

## RANCANG BANGUN PROTOTYPE SOLAR CELL BUCK BOOST CONVERTER MENGUNAKAN KONTROL FUZZY DI IMPLEMENTASIKAN PADA AERATOR TAMBAK UDANG

**Imam Setyawan**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [imamsetyawan@mhs.unesa.ac.id](mailto:imamsetyawan@mhs.unesa.ac.id)

**Bambang Suprianto**

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [bambangsuprianto@unesa.ac.id](mailto:bambangsuprianto@unesa.ac.id)

### Abstrak

Udang merupakan hewan yang membutuhkan O<sub>2</sub> guna keberlangsungan hidup. Sedangkan pengusaha di daerah terpencil masih belum terjangkau listrik yang diharapkan untuk memulai usaha tambak udang sebagaimana *aerator* yang diupayakan untuk aerasi tambak udang terkendala listrik. Maka solusi yang tepat hal tersebut ialah sumber energi matahari dengan melalui panel surya. Namun dikarenakan output yang tidak stabil maka buck boost converter diupayakan dapat membantu stabilitas mengecas pada *accu*. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengatur tegangan output dengan menggunakan kontrol *fuzzy* yang bisa digunakan untuk *prototype* tambak udang dan juga mengetahui kinerja hasil perancangan guna stabilitas *charge accu*. Penelitian ini dilakukan dengan metode *Research and Deveploment* dimana perancangan *Prototype* solar cell menggunakan buck boost converter diupayakan dapat mengisi *Accu* dengan kapasitas sebesar 12 volt 45 Ah dengan keluaran 14 volt 4 ampere. Namun hasil keluaran tegangan 14 volt pada keluaran dengan drop tegangan pada 13 volt saat charger *accu* dan arus yang didapatkan 1 ampere pada tegangan yang didapatkan dengan rata-rata 19 volt. Pada percobaan *system* pengendali fuzzy buck boost converter dengan memberikan *duty cycle* berbasis mikrokontroler Arduino uno berhasil menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan dari 10,5 volt - 20,8 dimana pengujian menggunakan kontrol tegangan keluaran masih bisa terjaga 14 volt berbeda dengan tanpa kontrol fuzzy hasil keluaran tidak terjaga pada keluaran yang diharapkan yaitu 14 volt. Dan penggunaan beban dalam sehari 36,48 Ah untuk 2 beban aerator dengan masing-masing aerator dalam sehari membutuhkan 18 Ah.

**Kata kunci :** Panel Surya, PWM, Fuzzy, Arduino, Aerator

### Abstract

Shrimp are animals that need O<sub>2</sub> for survival. Whereas entrepreneurs in remote areas are still not covered by electricity, which is expected to start a shrimp pond business as an aerator that is strived to aerate electric constrained shrimp ponds. So the right solution is source of solar energy through solar panels. However, because output is not stable then buck boost converter is attempted to help stabilize batteries. Purpose of this study is to regulate the output voltage using fuzzy controls that can be used to prototype shrimp farms and also know the performance design results for stability of charge batteries. This research was carried out by Research and Deveploment method where design of solar cell prototype using buck boost converter was attempted to be able to fill the *Accu* with a capacity of 12 volts 45 Ah with an output of 14 volts 4 amperes. But output voltage of 14 volts at output with a voltage drop on 13 volts when battery charger and current obtained 1 ampere on voltage obtained with an average of 19 volts. In an experiment with a fuzzy buck boost converter system that provides a *duty cycle* based on the Arduino uno microcontroller it can increase voltage and reduce voltage from 10,5 volts – 20,8 where testing using output voltage control can still be maintained 14 volts different from without output fuzzy controls not maintained at expected output of 14 volts. And use of load in a day 36,48 Ah for 2 aerator loads with each aerator in a day requires 18 Ah.

**Keywords :** Solar Panels, PWM, Fuzzy, Arduino, Aerator

### PENDAHULUAN

Listrik merupakan hal yang tidak bisa di lepaskan dari kehidupan sehari – hari setiap orang. Di era yang serba elektronik ini, hampir setiap peralatan menggunakan listrik sebagai sumber untuk dapat beroperasi. Pada umumnya untuk mendapatkan listrik kita harus berlangganan listrik pada PLN.

Namun dibebberapa daerah masih belum terjangkau pasokan PLN. Seperti halnya dari 1.390 desa tak berlistrik di Sumatera, 36 desa di antaranya ada di aceh, 292 desa di Aceh Sumatera Utara, 364 desa di Sumatera Barat, 262 desa di Riau, 87 desa di Kepulauan Riau, 98 desa di Sumatera Selatan, 117 desa di Jambi, 35 desa di Bengkulu, 1 desa di Bangka Belitung, 98 desa Namun dibebberapa daerah masih belum terjangkau pasokan

PLN. Seperti halnya dari 1.390 desa tak berlistrik di Sumatera, 36 desa di antaranya ada di Aceh, 292 desa di Aceh Sumatera Utara, 364 desa di Sumatera di Lampung, Direktur Bisnis Regional Sumatera PLN, Amir Rosidin (M. Agustinus, 2016). Oleh sebab itu direktur utama PLN Sofyan Basir mengupayakan dari 2.500 desa di seluruh Indonesia yang belum mendapatkan listrik sama sekali ini kami masih masuk 800 desa yang belum pernah ada listrik (Miftahudin, 2016). Maka untuk menanggulangi distribusi listrik di daerah-daerah tersebut, banyak sekali upaya sumber alternatif namun yang bagus untuk di berikan ialah dari solar cell.

Selain itu manfaat yang didapat dari solar cell ini dapat menghemat biaya konsumsi listrik yang dapat menghambat pengusaha di daerah terpencil, salah satunya pada *aerator* dalam usaha tambak udang yang sebagai mana mestinya udang sendiri membutuhkan O<sub>2</sub> untuk keberlangsungan pernapasan.

Panel surya cocok diterapkan di Indonesia, karena Indonesia negara yang terletak dikawasan katulistiwa dan memiliki iklim tropis. Hal ini diungkapkan Hermawan, berdasarkan letak geografis yang strategis, hampir seluruh daerah di Indonesia berpotensi untuk dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan daya rata-rata mencapai 4kWh/m<sup>2</sup>. Kawasan barat Indonesia memiliki distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan 10% sementara kawasan timur Indonesia berpotensi penyinaran sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Kusnan, 2017).

Tetapi panel surya memiliki kekurangan yaitu memiliki tegangan (V) output yang tidak stabil, dikarenakan panel surya bergantung pada intensitas puncak dari radiasi matahari. Maka untuk mendapatkan tegangan keluaran yang sesuai pada suplai *accu* diberikan perangkat keras tambahan yaitu *buck-boost converter* berbasis metode kontrol *fuzzy logic*. Dengan tegangan (V) output keluaran yang telah distabilkan dari *buck-boost converter* dapat memperpanjang umur aki.

**Kajian Pustaka**

**Panel Surya atau Solar Cell**

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Yang dimaksud dengan Efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena di mana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel *Photovoltaic* (PV).

**Buck- Boost Converter**

*Buck-boost* converter adalah konverter DC (*Direct Current*) yang output tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan input, dan juga tegangan outputnya selalu bernilai negatif. Seperti halnya konverter *buck* dan konverter *boost*, konverter *buck-boost* memiliki rangkaian yang terdiri dari induktor, kapasitor, diode freewheel, dan komponen *switching* seperti Thyristor, MOSFET, IGBT, dan GTO. Proses *switching* pada konverter ini juga disulut oleh PWM sebagai pengaturan duty cycle yang sangat berpengaruh pada besar kecilnya tegangan output dari *buck-boost* converter.



**Gambar 1.** Rangkaian *Buck-Boost Converter* Switch Open

Sumber: (James A.Rehg, 2006)

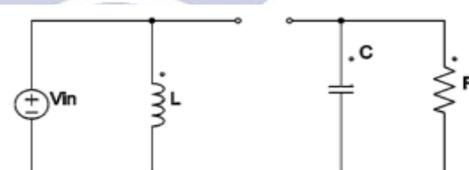
pada kondisi *open*, tegangan induktor adalah:

$$v_L = v_{in} = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \left(\frac{v_{in}}{L}\right) \tag{1}$$

Maka perubahan arus induktor ketika *switch open* adalah :

$$(\Delta i_L)_{open} = L \frac{v_o(1-D)T}{L} \tag{2}$$



**Gambar 2.** Rangkaian *Buck-Boost Converter* Switch Closed

Sumber: (James A.Rehg, 2006)

pada kondisi *closed*, tegangan induktor adalah:

$$v_L = v_{in} = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \left(\frac{v_{in}}{L}\right) \tag{3}$$

Maka perubahan arus induktor ketika *switch closed* adalah :

$$(\Delta i_L)_{closed} = \frac{v_{in}DT}{L} \tag{4}$$

*Buck-boost* converter memiliki polaritas tegangan output yang terbalik dari tegangan input. Besarnya tegangan output adalah :

$$v_o = -v_s \left( \frac{D}{1-D} \right) \quad (5)$$

Di mana :

$V_L$  = Tegangan di induktor (V)

$V_{in}$  = Tegangan sumber (V)

$L$  = Induktor (H)

$i_L$  = Arus di induktor (A)

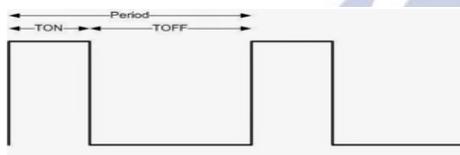
$V_o$  = Tegangan Output (V)

$D$  = *Duty cycle*

$T$  = Time

### Pulse Width Modulation (PWM)

PWM atau *Pulse Width Modulation* dalam bahasa Indonesia ialah Modulasi Lebar Pulsa. PWM adalah salah satu pemodulasian sinyal dengan mengubah-ubah besar *duty cycle* dari sinyal untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda.



**Gambar 3.** Pulse atau Pulsa  
Sumber:(teknikelektronika.com, 2018)

Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara (0%-100%). Dari gambar 3 didapat persamaan sebagai berikut.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (6)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (7)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (8)$$

Di mana :

$T_{on}$  = waktu on

$V_{in}$  = Tegangan Input (V)

$V_{ot}$  = Tegangan Output (V)

$D$  = *Duty cycle*

### Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada proyek ini menggunakan IC ACS 712. Sensor ini presisi dalam pengukuran arus AC maupun DC. Namun sensor ACS712 menggunakan *hall-effect*.

### Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis Atmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital di mana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai dan sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset.

### Fuzzy Logic Control

Fuzzy Logic adalah suatu cabang ilmu Artificial Intelligence, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Dengan kata lain fuzzy logic mempunyai fungsi untuk “meniru” kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya . ke suatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lain-lain.

Dalam implementasi fungsi fuzzy pada suatu perangkat ada tiga proses yaitu :

1. Fuzzification, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi fuzzy yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi kenggotaannya masing-masing.
2. Interference System (Evaluasi Rule), merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variabel masukan dan keluaran yang mana analisa yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IF-THEN”.
3. Defuzzification, merupakan proses pengubahan analisa berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (crisp) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

### Baterai (Accu atau Aki)

Baterai (*Accu/Aki*) merupakan suatu komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya ke rangkaian listrik. Baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada kendaraan dan alat-alat elektronik. Sebagai catatan bahwa baterai tidak menyimpan listrik, tetapi menampung zat kimia yang dapat menghasilkan energi listrik. Dua bahan timah yang berbeda berada di dalam asam yang bereaksi untuk menghasilkan tekanan listrik yang disebut tegangan. Reaksi elektrokimia ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

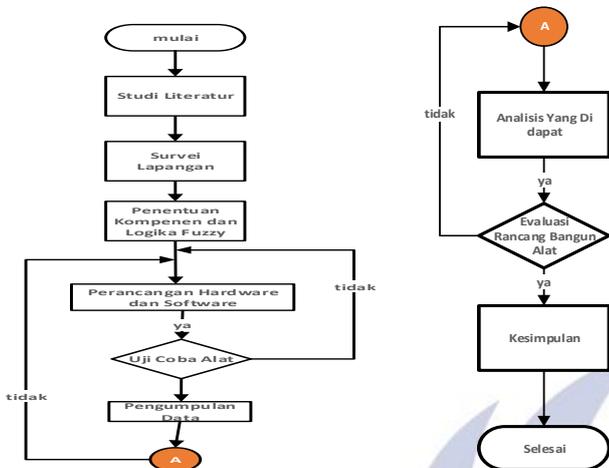
### Sensor Tegangan

Sensor adalah *transducer* (pengubah/pendeteksi) parameter lingkungan menjadi besaran analog representasinya. Pada dasarnya apapun sensor pasti akan dikonversi ke tegangan agar dapat diolah untuk proses selanjutnya, demikian juga arduino. Jika range tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada max 5 v.

**METODE**

**Rancangan Penelitian**

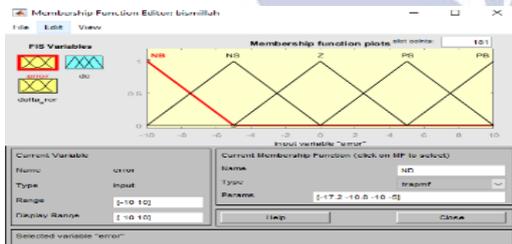
Rancangan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam langkah-langkah penelitian pada Gambar 4.



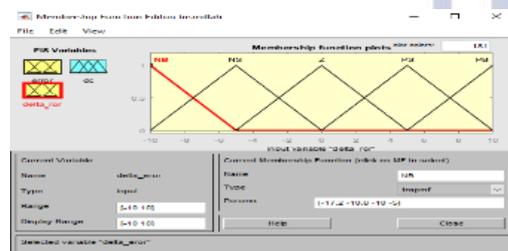
Gambar 4. Alur Proses Rancangan Penelitian

**Perancangan Logika Fuzzy**

Dalam proses pengendalian pada proyek akhir ini adalah control logika fuzzy. Di mana input logika fuzzy yang digunakan adalah tegangan yang terdiri dari error dan delta error. Metode yang digunakan pada logika fuzzy ini adalah metode sugeno. Berikut Gambar dari membership function dari error dan delta error.



Gambar 5. Plot Membership Function Error



Gambar 6. plot membership function delta error

Ada-pun teori penunjang dalam mengambil logika fuzzy diperlukan pemisalan data. Dengan mencari error dan delta error ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Error(k) = V_{rf}(k) - V_o(k) \tag{9}$$

$$Delta\ Error = e(k) - E_{seb}(k) \tag{10}$$

Di mana :

$V_{rf}(k)$  = tegangan refrensi

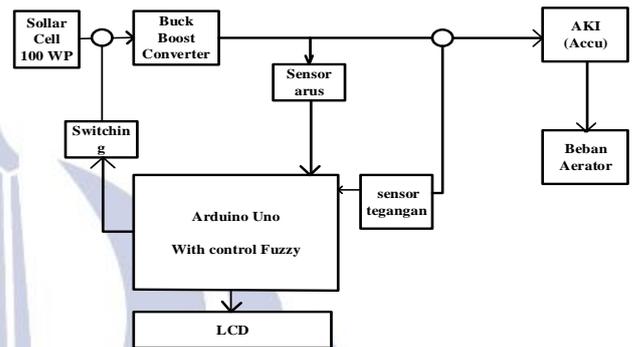
$V_o(k)$  = tegangan output

$e(k)$  = error

$E_{seb}(k)$  = error sebelumnya

**Desain Blok Diagram Hardware**

Desain sistem keseluruhan hardware yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Blok Diagram Alur Implementasi Hardware

Pada tugas akhir ini sumber tenaga solar cell menggunakan energi matahari yang mengubah elektron untuk menghasilkan energi listrik. Namun dikarenakan penyinaran yang terjadi tidak memungkinkan kestabilan maka keluaran yang dihasilkan tidak stagnan pada keluaran sumber tegangan yang akan dipakai, untuk itu diberikan buck boost converter agar keluaran tegangan yang akan digunakan dapat stabil 14 volt, jika tegangan keluaran dari solar cell terlalu besar ataupun terlalu kecil maka mikrokontroler dengan metode fuzzy akan menyesuaikan PWM sehingga tegangan output sesuai yang di inginkan. Didalam tugas akhir ini mikrokontroler menggunakan Arduino uno.

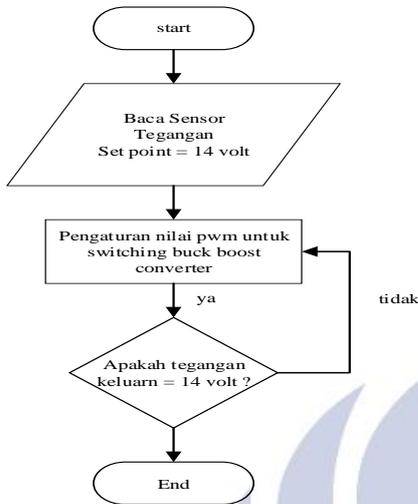
Sensor tegangan digunakan sebagai monitoring tegangan dari buck boost converter. Dikarenakan hasil pembacaan dari sensor tegangan digunakan sebagai input pada Arduino Uno. Setelah outputnya dikatakan stabil, maka hasil keluaran tersebut digunakan untuk suply pengisian accu 12 volt dengan kapasitas 45 Ah. Selain itu diberikan LCD untuk memonitoring tegangan dan arus pada keluaran maupun sebelum masuk suply accu.

Pada tugas akhir ini accu yang digunakan adalah jenis accu kering dan spesifikasi accu adalah 12 volt dengan kapasitas sebesar 45 Ah. Accu sendiri pada saat charge jika nilainya dibawah maka tidak dapat mengcharge dan sebaliknya jika nilai diatasnya maka akan merusak umur dari accu itu sendiri.

Setelah kapasitas accu terpenuhi selanjutnya accu tersebut digunakan untuk mensupply kebutuhan beban aerotor.

### Desain Flowhart Program

Untuk desain *flowchart* program ini dapat di lihat pada Gambar 8.

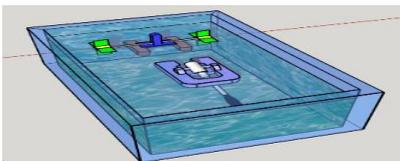


Gambar 8. Flowchart Program Sensor Tegangan untuk Mensupply Accu / Aki

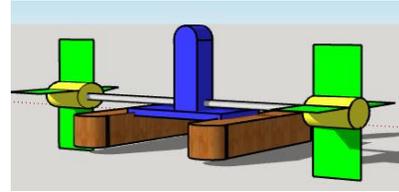
Rancang bangun *software* yang dimaksud adalah sebuah program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler Arduino UNO dengan *set point* yang diharapkan ialah 14 volt. Pemilihan 631nalis Arduino ini untuk mengkonfigurasi keseluruhan *device* yang digunakan dalam perancangan kontrol dengan metode *fuzzy logic* yang di mana hasil keluaran dari *buck-boost converter* akan dibaca terlebih dahulu oleh sensor tegangan untuk menyesuaikan dengan *set point* yang akan digunakan untuk mengcharge *accu*. Jika hasil dari *Solar cell* tersebut kurang dari *set point* maka tegangan akan dinaikkan kemudian dibaca oleh sensor tegangan setelah tegangan sesuai maka proses selanjutnya untuk charge *accu*, sebaliknya jika tegangan melebihi dari *set point* maka tegangan akan diturunkan kemudian dibaca sensor tegangan jika memenuhi *set point* maka proses selanjutnya untuk charge *accu* tersebut. Hal ini dilakukan terus-menerus hingga proses pengisian *accu* full.

### Desain Perncangan Aerator

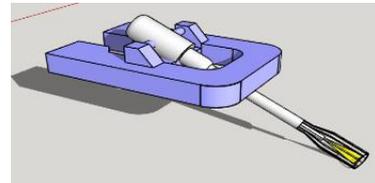
Dalam tahap ini akan dijelaskan desain dari perancangan alat *aerator* jenis *jet aerator* dan *paddle whell* pada tambak udang.



Gambar 9. Desain Perancangan Umum



Gambar 10. Desain Aerator Paddle Whell



Gambar 11. Desain Aerator Jet Aerator

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat, pengujian *system* program beserta integrasi antara *system* alat dan *system* program yang telah direncanakan dan di Analisa. Tujuan dari pengujian dan analisa ini adalah untuk mengetahui keberhasilan dari keseluruhan alat dan program yang telah di rancang.

### Hasil Pengujian Sollar Cell

Pada pengujian *solar cell* pada proyek akhir ini menggunakan panel surya sebesar 100 WP. Di mana pengujian keluaran *solar cell* yang didapat sebagai keluaran yang akan dikontrol untuk *system* pengisian *accu*.

Pada kondisi spesifikasi di atas, dilakukan pengujian *solar cell* menggunakan hambatan 40 Ohm. Beban disini digunakan agar tidak *open circuit* saat pengambilan data arus. Pengujian *solar cell* dilakukan pada bulan February pukul 08.00 hingga pukul 16.00 . berikut adalah tabel data pengujian *solar cell*. Dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Pengujian Solar Cell Pertama

Waktu (jam)	Dengan hambatan 40 Ohm		
	V (Volt)	I (Ampere)	P (VxI) (Watt)
8.00	20,4	1	20,4
9.00	20,2	0,83	16,76
10.00	19	0,44	8,36
11.00	19,1	0,44	8,4
12.00	19,5	0,46	8,97
13.00	19,5	0,46	8,7
14.00	19,7	0,47	9,2
15.00	19,9	0,44	8,7
16.00	18,3	0,31	5,58
Rata – rata	19,5	0,54	10,5

**Tabel 3.** Data Pengujian Solar Cell Kedua

Waktu (jam)	Dengan hambatan 40 Ohm		
	V	I	P (VxI)
	(Volt)	(Ampere)	(Watt)
8.00	20,4	1	20,4
9.00	19,2	0,45	8,64
10.00	19,5	0,46	8,97
11.00	19,6	0,46	9,0
12.00	19,8	0,47	9,3
13.00	19,9	0,47	9,3
14.00	20,1	1	20,1
15.00	19,8	0,44	8,7
16.00	18,5	0,31	5,7
Rata – rata	19,5	0,5	9,8

Berdasarkan tabel di atas 2 dan 3, tegangan yang dihasilkan oleh panel surya rata-rata menghasilkan tegangan 19,5. Sedangkan arus yang didapatkan dengan hambatan 40 Ohm mendapatkan rata-rata arus 0,5. Hal ini didapatkan berdasarkan insitentitas matahari pada perubahan posisi peninaran.. Yang mempengaruhi keluaran daya dari solar cell diantaranya adalah cuaca dan intensitas dari cahaya matahari, di mana data keluaran pengujian solar cell pada Tabel 2 dan 3 akan dijadikan parameter perancangan *system buck boost converter*.

**Pengujian LCD 16 x 2**

Pengujian LCD 16x2 merupakan pengujian tampilan LCD dengan tujuan apakah LCD dalam kondisi baik dan mampu menampilkan karakter .



**Gambar 13.** Hasil Pengujian LCD 16x2

**Pengujian Sensor Arus**

Pada pengujian sensor sensor arus menggunakan ACS 712 dengan range 10 ampere, pembacaan sensor dari arus beban akan dikirim ke mikrokontroler kemudian akan di tampilkan ke dalam LCD. Pada alat ini menggunakan 2 sensor arus yang masing-masing terletak pada output *buck boost* dan solar cell. Untuk mendapatkan nilai rata – rata *error* maka menggunakan persamaan :

$$(\%error = \frac{iout\ alat\ ukur - iout\ sensor}{iout\ alat\ ukur} \times 100\%) \quad (11)$$

Berikut data hasil pengukuran tersebut:

**Tabel 4.** Hasil Data Pengujian Sensor Arus *Buck Boost*

No	Io Buck Boost (Ampere)	LCD (Io Mikro)	Error (%)
1	1,03	1,02	0,9
2	1,01	1,02	0,9
3	1	0,98	2
4	0,78	0,84	7,6
5	1,2	1,17	2,5
6	1,5	1,5	0
7	1,41	1,42	0,71
8	1,04	1,04	3,2
9	1,08	1,08	0
10	1,41	1,43	1,4
Rata - rata			1,9%

**Tabel 5.** Hasil Data Pengujian Sensor Arus Solar Cell

No	Io Solar Cell (Ampere)	LCD (Io mikro)	Error (%)
1	1,3	1,12	13
2	0,46	0,56	3,7
3	1,2	1,17	2,5
4	0,73	0,73	0
5	0,56	0,56	0
6	1,41	1,34	4,9
7	1	1,02	2
8	1,5	1,5	0
9	1,07	1,04	2,8
10	0,82	0,84	2,4
Rata - rata			3.13%

Hasil pada Tabel 4 dan 5 merupakan hasil percobaan pembacaan sensor dengan membandingkan antara pengukuran pada alat ukur amperemeter dengan sensor arus yang tertampil di LCD. Untuk mendapatkan nilai rata – rata *error* maka menggunakan persamaan

$$(rata-rata \%error = \frac{\Delta \%error}{jumlah\ percobaan}) \quad (12)$$

Setelah diukur dan dihitung *error* rata-rata dari pembacaan tegangan melalui sensor arus didapatkan 1,9% pada Tabel 4 dan 3,13% pada Tabel 5. Yang berarti sensor arus sudah cukup baik untuk digunakan pada proyek akhir ini.

**Pengujian Sensor Tegangan**

Hasil data yang diperoleh untuk pengujian sensor tegangan kali ini menggunakan 2 sensor, yaitu sensor pembagi tegangan di mana sensor tegangan ini terdapat

pada keluaran panel dan juga pada *buck boost converter*. Untuk pengujian sensor tegangan ini membandingkan antara keluaran pada LCD dan alat ukur sehingga didapatkan nilai berapa %*error* antara keluaran tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$(\%error = \frac{V_{out \text{ alat ukur}} - V_{out \text{ sensor}}}{V_{out \text{ alat ukur}}} \times 100\%) \quad (13)$$

Berikut hasil pengukuran 2 sensor tegangan tersebut.

**Tabel 6.** Hasil Data Pengujian Sensor Tegangan Pada Solar Cell

No	Vo Solar Cell (Volt)	LCD (Vo Mikro) (Volt)	Error (%)
1	7	7	0
2	8,5	8,2	3,5
3	9	9,05	0,5
4	11	11,6	5
5	12,7	12,8	0,7
6	14	14,63	4,5
7	15	15,03	0,2
8	17	17	0
9	19	19	0
10	20	20,3	1,5
Rata – rata			1,6%

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Sensor Tegangan Pada Buck Boost

No	Vo Solar Cell (Volt)	LCD (Vo Mikro) (Volt)	Error (%)
1	7	7	0
2	8,5	8,4	1,2
3	9	8,7	3,3
4	11	11,2	1,8
5	12	12,3	2,5
6	14	14,01	0,07
7	15	15	0
8	17	17,23	1,3
9	19	19,6	3
10	20	20,8	4
Rata- rata Error			1,7 %

Pada pembacaan data pada Tabel 6 dan 7 terlihat bahwa data dengan membandingkan antara pengukuran pada alat ukur amperemeter dengan sensor tegangan yang tertampil di LCD. Untuk mendapatkan nilai rata – rata *error* maka menggunakan persamaan

$$(\text{rata- rata } \%error = \frac{\text{delta } \%error}{\text{jumlah percobaan}}) \quad (14)$$

Setelah diukur dan dihitung *error* rata-rata dari pembacaan tegangan melalui sensor tegangan didapatkan 1,6% pada Tabel 6 dan 1,7% pada Tabel 7. Yang berarti sensor tegangan sudah cukup baik untuk digunakan pada proyek akhir ini

### Pengujian Buck Boost Converter

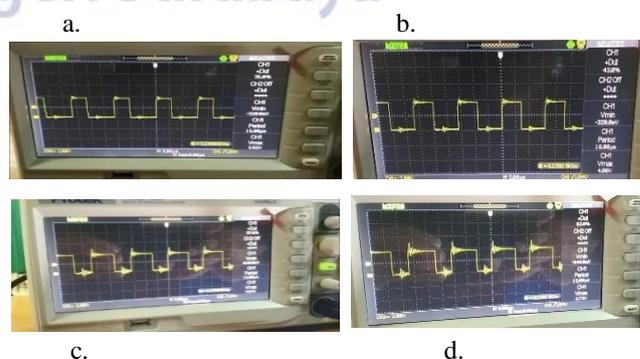
Indikator yang diuji pada converter berupa hasil pwm *duty cycle* sebagai kontrol tegangan dari solar cell untuk pengisian battery agar selalu konstan. pengujian ini diharapkan agar dapat mempertahankan *output* tegangan sebesar 14 volt dengan memberikan *duty cycle* pwm yang diharapkan. Dimulai pada percobaan dari tegangan maksimal *output* pada solar cell hingga kinerja minimum yang bisa dilakukan *buck boost converter* dapat dilihat pada Tabel 8, 9 dan Gambar hasil pengujian PWM dapat dilihat pada Gambar 15.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Buck-Boost Converter control fuzzy dengan beban 20 Watt.

Duty cycle (%)	Vin BB (Volt)	I in BB (Ampere)	Vo BB (Volt)	Io BB (Ampere)
37	20,8	0,54	14,33	0,98
43	17,4	0,72	14	0,9
50	14,4	1,41	14	1,5
57	13,3	1,5	14,26	1,56
62	10,5	1,67	13,85	1,7

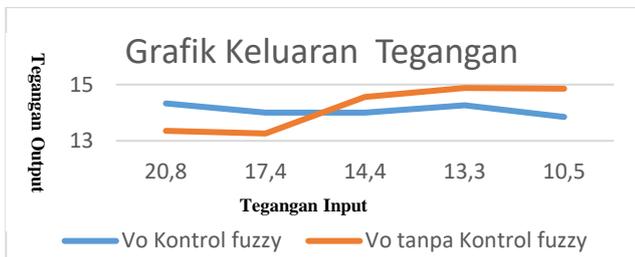
**Tabel 9.** Hasil Pengujian Buck-Boost Converter Tanpa Kontrol Fuzzy Dengan beban 20 Watt.

Duty cycle (%)	Vin BB (Volt)	I in BB (Ampere)	Vo BB (Volt)	Io BB (Ampere)
37	20,8	0,52	13,36	0,84
43	17,5	0,54	13,26	0,82
50	14,4	1,36	14,56	1,41
57	13,3	1,4	14,88	1,46
62	10,5	1,47	14,85	1,5

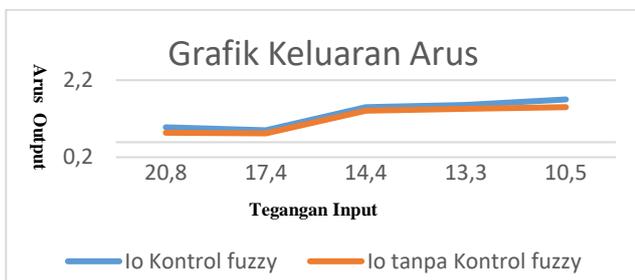


**Gambar 14.** a. Duty Cycle 37% b. Duty Cycle 43%  
c. Duty Cycle 57% d. Duty Cycle 62%

Terlihat bahwa pada Gambar 14 yang di dapatkan pada hasil pengujian osciloskop menunjukkan *system* penyulut yang dihasilkan dari mikrokontroler sudah bekerja semestinya sehingga dapat merubah keluaran tegangan.



Gambar 15. Grafik Keluaran Tegangan



Gambar 16. Grafik Keluaran Arus

Dilihat dari Gambar 15 grafik keluaran tegangan dapat diketahui tegangan output didapat dari tegangan keluaran *buck boost converter* dengan tegangan *set point* yang diharapkan yaitu 14 volt ,pada pengujian saat menggunakan kontrol fuzzy untuk mempertahankan hasil keluaran tegangan masih bisa diharapkan. Berbeda pada saat tanpa menggunakan kontrol hasil keluaran tegangan yang diharapkan tidak terjaga 14 volt. Dari Gambar 16 grafik keluaran arus dapat diketahui keluaran arus pada pengujian menggunakan kontrol dan tanpa kontrol arus yang didapatkan tidak terdapat perbedaan.

**Pengujian Sistem Terintegrasi**

Pada pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan semua perangkat keras dengan kontrol fuzzy. Kontrol fuzzy ini akan digunakan untuk setting tegangan output pada solar cell untuk memberikan perintah pada converter agar memberikan tegangan keluaran yang konstan guna mengecras *accu*. Berikut gambaran dari pengujian integrasi dengan beban *accu*, dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hardware Pengujian Integrasi Sistem

*Accu* yang terisi penuh selanjutnya akan digunakan untuk sumber pada beban aerator. Hasil pengujian beban ini dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Data Pengujian Integrasi

Waktu WIB	Vin Buck Boost (Volt)	Iin Buck Boost (Ampere)	Vout Buck Boost (Volt)	Iout Buck Boost (Ampere)	D (Duty Cycle)
08.00	19	0,69	13,83	1,13	40,43
09.00	19,4	0,73	14,21	1,2	30,43
10.00	19,5	0,63	13,81	0,93	41,57
11.00	19,6	0,60	13,91	0,82	41,57
12.00	19,8	0,73	14,33	0,84	41,57
13.00	19,1	0,56	14,11	1,10	38,43
14.00	19,2	0,56	13,91	1,05	37,25
15.00	19,3	0,62	14,14	1,09	37,65
16.00	18,4	0,71	13,84	1,04	39,22

Dari hasil tabel 10 yang didapatkan saat terintegrasi didapatkan hasil keluaran pada panel surya kisaran 19 volt dan turun saat jam 16.00 masih bisa mendekati *set point* 14 volt. Dengan arus rata- rata keluaran 1 ampere. Namun pada pengecekan avometer terjadi drop tegangan terjadi pada 13 volt.

Setelah lebih dari jam 16.00 merupakan batas jam penentuan pengujian integrasi dengan aki. Selebihnya hanya diambil data arus masukan dari aki dan batas kemampuan aki untuk menyuplai beban.

**Tabel 11.** Data Arus Masukan Pada Beban Aerator

Jenis beban	Lama nyala (Hour)	Arus (Ampere)	Total Arus (Ah)
Jet Aerator	24	0,74	17,76
Padhel wheel	24	0,76	18,24
Jet Aerator dan Padhel Wheel	24	1,52	36,48

Dalam tabel di atas dapat diketahui bahwa pemakaian dalam sehari dengan 2 beban menghabiskan arus battery sebesar 36,48 Ah. Sedangkan pada beban jet aerator dan padhel wheel total arus yang dihabiskan memiliki kesamaan dengan rata - rata 18 Ah. Sehingga jika diupayakan menjalankan converter dengan me *charge accu* dan menjalankan beban tidak akan memungkinkan bisa terjadi. Dikarenakan arus permintaan dari masing - masing motor dc membutuhkan arus permintaan 0,74 ampere pada jet aerator dan 0,76 ampere pada padhel wheel. Sedangkan arus dari perencanaan converter bekerja dengan keluaran arus rata – rata 1 ampere.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan data hasil yang diperoleh dan Analisa hasil percobaan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan dan pembuatan sistem. *Protoype buck boost converter* dengan kontrol fuzzy telah berhasil dibuat dari *set point* yang diharapkan yaitu 14 volt dengan hasil keluaran converter yang dikontrol dengan fuzzy. Sedangkan pada pengujian converter tanpa kontrol mendapatkan hasil yang berbeda dengan *set point* 14 volt yang diharapkan. Sedangkan pada keluaran arus tidak terdapat perbedaan.

*Protoype buck boost converter* dengan kontrol fuzzy telah berhasil dibuat di mana pada saat pengujian *system* terintegrasi dengan *charge* pada *accu set point* yang diharapkan 14 volt. Namun pada saat pengecekan pada keluaran dengan voltmeter terdapat drop tegangan di mana hasil keluarannya terjaga di 13 volt. Hal ini dikarenakan keluaran arus yang dihasilkan oleh converter tidak bekerja sesuai dengan yang diharapkan yaitu 1 ampere, dimana inductor tidak bekerja pada arus keluaran dalam perhitungan teori yang didapatkan pada 4 ampere. Dengan hal ini converter tidak dapat bekerja dengan terbebani oleh aerator, dikarenakan aerator sendiri pada saat percobaan dengan hanya sumber dari aki pemakaian beban yang diminta oleh aerator rata-rata harus disupply dengan arus 0,7 ampere. Dan untuk supply selama 1 hari bisa menghabiskan 36,48 Ah untuk 2 jenis aerator secara bersamaan, sedangkan untuk 1 jenis aerator mampu menghabiskan 18,24 Ah untuk *Paddle whell* dan 17,76 Ah untuk *Jet Aerator*. Maka jika diupayakan untuk *charge* dan juga pada saat terbebani converter diharapkan harus lebih besar keluaran arusnya yang bisa dilihat pada Tabel 11.

### Saran

Pada pengerjaan Proyek akhir ini tidak lepas dari berbagai macam kelemahan di dalamnya, baik itu pada perencanaan *system* maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan serta sebagai masukan untuk perbaikan *system* menjadi lebih sempurna ke depannya, maka diberikan beberapa saran dan harapan. Untuk perancangan rangkaian harus diperhatikan lagi analisa dan perhitungan agar nilai rancangan tepat dan akurat. Pada Inductor lebih dibesarkan guna stabilitas arus dan sebaiknya menggunakan alat ukur dengan akurasi dan kepresisian yang tinggi agar dapat memperkecil presentasi kesalahan. Percobaan range *error*, delta *error* dan output lebih ditingkatkan lagi dan melakukan eksperimen untuk mendapatkan hasil kontrol yang baik. Dan jika dilakukan untuk implementasi perlu lebih dikaji lagi beban yang akan dipakai, panel surya dan perencanaan converter nya diupayakan harus lebih besar keluaran arusnya. Dan lebih baik menggunakan *buck converter* dikarenakan rata-rata hasil tegangan keluaran panel diatas 14 volt.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ang, Gerard Dkk. 2017. *Implementation of a fuzzy controlled buck-boost converter for photovoltaic systems*. World Engineers Summit – Applied Energy Symposium & Forum: Low Carbon Cities & Urban Energy Joint Conference. Energy Procedia 143.
- A.Rehg,James Dkk. 2006. *Industrial Electronics*. New Jersey : Pearson Prentice Hall
- Michael- Agustinus. 2016. *PLN: 1.390 Desa di Sumatera Belum Dapat Pasokan Listrik*. (<https://finance.detik.com/energi/d-3355253/pln-1390-desa-di-sumatera-belum-dapat-pasokan-listrik>, Diakses 26 Januari 2018).
- Husen-Miftahudin. 2016. *PLN Akui 2.500 Desa Belum Teraliri Listrik*. (<http://ekonomi.metrotvnews.com/read/2016/12/20/630539/pln-akui-2-500-desa-belum-teraliri-listrik>, Diakses 27 Januari 2018).
- Kusnan.2017. *Indonesia Memiliki Potensi Untuk Mengembangkan Pembangkit Tenaga Surya*. (<http://warta17agustus.com/berita-indonesia-memiliki-potensi-untuk-mengembangkan-pembangkit-listrik-tenaga-surya.html> , Diakses 27 Januari 2018).
- Syamsiah, Nur, Ainur Rofiq Nansur,Syechu Dwitya Nugraha, 2013. *Pengaturan Tegangan Cell Surya melalui Buck-Boost Converter Menggunakan Kontrol PID Untuk Penerangan Dan Pompa Ditambak*, Teknik Elektro Industri,Vol.2, No.2, 2013