sebagai penyerap energi matahari yang kemudian dirubah menjadi energi listrik yang pada tahap selanjutnya energi listrik tersebut diolah oleh konverter DC-DC yang bertujuan untuk menjaga tegangan dari photovoltaic tetap konstan sehingga dapat diterima oleh beban resistif, pada tahap inilah mikrokontroller ATmega 16

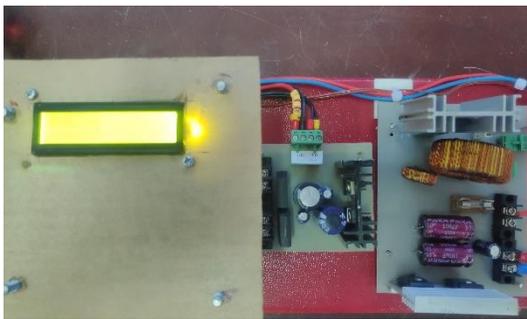
bekerja untuk mengatur PWM guna mengatur nilai duty cycle pada rangkaian konverter. Tahap ini membuat konverter mampu menjaga nilai tegangan output tetap konstan 48 volt.

III. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil perancangan dan penelitian yang berjudul Modifikasi Sepic Converter Untuk Pengontrolan Tegangan Keluaran Berbasis Logika Fuzzy, maka didapatkan nilai tegangan output sesuai dengan nilai yang diinginkan yaitu 48 volt konstan.

3.1 Bentuk Fisik Alat

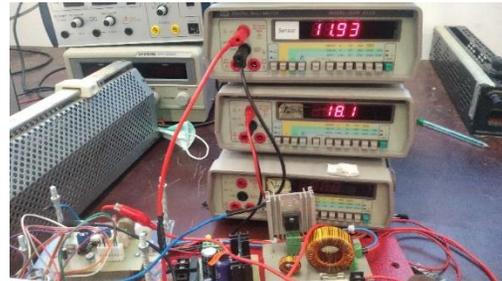
Modifikasi *sepic converter* dibuat dalam satu papan utama yang terdiri dari rangkaian konverter, sensor tegangan, driver mosfet, mikrokontroler ATmega 16, LCD, serta perangkat eksternal terdiri dari photovoltaic, power suplay DC dan berbagai macam alat ukur tegangan dan arus.



Gambar 8. Bentuk fisik

3.2 Pengujian Power Suplay

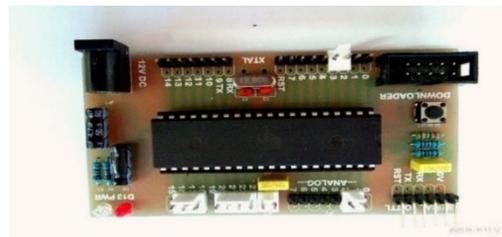
Pengujian power suplay dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian power suplay yang sebelumnya dirancang bisa menghasilkan tegangan seperti yang telah ditentukan.



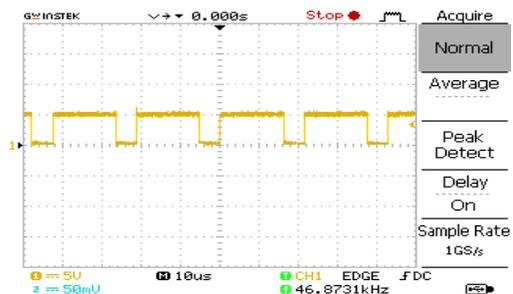
Gambar 9. Pengujian power suplay

3.3 Pengujian Microcontroller

Pengujian microcontroller dilakukan dengan mengukur duty cycle dari sinyal PWM dengan frekuensi 47 kHz menggunakan oscilloscope. Gambar 10 merupakan bentuk minimum system AtMega 16 yang berfungsi sebagai kontrol DC-DC konverter dan Gambar 11 merupakan sinyal PWM keluaran microcontroller yang terukur sebesar 5 volt dengan frekuensi 46.87 kHz.



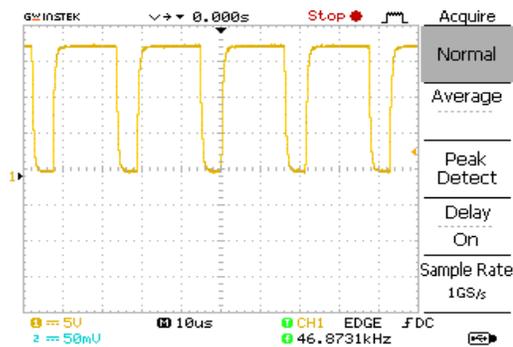
Gambar 10. Minimum sistem ATmega16



Gambar 11. Sinyal PWM microcontroller

3.4 Pengujian Driver PWM

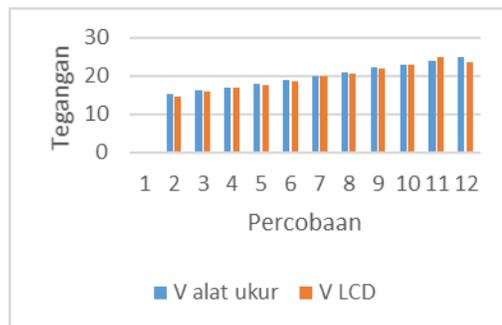
Pengujian driver dilakukan guna memastikan sinyal masukan yang menjadi sumber gate MOSFET sudah benar. Gambar 12 merupakan rangkaian driver PWM dan sensor tegangan dengan menggunakan optocoupler FOD 3182 dan gambar 4.5 merupakan sinyal keluaran dari driver PWM sebesar 17 volt.



Gambar 12. Sinyal keluaran driver PWM

3.5 Pengujian Sensor Tegangan

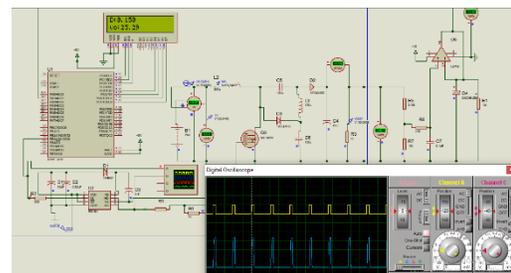
Pengujian sensor dilakukan dengan mengkalibrasi sensor dengan cara mengukur tegangan keluaran menggunakan multimeter digital lab yang telah terstandarisasi yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai pembacaan pada tampilan LCD. Pengujian bertujuan agar nilai umpan balik akurat sesuai dengan rasio yang telah ditentukan. Gambar 13 merupakan hasil pengujian sensor tegangan.



Gambar 13. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

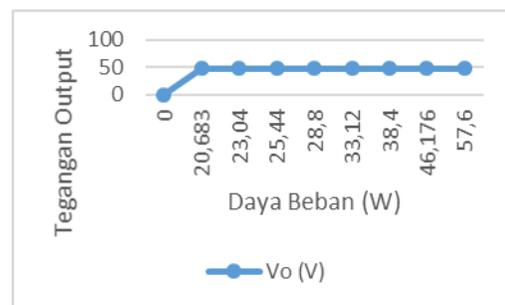
3.6 Pengujian Driver PWM

Pengujian simulasi modifikasi *sepic* konverter menggunakan *software proteus* dilakuakn dengan dua skema yaitu *open loop* dan *close loop*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi rangkaian dan sistem kontrol yang digunakan berjalan dengan baik sebelum dilakukan perancangan *hardware*.

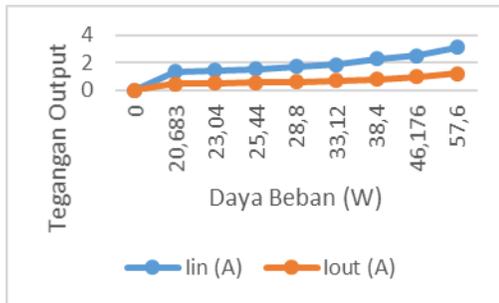


Gambar 14. Simulasi close loop modifikasi *sepic* konverter

Pengujian simulasi *close loop* modifikasi *sepic* konverter dilakukan dengan dua percobaan yaitu dengan perubahan nilai tegangan *input* dan nilai beban. Pada pengujian ini *duty cycle* diatur menggunakan logika *fuzzy* agar tegangan *output* konverter tetap konstan 48 Volt.



Gambar 15. Kurva tegangan output terhadap perubahan beban



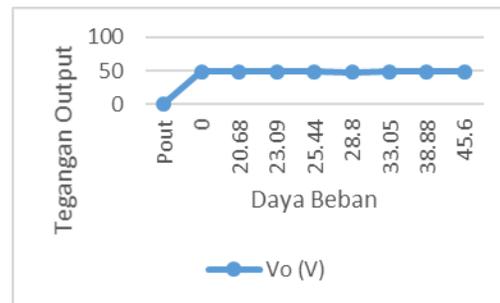
Gambar 16. Kurva arus terhadap perubahan beban

Dua kurva diatas merupakan hasil pengujian simulasi *close loop* modifikasi *sepic* converter terhadap perubahan nilai beban dengan nilai tegangan *input* diatur tetap konstan 21 Volt. P_{out} merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban. Nilai tahanan diubah secara bertahap mulai dari 112Ω – 40Ω untuk mengetahui nilai pembebanan maksimal yang dapat diterima oleh konverter sehingga pada kurva 15 dapat dilihat bahwa daya *output* yang dapat dihasilkan dari pembebanan diatas sebesar 20.68-57.6 watt. Gambar 15 merupakan kurva tegangan *output* terhadap perubahan beban dan gambar 16 merupakan kurva arus terhadap perubahan nilai beban. Tujuan percobaan ini adalah selain mengetahui efisiensi konverter, juga untuk melihat respon tegangan *output* dan arus *output* terhadap perubahan beban.

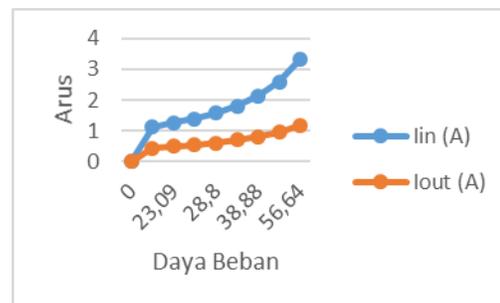
3.7 Pengujian Hardware Dengan Input Power Suplay

Pengujian *hardware* bertujuan untuk membuktikan apakah rancang bangun alat yang telah peneliti buat dapat berkerja sesuai yang telah disimulasikan melalui *software proteus*. Pengujian dilakukan

dengan dua skema yaitu dengan perubahan tegangan *input* dan perubahan beban. Pada pengujian ini *duty cycle* telah diatur menggunakan logika *fuzzy* sebagai metode pemograman yang digunakan pada penelitian ini agar tegangan *output* konverter tetap konstan 48 Volt.



Gambar 17. Kurva tegangan output terhadap perubahan beban



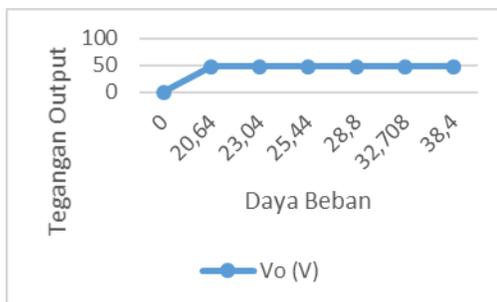
Gambar 18. Kurva arus terhadap perubahan beban

Dua kurva diatas merupakan hasil pengujian *close loop hardware* modifikasi *sepic* converter terhadap perubahan nilai beban dengan nilai tegangan *input* konstan 21 Volt. P_{out} merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban, dimana beban yang digunakan pada konverter kali ini adalah tahanan geser. Nilai tahanan tersebut diubah secara bertahap mulai dari 112Ω - 40Ω untuk mengetahui nilai

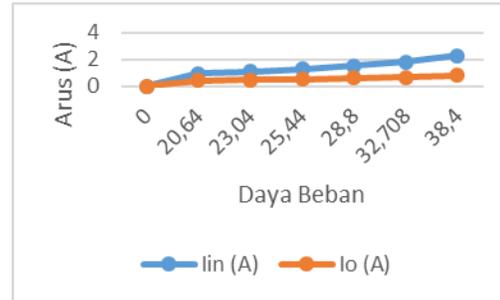
pembebanan maksimal yang dapat diterima oleh konverter maka didapatkan nilai daya output sebesar 20.68 watt - 56.64 watt. Kurva tegangan output terhadap perubahan beban dapat dilihat pada gambar 17 dan 18 merupakan kurva arus input dan output terhadap perubahan beban. Tujuan percobaan ini adalah selain mengetahui efisiensi converter, juga untuk melihat respon tegangan output dan arus output terhadap perubahan beban.

3.8 Pengujian Hardware Dengan Input Power Suplay

Pada tahap ini pengujian modifikasi *sepic* konverter menggunakan *input PV*. Pengujian dilakukan dengan dua skema yaitu *open* dan *close loop*. Pengujian kali ini dilakukan dengan dua cara yaitu dengan merubah nilai tegangan *input* dan nilai beban. *Duty cycle* diatur menggunakan logika *fuzzy* sebagai metode pemrograman yang bertujuan untuk menjaga tegangan *output* tetap konstan pada nilai 48 Volt.



Gambar 19. Kurva tegangan *output* terhadap perubahan beban



Gambar 20. Kurva arus terhadap perubahan beban

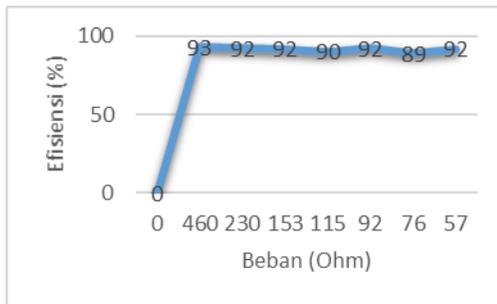
Dua kurva diatas merupakan tabel hasil pengujian *close loop hardware* modifikasi *sepic* konverter menggunakan sumber *PV* dengan merubah nilai beban. P_{out} merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban, dimana beban yang digunakan merupakan tahanan geser. Nilai tahanan diubah secara bertahap mulai dari 112Ω - 40Ω untuk mengetahui nilai pembebanan maksimal yang dapat diterima oleh konverter maka diperoleh nilai daya *output* sebesar 20.6-38.4 watt. Kurva tegangan *output* terhadap perubahan beban dapat dilihat pada gambar 19 dan Kurva arus dapat dilihat pada gambar 20. Tujuan percobaan ini adalah selain mengetahui efisiensi konverter, juga untuk melihat respon tegangan *output* dan arus *output* terhadap perubahan tegangan *input*.

3.9 Pengujian Hardware Dengan Input Power Suplay

Pada tahap ini dilakukan percobaan *open loop hardware* dengan *input power suplay*, pada penelitian ini beban diatur pada nilai 10-80% dari desain *set point* konverter yang telah dirancang.

Tabel 1. Tabel efisiensi modifikasi *sepic converter*

No	Beban (Ohm)	Duty (%)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Effisiensi (%)
1	460	46	21	48	0.27	0.11	5.67	5.28	93
2	230	47	21	48	0.52	0.21	10.92	10.08	92
3	153	48	21	48	0.77	0.31	16.17	14.88	92
4	115	49	21	48	1.34	0.53	28.14	25.44	90
5	92	45	23	48	1.4	0.62	32.2	29.76	92
6	76	43	23	43	1.34	0.64	30.82	27.52	89
7	57	40	23	40	1.38	0.73	31.74	29.2	92



Gambar 21. Grafik efisiensi *open loop hardware* menggunakan *power suplay*

Gambar 21. adalah grafik efisiensi open loop hardware dengan sumber power suplay 21 dan 23 Volt berdasarkan spesifikasi PV yang digunakan serta beban bervariasi mulai dari 460 – 57 Ohm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa alat pada pengujian open loop hardware, karena tinggi atau rendah nilai efisiensi akan menunjukkan baik atau buruknya performa alat yang dibuat, sehingga penting untuk mengetahui nilai efisiensi alat yang telah dirancang. Pada sub bab ini, dilakukan pengujian open loop dengan beban 10-80 % dari desain konverter yang dibuat. Untuk mendapatkan nilai efisiensi konverter, digunakan persamaan: $\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\%$. Pada Gambar 21 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan mencapai 89-93%

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan maka dapat dieproleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi Sepic konverter dapat berkerja sebagai penaik (boost) dan penurun (buck) tegangan.
2. Logika fuzzy dapat mengontrol tegangan output tetap stabil 48 VDC dengan input 21 Volt.
3. Modifikasi sepic konverter dapat diberikan beban bervariasi selama beban berada pada range daya PV. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa daya beban berada pada rangae 20.6 samapai 38.4 Watt
4. Efisiensi *hardware* diperoleh minimal 89% dan maksimal 93%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Shofyan (2020). “Implementasi pengontrolan tegangan keluaran dc step-up sepic converter dengan variasi tegangan input dari single pv menggunakan logika fuzzy”.
- [2] Athira S Babu & Jeepa K.J. “High step-up Modified SEPIC converter for renewable applications”
- [3] Heri Suryoatmojo1, Indra Dilianto2, Suwito3, Ronny Mardiyanto4, Eko Setijadi5 (2018). Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC Termodifikasi dengan Gain Statis yang Tinggi untuk Aplikasi pada Photovoltaic
- [4] Ibrahim et al. (2019) “Design and development of SEPIC DC-DC boost converter for photovoltaic application”
- [5] Texas Instruments “Application Report SNVA168E–May 2006– Revised April 2013”
- [6] Sutikno, S., & Waspada, I. (2012). Perbandingan Metode Defuzzifikasi

Sistem Kendali Logika Fuzzy Model
Mamdani Pada Motor Dc. Jurnal
Masyarakat Informatika,

- [7] Sudrajat. (2008) “Modul Kuliah dasar
dasar fuzzy logic”