PENGIMPLEMENTASIAN TEGANGAN KELUARAN PANEL SURYA DENGAN TOPOLOGI ZETA KONVERTER MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Eriska Anggita [1],
Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: eriskaanggita@gmail.com

Denda Dewatama[1]
Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: denda.dewatama@polinema.ac.id

Mila Fauziyah[1]
Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: mila.fauziyah@polinema.ac.id

ABSTRACTS : *The problem that arises when using solar panels is the unstable output due to the intensity of sunlight received. The greater the intensity of sunlight, the greater the voltage generated. One of the supporters of the application of SCC (Solar Charger Controller) is a dc-dc converter. Zeta converter is a DC-DC converter that can be used to regulate the voltage on solar panels to produce maximum power on solar panels. Therefore, a zeta converter circuit is used which is controlled by a solar charger controller using the fuzzy method. With this fuzzy method, it is expected to produce a stable output (14Volt). Fuzzy logic control with the mamdani method uses 5 error membership functions (NB, NK, Z, PK and PB) and 5 delta error membership functions (dNB, dNK, dZ, dPK and dPB), and 5 membership functions (K, AK, S, AB and B) output in the form of a single tone. The test results found the response signal value of fuzzy logic control, namely for response time (tr) = 2.266 seconds, overshoot = 0%, settling time (ts) = 5.074 seconds, and Error (ess) = 1%, from the parameters that have been applied and the results show that the voltage output value is stable and can run according to the design that has been made*

Keyword: fuzzy, *solar charger controller*, zeta, konverter

ABSTRAK: Permasalahan yang muncul saat menggunakan solar panel adalah output yang tidak stabil akibat intensitas sinar matahari yang diterima. Semakin besar intensitas sinar matahari, semakin besar tegangan yang dihasilkan. Salah satu pendukung penerapan SCC (*Solar Charger Controller*) adalah konverter dc-dc. Konverter Zeta adalah konverter DC-DC yang dapat digunakan untuk mengatur tegangan pada panel surya untuk menghasilkan daya maksimum pada panel surya. Oleh karena itu digunakan rangkaian zeta converter yang dikendalikan dengan *solar charger controller* dengan menggunakan metode fuzzy. Dengan metode fuzzy ini diharapkan dapat menghasilkan keluaran yang stabil (14Volt). Kontrol logika fuzzy dengan metode mamdani menggunakan 5 fungsi keanggotaan *error*(NB, NK, Z, PK dan PB) dan 5 fungsi keanggotaan delta error (dNB, dNK, dZ, dPK dan dPB), serta 5 fungsi keanggotaan (K, AK, S, AB dan B) keluaran berupa *single tone.* Hasil pengujian ditemukan nilai sinyal respon dari kontrol logika fuzzy yaitu untuk *respon time* (tr) = 2,266 detik, *overshoot* = 0 %, *settling time* (ts) = 5,074 detik, dan *Error* (ess) = 1%, dari parameter yang telah diterapkan dan menunjukkan hasil bahwa nilai keluran tegangan stabil dan dapat berjalan sesuai perancangan yang telah dibuat.

PENDAHULUAN

PLTS memiliki komponen utama yakni panel surya yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pengaplikasiannya, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berpengaruh pada suhu dan intensitas cahaya matahari. Hal ini menyebabkan tegangan yang diterima oleh panel surya selalu berubah ubah sesuai dengan suhu dan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Permasalahan yang timbul pada penggunaan panel surya adalah *output* yang tidak stabil [1]. *Output* (keluaran) tegangan yang dihasilkan oleh panel surya selalu tidak stabil, dikarenakan intensitas cahaya matahari yang diterima. Semakin besar intensitas cahaya matahari, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar.

Salah satu pendukung penerapan SCC (*Solar Charger Controller*) adalah konverter dc-dc. Konverter Zeta adalah konverter DC-DC yang dapat digunakan untuk mengatur tegangan pada panel surya untuk menghasilkan daya maksimum pada panel surya. Konverter Zeta adalah evolusi dari konverter *buck-boost* yang menghasilkan tegangan output riak rendah dengan polaritas yang sama dengan tegangan *input* konverter. Oleh karena itu digunakan rangkaian zeta knverter yang dikendalikan dengan *solar charger controller* dengan menggunakan metode *fuzzy* sehingga bisa mendapatkan keluaran yang stabil. Hasil simulasi yang dilakukan pada keempat konverter tersebut berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat sinyal arus dan tegangan pada sisi Arus dan tegangan *ripple t*erkecil pada sisi keluaran terjadi pada konverter zeta jika dibandingkan dengan

[1] Program D4 Teknik Elektronika, Jurusam Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

ketiga konverter lainnya. Sinyal paling baik terjadi pada rangkaian konverter zeta dimana tingkat sinyal arus *ripple* dan tegangan pada sisi keluaran sangat kecil [4].

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan diatas, dapat dibuat judul "Stabilisasi Tegangan Keluaran Pada Zeta Konverter Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy". PWM (*Pulse Width Modulation*) dihasilkan dengan menggunakan konverter zeta menggunakan algoritma fuzzy dengan memvariasikan nilai duty cycle (mewakili logika level tinggi dalam periode sinyal dan dinyatakan sebagai persentase, mulai dari 0%-100%) untuk mendapatkan *output* yang konstan atau stabil. Penelitian ini berfokus pada bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pengisian sel surya menggunakan kontrol logika fuzzy untuk menghasilkan PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan mengubah *duty cycle* untuk mendapatkan tegangan *output* konstan 14V dengan arus maksimum 2A pada frekuensi 6kHz dan memberikan respon sinyal yang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Panel Surya

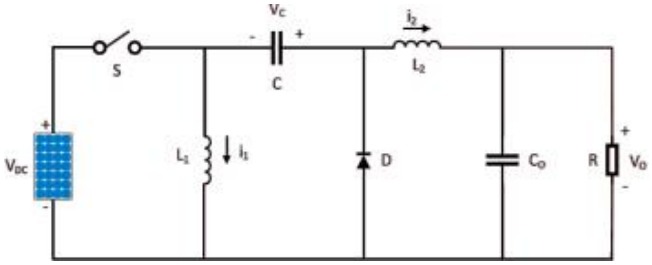
Sel surya adalah perangkat yang menggunakan efek fotovoltaik untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, sehingga disebut juga sel fotovoltaik (disingkat sel fotovoltaik—PV). Tegangan yang dihasilkan solar cell sangat kecil, sekitar 0,6V saat dibongkar, dan sekitar 0,45V saat dibebani. Untuk mendapatkan tegangan besar yang dibutuhkan, diperlukan beberapa sel surya yang disusun secara seri.

Sel surya yang dirangkai secara seri dapat menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini cukup untuk menyalakan baterai 12V. Untuk mendapatkan tegangan *output* yang lebih besar, diperlukan lebih banyak sel surya. Gabungan beberapa sel surya ini disebut panel surya atau modul surya. *Arrray* sekitar 10 - 20 atau lebih panel surya akan mampu menghasilkan arus dan tegangan yang cukup tinggi untuk kebutuhan sehari-hari. Salah satu komponen yang paling penting adalah Panel Surya dimana jenis yang digunakan yaitu *PolyCrystalline*. Panel berperan sebagi masukan dimana panel surya sendiri memiliki fungsi untuk mengganti atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik.[1].

■ **Gambar 1**. Panel Surya

Zeta Konverter

Konverter ZETA adalah evolusi dari konverter *buck-boost* yang menghasilkan tegangan output riak rendah dengan polaritas yang sama dengan tegangan input konverter. Konverter Zeta bekerja seperti *buck-boost,* menambah atau mengurangi tegangan DC tergantung pada siklus tugas PWM yang dipicu pada komponen *switching*. Pada penelitian ini berfokus pada *solar charger controller* dengan dc-dc konverter jenis zeta untuk menstabilkan tegangan, dimana nilai output sama dengan nilai *input* yang dimasukkan [6].



■ **Gambar 2**. Zeta Konverter

Sensor Pembagi Tegangan

Suatu sensor yang berfungsi sebagai *feedback* untuk proses kontrol terhadap tegangan sehingga *output* dari konverter sesuai dengan *set point.*

Sensor Arus ACS 712

Suatu sensor yang berfungsi sebagai pembacaan nilai yang dikeluarkan dari konverter zeta. Sensor ACS712 memiliki karakteristik yang *linier* sehingga sangat membantu saat pembacaan dan pembuatan program pada mikrokontroller.[3]

Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin I/O, 6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *input analog*, isolator kristal 16 MHz, antarmuka USB, konektor daya, *header* ICSP, dan tombol *reset.* Berlaku sebagai mikrokrotroller dimana arduino uno berfungsi untuk menjalankan seluruh proses pada sistem ini.[9]

Kontrol Logika Fuzzy

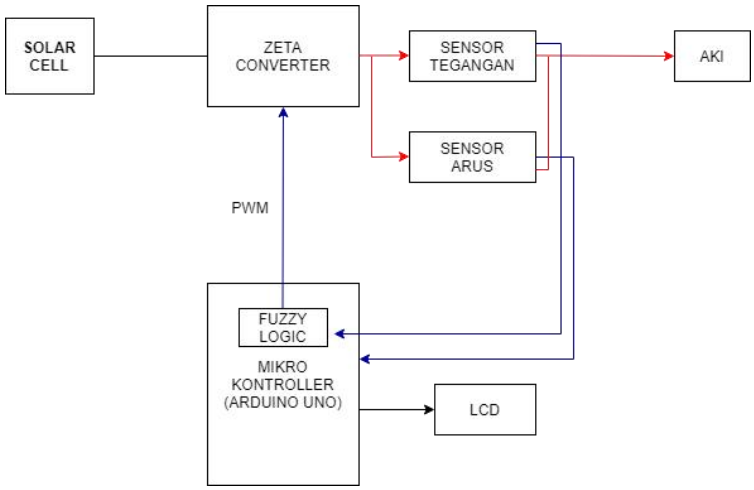
Metode fuzzy mamdani merupakan metode inferensi manusia yang paling mudah dipahami karena paling cocok dengan insting manusia. Sehingga dengan menggunakan metode mamdani fuzzy memberikan solusi terbaik dari permasalahan tersebut. Untuk mendapatkan keputusan terbaik, proses pengambilan keputusan dengan menggunakan metode fuzzy mamdani dilakukan dalam beberapa langkah yaitu pembangkitan himpunan fuzzy; implementasi fungsi implisit; komposisi aturan; pengungsian[8].

LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah alat yang menampilkan suatu besaran atau angka sehingga dapat dilihat dan diketahui melalui layar kristal. Layar LCD menunjukkan nilai sensor tegangan dan arus.[10]

Diagram Blok

Gambar 3 di bawah ini merupakan diagram blok berdasarkan spesifikasi penelitian ini:

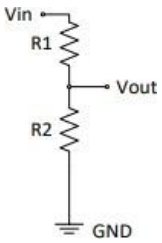


■ **Gambar 3**. Diagram Blok

Perancangan *Fuzzy Logic Control* pada panel surya berfungsi sebagai pengendali tegangan *output* dari Zeta Konverter. Dimana set point ditentukan konstan sebesar 14 Volt dikarenakan untuk penggunaan *Charging* Aki. Umpan balik dari sistem ini berupa sensor tegangan pada keluaran zeta Konverter. Error/E(k) merupakan pengurangan dari *set point* terhadap sensor tegangan keluaran Zeta Konverter. Delta Error/dE(k) adalah selisih antara error sekarang dengan error sebelumnya. Nilai E(k) dan dE(k) menjadi masukan pada *Fuzzy Logic Controller*. Hasil dari dari *Fuzzy Logic Control* berupa sinyal PWM yang digunakan untuk mengontrol *switching* progress pada Zeta Konverter. Sehingga diharapkan keluaran Zeta Konverter stabil sesuai dengan nilai *set point*

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perencanaan Sensor Tegangan



■ **Gambar 4**. Perencanaan Sensor Pembagi Tegangan

Sensor tegangan yang akan digunakan untuk membaca parameter *output* pada konverter yaitu menggunakan rangkaian pembagi tegangan *(voltage divider)*. Sensor ini dirancang sebagai sinyal tegangan masukan ke pin ADC pada mikrokontroller Arduino Uno yang memiliki tegangan referensi sebesar 5 V. Perencanaan nilai tahanan R1 dan R2 bisa dilihat pada Gambar 4.

Nilai R2 sudah ditentukan menggunakan 1.200 Ω, sehingga didapatkan nilai R1 sebagai berikut :

$$Vout = \frac{R2}{R1 + R2} \, X \, Vin$$

$$5 = \frac{1{,}200\Omega}{R1 + 1{,}200\Omega} \, X \, 24$$

$$5 = \frac{28{,}800\Omega}{R1 + 1{,}200\Omega}$$

$$(R1 + 1{,}200) = 28{,}800\Omega$$

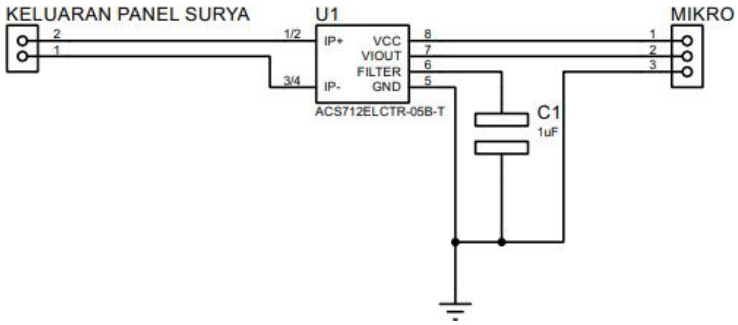
$$5R1 = 28{,}800\Omega - 6{,}000\Omega$$

$$5R1 = 22{,}800\Omega$$

$$R1 = 4{,}560\Omega \cong R1 = 4{,}700\Omega$$

Perencanaan Sensor Arus

Sensor ini digunakan untuk mengukur arus yang mengalir sisi keluaran konverter untuk setelah itu akan *disensing* melalui ADC dari mikrokontroler sehingga dapat digunakan untuk mengetahui perubahan arus yang terjadi.

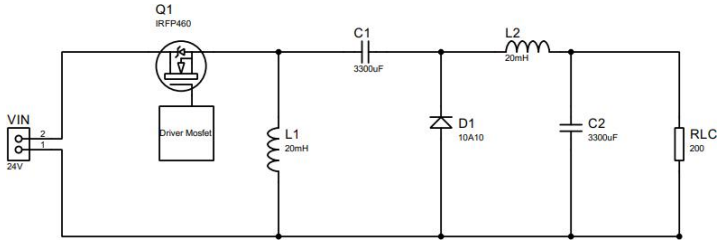


■ **Gambar 5.** Skematik Rangkaian Sensor Arus ACS712

Perencanaan Zeta Konverter

Perencanaan zeta konverter yang berfungsi sebagai penstabil tegangan agar diterima oleh aki dengan tegangan masukan 24 Volt dan memperoleh tegangan keluaran 14 Volt, sehingga didapatkan parameter untuk

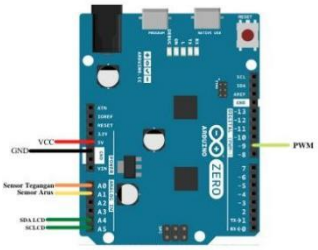
mengetahui nilai dari tiap komponen yang akan digunakan



■ **Gambar 6.** Skematik Perencanaan Zeta Konverter

Perencanaan Arduino Uno

Perancangan arduino uno yang berfungsi sebagai *device* yang akan mengontrol sistem secara keseluruhan, dengan menghubungkan rangkaian yang telah dirancang yakni berupa sensor tegangan, sensor arus, zeta konverter, PWM, dan LCD juga penggunaan algoritma fuzzy untuk mengontrol *switching* pada zeta konverter.

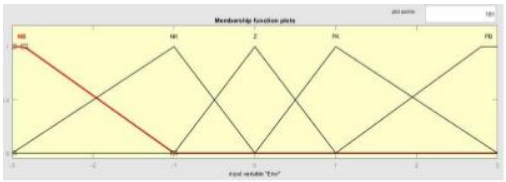


■ **Gambar 7.** Perencanaan pin yang digunakan pada Arduino Uno

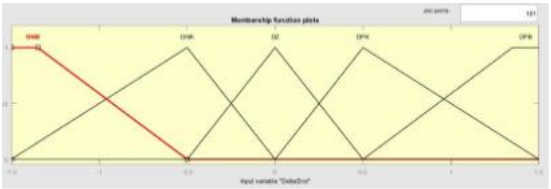
Perencanaan Kontrol Logika Fuzzy

Adapun tahapan-tahapan yang digunakan dalam perencanan *fuzzy logic* mamdani yakni sebagai berikut[8]:

1. Menentukan negatif *input* dan negatif *output*
   Variabel keluarannya adalah siyal negatif yang akan mempengaruhi besarnya nilai tegangan.
   $E(k) = SP(k) - Akt(k)$
   $dE(k) = E(k) - E(k-1)$
2. Menentukan himpunan fuzzy
   Fungsi keanggotaan *error* terdapat lima label yaitu Negative Besar (NB), Negatif Kecil (NK), Zero (Z), Positif Kecil (PK) dan Positif Besar (PB). Sedangkan *delta error* memiliki 5 label yaitu delta Negatif Besar (dNB), delta Negatif Kecil (dNK), delta Zero (dZ), delta Positif Kecil (dPK) dan delta Positif Besar (dPB).

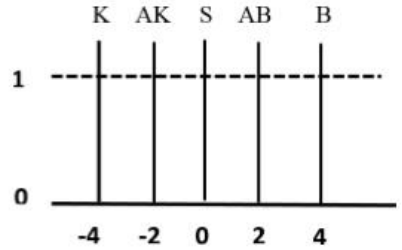


■ **Gambar 8**. Fungsi keanggotan Error



■ **Gambar 9** Fungsi keanggotaan delta errorr

Keluaran pada sistem *fuzzy* berupa perubahan tegangan output dari zeta konverter dengan mengatur pwm zeta konverter, apabila tegangan *output* lebih kecil dari tegangan *output setpoint* maka *duty cycle* akan naik, sedangkan apabila tegangan *output* lebih besar dibandingkan dengan tegangan *output setpoint* maka *duty cycle* akan turun.



■ **Gambar 10**. Fungsi keanggotaan keluaran

3. Fuzzifikasi
   Proses *fuzzifikasi* adalah proses mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi fuzzy yang berguna untuk proses pengolahan secara fuzzy
4. Kaidah Aturan *fuzzy*
   Dalam perancangan proses *fuzzifikasi* dan pengambilan keputusan (inferensi) menggunakan teknik Max-Min (Mamdani). Dalam perancangan terdapat dua anteseden yaitu *Error* (E) dan *delta Error* (dE). Dalam perancangan proses fuzzifikasi dan pengambilan keputusan (inferensi) menggunakan teknik Max-Min (Mamdani). Dalam perancangan terdapat dua anteseden yaitu Error (E) dan delta Error (dE). Dimana setiap antiseden rule dicari bobot yang paling kecil.

DE \ E	NB	NK	Z	PK	PB
dNB	AK	S	AB	B	K
dNB	K	S	S	B	B
dZ	K	S	S	B	B
dPK	K	AK	S	AB	B
dPB	K	AK	AK	AB	B

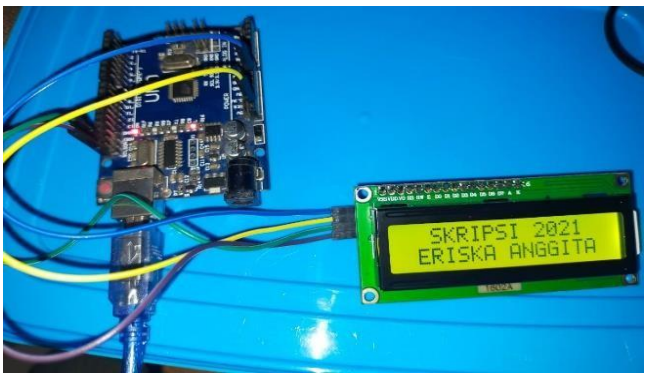
■ **Gambar 11**. Kaidah aturan fuzzy

5. Defuzzifikasi
   Defuzzifikasi yaitu proses untuk mengubah fuzzy output menjadi crisp output. Metode defuzzifikasi yang digunakan pada makalah ini adalah COG. Untuk fungsi keanggotaan keluaraan fuzzy *singletone*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengecek apakah lcd dapat menampilkan hasil sesuai dengan coding yang telah dibuat.



■ **Gambar 12**. Pengujian LCD

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa *coding* yang dimasukkan berjalan dengan baik sesuai dengan perintah yang diolah oleh mikrokontroller untuk ditampilkan ke lcd. Dapat dilihat pada baris ke –0 kolom ke – 2 menunjukkan karakter berupa "SKRIPSI 2021", sedangkan pada baris ke – 1 kolom ke – 1 menunjukkan hasil tulisan berupa "ERISKA ANGGITA".

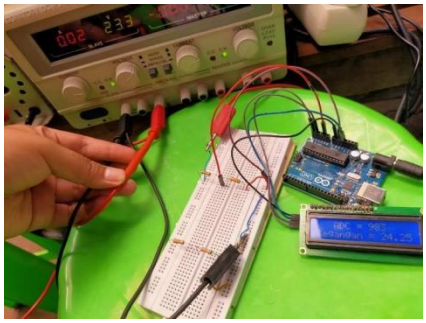
Sensor Tegangan

Tujuan dari pengujian pada bagian ini adalah untuk mendapatkan pembacaan rangkaian pembagi tegangan kemudian membandingkan angka yang ditampilkan pada layar LCD dengan angka yang diukur oleh multimeter untuk menentukan apakah sensor tersebut dapat digunakan dan Anda akan mengetahui nilai kesalahan dan tingkat kesalahan dari dua pengukuran yang dilakukan (LCD dan multimeter).

■ **Tabel 1**. Hasil uji sensor tegangan

No	Vin	DUT	Avometer	Error	Errror (%)
1	0	0	0	0	0%
2	3	2,95	2,98	0,03	1%
3	5	4,97	4,93	0,04	1%
4	6	5,97	5,89	0,08	1%
5	9	8,97	8,91	0,06	1%
6	10	9,99	9,93	0,06	1%
7	12	12,02	11,95	0,07	1%
8	13	13,03	13,03	0	1%
9	15	15,03	15,00	0,03	0,2%
Error rata-rata					1%

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap rangkaian pembagi tegangan sisi *output* diperoleh selisih nilai *error* rata – rata sebesar 1%. Kemudian untuk pengukuran yang tampil pada LCD nilai selalu berubah – ubah dengan range yang masih bisa ditoleransi, begitu juga pengukuran menggunakan voltmeter. Sehingga bisa disimpulkan bahwa pengujian rangkaian pembagi tegangan sisi *output* berjalan dengan baik.



■ **Gambar 13**. Pengujian sensor tegangan

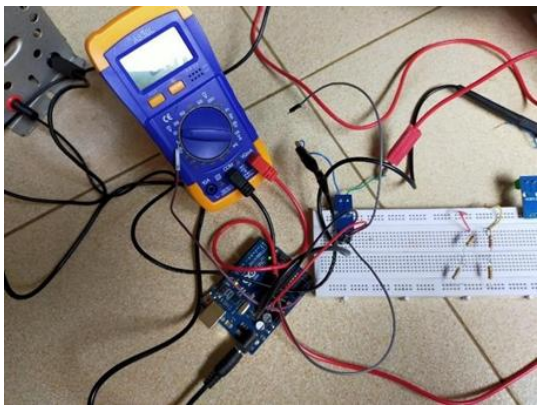
Sensor Arus Acs712

Tujuan pengujian pada bagian ini adalah untuk mengambil data yang dibaca oleh sensor arus, setelah itu hasil data dibandingkan antara angka yang tertera di layar LCD dengan angka yang terukur menggunakan multimeter untuk mencari tahu apakah sensor dapat digunakan dan mengetahui berapakah nilai *error* dan presentase *error* pada 2 percobaan pengukuran yg sudah dilakukan (LCD dan multimeter).

■ **Tabel 2**. Pengujian Sensor Arus ACS712

NO	Iin (Ampere)	Tampilan LCD	Error (%)
1	0	0,045 A	0
2	0,1	0,175 A	0,75%
3	0,2	0,265 A	0,32%
4	0,3	0,355A	0,18%
5	0,4	0,455 A	0,11%
6	0,5	0,540 A	0,08%
7	0,6	0,650 A	0,083%
8	0,7	0,745 A	0,064%
9	0,8	0,845 A	0,05%
10	0,9	0,950 A	0,05%
11	1	1,05 A	0,05%
12	1,1	1,145 A	0,04%
13	1,2	1,250 A	0,04%
14	1,3	1,345 A	0,03%
Error rata-rata			0,13%

Dari pengujian yang telah dilakukan bahwa pengujian rangkaian pembagi tegangan sisi *output* berjalan dengan baik. Sensor arus sisi *output* diperoleh selisih nilai *error* rata – rata sebesar 0,13%.



■ **Gambar 14**. Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian Zeta Konverter

Pengujian ini bertujuan untuk pengambilan data yang diperoleh dari zeta konverter dengan cara merubah-rubah nilai PWM agar memperoleh nilai tegangan keluaran konstan yakni 14 volt. Pada pengujian kali ini zeta konverter akan dijalankan dengan duty cycle 30% - 60%.

- ■ **Tabel 3**. Hasil pengujian output konstan zeta konverter

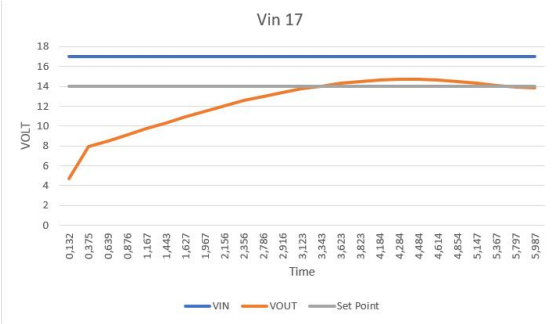
NO	Tegangan input (VIN)	*Dutycycle* (pwm)	Tegangan output	Error
1	24 V	30%	13,9	0,71%

2	22 V	33%	14,01	0,07%
3	20 V	37%	14,03	0,21%
4	18 V	42%	14,11	0,79%
5	16 V	46%	14,15	1,07%
6	14 V	50%	14,17	1,21%
7	12 V	56%	14,22	1,57%
8	10 V	61%	14,28	2,00%
		Error rata-rata		0,96%

Pengujian yang telah dilakukan pada tabel 4.8 dengan mengubah nilai tegangan input dan duty cycle (tegangan output konstan), hasil tegangan keluaran dengan mencari serta mengubah duty cycle yang sesuai sehingga tegangan konstan pada 14 Volt dan diperoleh nilai error rata – rata sebesar 0,96%.

Pengujian Kontrol Logika Fuzzy

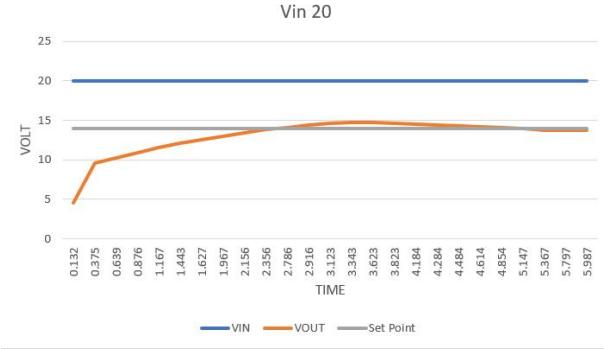
Pengujian di bagian ini mencoba menentukan respons sistem terhadap perubahan voltase *output* perangkat tersebut di bawah kontrol logika fuzzy. Di bawah ini adalah grafik respon sistem:



■ **Gambar 15**. Grafik respon sistem kontrol *fuzzy* vin 17V

Berdasarkan gambar 11 diperoleh parameter kontrol respon sistem sebagai berikut :

a. *Respon time* (tr) = 3,162 detik
b. *Overshoot* = 0 %
c. *Settling time* (ts) = 5,105 detik
d. *Error* (ess) = 1,3%



■ **Gambar 16**. Grafik respon sistem kontrol *fuzzy* vin 20 V

Berdasarkan gambar 12 diperoleh parameter kontrol respon sistem sebagai berikut:

a. *Respon time* (tr) = 2,266 detik
b. *Overshoot* = 0 %
c. *Settling time* (ts) = 5,074 detik
d. *Error* (ess) = 1%

Dari pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa hasil respon sistem yang digunakan pada Gambar 12 karena memiliki nilai yang lebih baik dari hasil respon sistem pada Gambar 11.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari beberapa perancangan, pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Prototype* alat saya dicarang menggunakan zeta konverter dengan *range* Vin 12-24 volt, dan Vout konstan 14volt dengan menggunakan komponen sensor tegangan yang berupa rangkaian pembagi tegangan serta sensor arus ACS712.
2. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan sensor tengangan dengan Vin 0-15volt didapatkan *error* rata-rata 1%, sedangkan sensor acs 712 dengan Iin 0-1,3 ampere didapatkan *error* rata-rata sebesar 0,13 volt. Zeta konverter bejalan menggunakan frequensi 6Khz. Didapatkan data dari pengujian zeta dengan *input* 10-24 Volt menghasilkan rata-rata error 0,96%.
3. Perancangan *fuzzy logic* menggunakan metode mamdani diperoleh respon sistem sebagai berikut: *response time* = 2,226 detik, *overshoot* = 0%, *settling time*(ts) = 5,074 detik, dan *error(*ess) = 1%.

Saran

1. Dalam perancangan komponen pemilihan komponen seperti mosfet, kapasitor maupun induktor harus diperhitungkan dengan baik agar keluaran konverter lebih baik.
2. Dikarenakan keterbatasan penulis dalam hal mekanik maka perlu adanya perubahan dari segi mekanik agar pengimplementasian lebih baik dan data yang diambil bisa dengan perbedaan posisi derajat panel surya.
3. Pada akhir skripsi ini diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode selain *solar charger controller* dan menggunakan metode kecerdasan yang lain selain *fuzzy logic controller.*

DAFTAR PUSTAKA

[1] Allegro MicroSystems, “Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor,” ACS712 datasheet, 2006 [Revised Jan. 2020].

[2] F. Jeff. (2017). “Designing DC/DC converters based on ZETA Topology”. Analog Application Journal of Texas Instruments Incorporated M.

[3] M. A. Amudha. 2019. Design and Simulation of Zeta Converter with ZVZCS Switching Technique. Journal of Engineering and Applied Sciences, 14: 2764-2774. Department of Electrical and Electronic Engineering Karpagam University.

[4] Sharma, Srishti. 2019. Zeta Converter with PI Controller. International Jurnal ofEngineering Trends and Technology(IJET). Volume 67 Issue 2. February 2019.

[5] Sunarno, Epyk. 2017. Desain Dan Implementasi Zeta Converter Dengan Metode Mppt Modified P&O Pada Aplikasi Rumah Mandiri. Teknik Elektro Industri. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

[6] Umam, Choirul. 2019. Rancang Bangun Dan Monitoring Zeta Converter Sebagai Penstabil Tegangan Dengan Metode Modified Perturb & Observe (Po) Berbasis Internet Of Thing (Iot). Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah Surabaya.

[7] Umam, Choirul. 2019. Rancang Bangun Dan Monitoring Zeta Converter Sebagai Penstabil Tegangandengan Metode Modified Perturb & Observe (Po)Berbasis Internet Of Thing (Iot)Pada

Wind Turbine. Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah Surabaya.

[8] Purwati, Laras Ayuningtias. 2017. Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani. urusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.

[9] Datasheet Arduino Uno from online datasheet: https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf

[10] Datasheet LCD from online datasheet: https://circuitdigest.com/article/16x2-lcd-display-module-pinout-datasheet