

OPTIMASI BUCK CONVERTER PADA SOLAR TREE MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Denda Dewatama¹, Mila Fauziyah², Hari Kurnia Safitri³

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Abstrak

Indonesia terletak di daerah tropis, potensi tenaga surya sangat besar (4,80 kWh/m²/hari) atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Jumlah ini merupakan gambaran potensi yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang. Sehingga sel surya merupakan salah satu potensi yang dapat dikembangkan. Penempatan sel surya yang optimal sangat diperlukan agar dapat menghasilkan energy yang optimal. Penggunaan multi sel surya dan ditempatkan sesuai konfigurasi pohon (pola fibonacci) akan menghasilkan energy yang lebih optimal karena Pola Fibonacci membantu cabang dan daun di pohon untuk menghindari bayangan satu sama lain. Untuk menghasilkan tegangan yang konstan, tegangan keluaran dari sel surya di stabilkan dengan rangkaian buck converter dengan kontrol logika fuzzy. Arah hadap sel surya paling optimum bila dihadapakan ke -200 (200 menghadap barat). Guna stabilitas pengisian aki digunakan buck konverter, dengan range tegangan input > 13 V – 25 V, frekuensi 20 kHz, dan tegangan keluaran 10 V. Sinyal respon dari kontrol logika fuzzy sebagai berikut : Respon time (tr) = 1,1 detik, Peak time (tp) = 2.0 detik, % over shoot = 25%, Settling time (ts) = 3,4 detik, Error steady state (ess) = ± 4%.

Kata-kata Kunci: Buck Converter, Solar Tree, Logika Fuzzy

Abstract

Indonesia is located in the tropics, the potential of solar power is very large (4.80 kWh / m² / day) or equivalent to 112,000 GWp, but which has been utilized only about 10 MWp. This number represents a considerable potential for future solar energy development. So that solar cells is one potential that can be developed. Optimal placement of solar cells is necessary to produce optimal energy. The use of multi-cell solar and placed according to the co'nfiguration of the tree (Fibonacci pattern) will

produce more optimal energy because Fibonacci Patterns help branches and leaves in trees to avoid shadowing each other. To produce a constant voltage, the output voltage of the solar cell is stabilized with a buck converter circuit with a fuzzy logic control. The direction of the solar cell face is most optimum when it is attained to -200 (200 facing west). The charging stability of the battery is used buck converter, with input voltage range > 13 V - 25 V, frequency 20 kHz, and output voltage 10 V. Signal response from fuzzy logic control as follows: Response time (t_r) = 1.1 seconds, Peak time (t_p) = 2.0 seconds, % over shoot = 25%, Settling time (t_s) = 3.4 seconds, Error steady state (ess) = $\pm 4\%$.

Keywords: buck converter, solar tree, kontrol logika fuzzy

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilalui garis khatulistiwa dan beriklim tropis. Hal ini membuat Indonesia hanya memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pemanfaatan energi alternatif di Indonesia sangat berlimpah, namun pemanfaatannya masih belum maksimal. Mengingat Indonesia terletak di daerah tropis, potensi tenaga surya sangat besar (4,80 kWh/m²/hari) atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Jumlah ini merupakan gambaran potensi yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang. (ESDM, 2012).

Aplikasi teknik pemasangan sel surya pada negara tropis mayoritas cenderung lebih datar. Hal ini menyebabkan cahaya matahari pagi hari dan sore hari tidak berada pada posisi yang tepat terhadap arah datangnya matahari. Akibatnya jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan menjadi lebih sedikit daripada seharusnya. Penempatan sel surya yang optimal sangat diperlukan agar dapat menghasilkan energy yang optimal. Penggunaan multi sel surya dan ditempatkan sesuai konfigurasi pohon akan menghasilkan energy yang lebih optimal (Gupta,2015).

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh multi sel surya selalu tidak stabil, dikarenakan bergantung intensitas cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar. Oleh karena itu

digunakan rangkaian buck converter yang dikendalikan dengan control logika fuzzy sehingga keluarannya stabil.

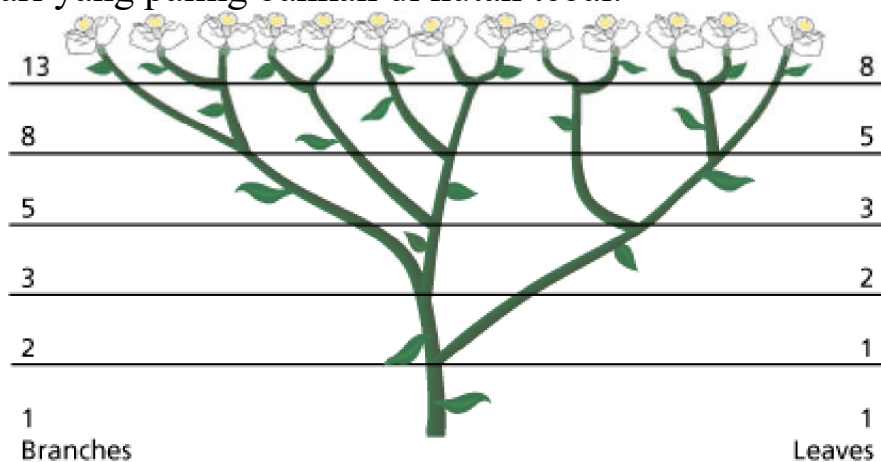
Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan suatu alat atau sistem tepat guna dalam memanfaatkan energy matahari sebagai sumber energy alternative.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah: Bagaimana merancang penempatan dan konfigurasi elektrik pada multi sel surya?, Bagaimana merancang buck converter pada multi sel surya? dan Bagaimana merancang kontrol logika fuzzy yang tepat pada rangkaian buck converter?

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Deret Fibonacci

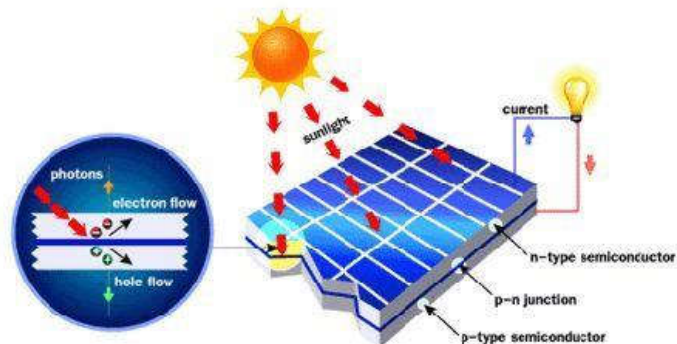
Bilangan Fibonacci berawal dari sebuah kasus yang dikemukakan oleh seorang matematikawan Italia, Fibonacci, dalam bukunya yang berjudul LiberAbaci. Bilangan Fibonacci adalah bilangan yang dapat ditunjukkan oleh barisan: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, dan seterusnya. Didefinisikan sebagai barisan bilangan yang suku-sukunya merupakan penjumlahan 2 suku sebelumnya. Dengan F_n menyatakan suku ke- n dari bilangan Fibonacci tersebut. $F_{n+2} = F_{n+1} + F_n$, untuk $n \geq 0$, dengan: $F_0 = 0$ dan $F_1 = 1$ (Purnamayanti, Thresye, dkk, 2012). Evolusi memilih pola Fibonacci untuk membantu pohon melacak matahari yang bergerak di langit dan mengumpulkan sinar matahari yang paling bahkan di hutan tebal.



GAMBAR 1. POLA DERET FIBONACCI PADA POHON (FRACTALFOUNDATION.ORG, 2017)

2.2 Sel surya

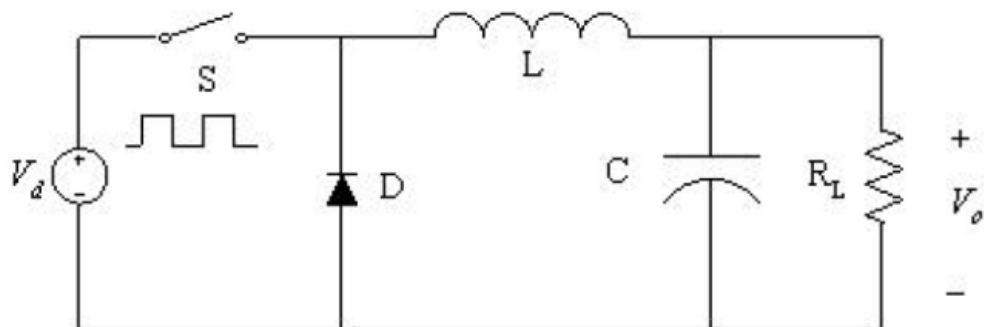
Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Solar cell mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu global warming. energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. Ilustrasi cara kerja sel surya dapat dilihat dalam Gambar 2 dibawah.



GAMBAR 2. CARA KERJA SEL SURYA DENGAN PRINSIP P-N JUNCTION.
(SUN-NRG.ORG,2017)

2.3 Buck Converter

Buck converter adalah salah satu topologi DC-DC converter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini dengan kendali pensaklaran. Komponen utama pada buck converter adalah pensaklar (FET), diode freewheel, inductor dan kapasitor. Pada Gambar 3 ditunjukkan topologi buck converter.



GAMBAR 3. RANGKAIAN DASAR *BUCK CONVERTER*

(SETYAWAN, 2015)

2.4 Kontrol Logika Fuzzy

Fuzzy Logic diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965. Merupakan metode yang mempunyai kemampuan untuk memproses variabel yang bersifat kabur atau yang tidak dapat dideskripsikan secara eksak / pasti seperti misalnya tinggi, lambat, bising, dan lain-lain. Fuzzy Logic memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat" (Zadeh, 1965).

Metode Mamdani

Metode mamdani sering dikenal dengan sebutan metode max-min. Diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Tahapan dengan menggunakan metode mamdani:

1. Pembentukan himpunan fuzzy
Variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
Fungsi implikasi yang digunakan ialah Min.
3. Komposisi aturan
Jika terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.
4. Metode Max (Maximum)
Solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union).
$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (1)$$

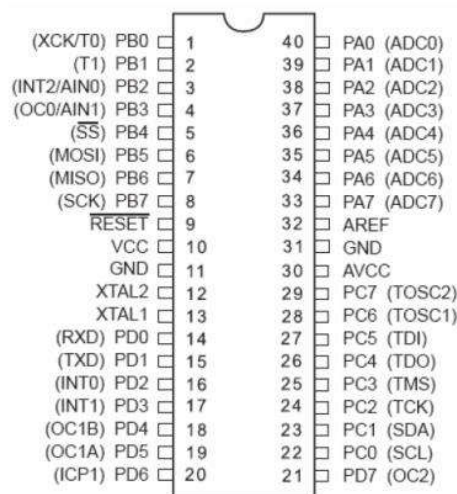
Keterangan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \text{nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i}$$
$$\mu_{kf}[x_i] = \text{nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i}$$
5. Penegasan (defuzzy)
Defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy,

sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

2.5 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler yang dipilih adalah ATMEGA32 karena *clock* kerjanya tinggi sampai 16 MHz, ukuran flash memorinya cukup besar, kapasitas SRAM sebesar 2 KiloByte, 32 buah port I/O yang sangat memadai untuk berinteraksi dengan LCD dan keypad selain itu harganya yang murah, mudah diperoleh, serta kemudahan dalam pemrogramannya. Konfigurasi pin Mikrokontroler ATMEGA 32 dapat dilihat dalam Gambar 1.



GAMBAR 3. KONFIGURASI ATMEGA 32
(DATASHEET ATMEGA 32)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang berdasarkan dari penelitian awal dan peneliti pendahulu, dengan menggabungkan dari beberapa penelitian sehingga menjadi suatu bentuk gabungan dari alat optimasi buck converter pada solar tree menggunakan FLC.

3.2 Variabel Penelitian

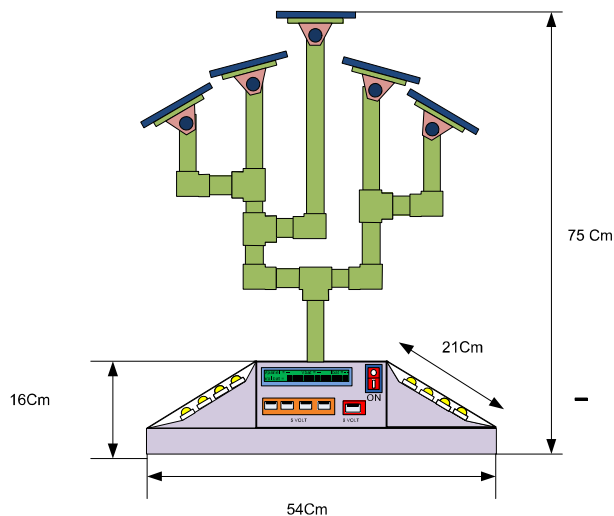
Variabel penelitian adalah nilai dari objek yang mempunyai variasi tertentu yang ditentukan peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya. Pada Proposal ini digunakan beberapa variabel penelitian antara lain :

1. Variabel bebas:

- (a) 5 paket Sel surya yang ditempatkan dengan sudut .
 - (b) Buck converter yang dikendalikan FLC dengan masing-masing 5 fungsi keanggotaan pada error dan delta error.
 - (c) 3 buah aturan logika fuzzy
2. Variabel terikat
- (a) Konfigurasi elektronik dari kelima sel surya
 - (b) Error steady` state
 - (c) Waktu steady state

3.3 Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik ini multi sel surya akan ditempatkan berdasarkan deret Fibonacci pada batang pohon yang berpola 1, 2, 3. Sehingga desain mekanik berbentuk pohon dengan sel surya sebagai daun yang membutuhkan cahaya matahari. Bentuk rancangan mekanik dapat dilihat dalam Gambar 4 di bawah ini.

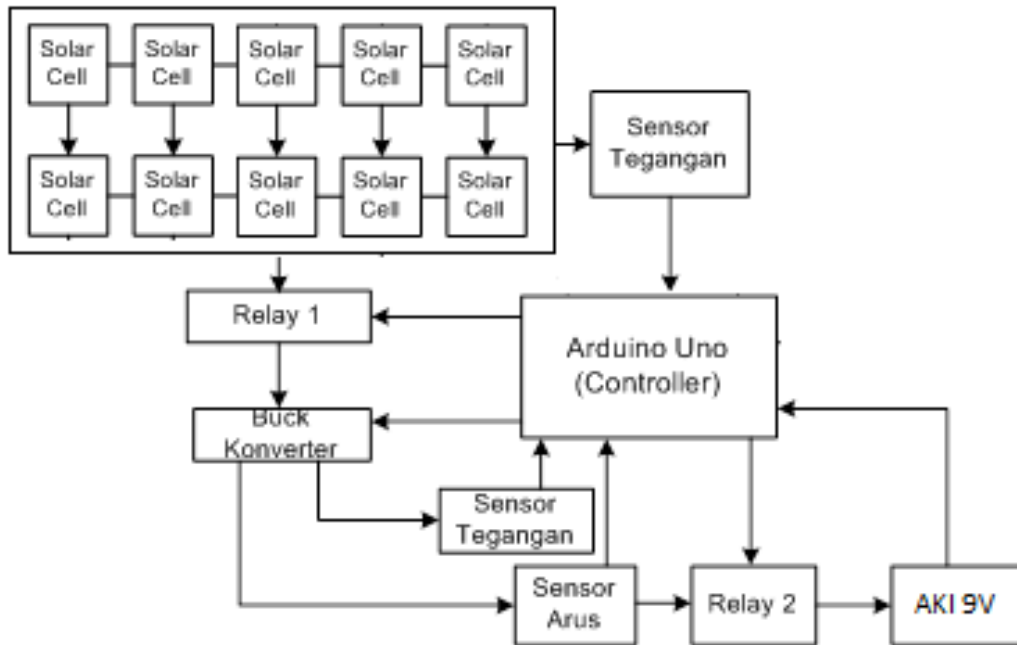


GAMBAR 4. RANCANGAN MEKANIK

3.4 Perancangan Elektronik

3.4.1 Blok Diagram

Berdasar spesifikasi yang dibuat dalam penelitian ini maka dibuatlah blok diagram yang dapat dilihat dalam Gambar 3.2 di bawah ini.



GAMBAR 5. BLOK DIAGRAM RANGKAIAN

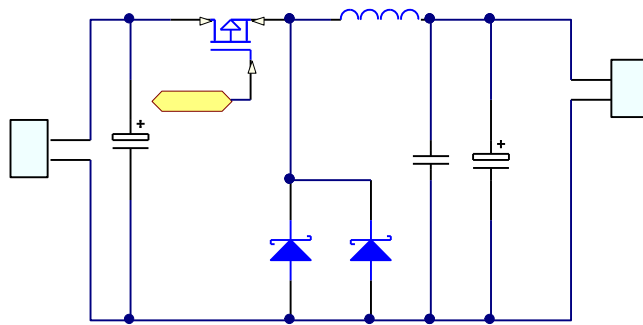
3.4.2 Pemasangan Panel Surya

Pemasangan multi sel surya, sel surya ditempatkan dengan berbagai sudut. Ada 9 model sudut yang digunakan dalam variable penelitian ini, yaitu:

- $-40^0 = 40^0$ menghadap barat
- $-30^0 = 30^0$ menghadap barat
- $-20^0 = 20^0$ menghadap barat
- $-10^0 = 10^0$ menghadap barat
- $0^0 =$ menghadap atas
- $10^0 = 10^0$ menghadap timur
- $20^0 = 20^0$ menghadap timur
- $30^0 = 30^0$ menghadap timur
- $40^0 = 40^0$ menghadap timur

3.4.3 Perancangan Buck Converter

Rangkaian buck konverter ini digunakan untuk menurunkan tegangan pada multi sel surya agar menghasilkan tegangan stabil untuk pengisian daya pada aki.



GAMBAR 6. RANGKAIAN BUCK KONVERTER

Desain rangkaian buck konverter sesuai dengan spesifikasi pada Tabel 1 dibawah ini:

TABEL 1. SPESIFIKASI DESAIN RANGKAIAN BUCK KONVERTER

Tegangan input	11 – 15 Volt
Tegangan output	10 Volt
% beban untuk arus continuous	50 %
Frekuensi switching	20 KHz
% ripple tegangan output	0.01 %
Arus output maksimal	2 Ampere

Dari Tabel 1 spesifikasi desain buck konverter dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung arus output terendah continuous.

$$\text{Arus output terendah continuous} = \frac{\text{ arus output maks} \times \% \text{ beban arus}}{100}$$

$$\text{Arus output terendah continuous} = \frac{2 \times 50\%}{100} = 1 \text{ A}$$

2. Menghitung nilai duty cycle.

$$D = \frac{V_o}{V_d} = \frac{13}{25} = 0.52 \approx 0.5$$

3. Menghitung nilai induktor.

$$L = \frac{(1 - D) \times V_{out}}{2 \times f \times 1000 \times \text{ arus output terendah}}$$

$$L = \frac{(1 - 0.5) \times 10}{2 \times 20000 \times 1000 \times 1} = \frac{5}{40000000} = 1.25 \times 10^{-7} \text{ Henry}$$

$$L = 0,000125 \text{ mH}$$

4. Menghitung nilai kapasitor.

$$V_{out\ ripple} = \frac{0.01\% \times 10}{100} = 0.0010\ V = 10\ mV$$

$$C = \frac{V_{out\ ripple}}{8 \times L \times f^2 \times 10^6 \times V_{out\ ripple} \times (1 - D)}$$

$$C = \frac{5}{8 \times 0.00000125 \times 4 \times 10^8 \times 10^6 \times 0.0013} = \frac{5}{5200000}$$

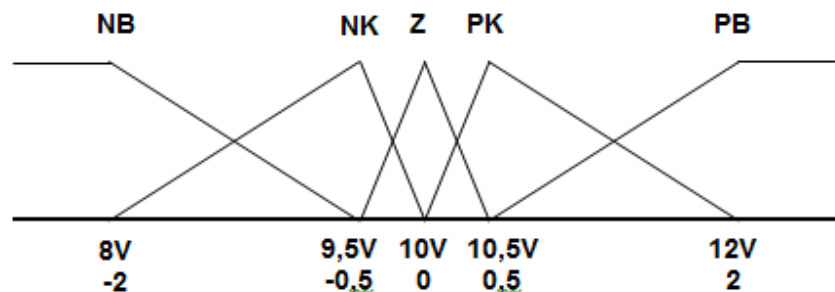
$$C = 9.615 \times 10^{-7}\ F = 0.9615\ \mu F$$

3.4.4 Perancangan Kontrol Logika Fuzzy

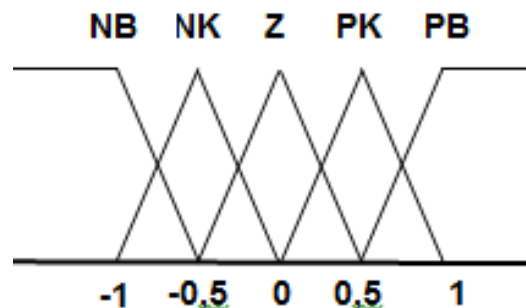
Kontrol logika fuzzy berupa software yang terdapat pada mikrokontroler yang mempunyai keluaran berupa perubahan PWM yang diumpankan pada mosfettguna mengendalikan tegangan keluaran buck boost converter.

- Menentukan fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan error dan delta error masing-masing memiliki lima label yaitu negatif besar (NB), negatif kecil (NK), nol (Z), positif kecil (PK) dan positif besar (PB), seperti dapat dilihat dalam Gambar 7 dan Gambar 8.



GAMBAR 7. FUNGSI KEANGGOTAAN ERROR



GAMBAR 8. FUNGSI KEANGGOTAAN DELTA ERROR

- Fuzzifikasi

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).

- Kaidah atur fuzzy

Kaidah atur fuzzy mengikuti aturan dalam Tabel 2 di bawah ini.

TABEL 2. KAIDAH ATUR FUZZY

<i>Error</i> d_Error	NB	NK	NOL	PK	PB
NB	100	100	80	40	40
NK	100	100	60	40	20
NOL	100	80	60	40	20
PK	100	80	60	20	20
PB	80	60	40	20	20

- Defuzzifikasi

Metode defuzzifikasi yang digunakan pada makalah ini adalah COG. Untuk fungsi keanggotaan keluaran fuzzy singleton, persamaan defuzzifikasi COG dinyatakan sebagai berikut :

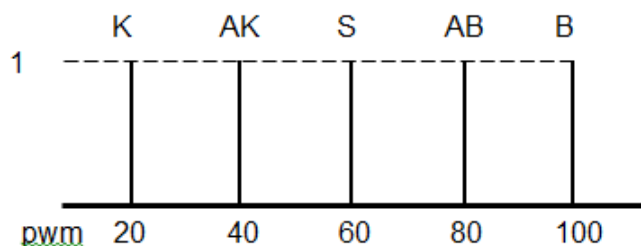
$$z^* = \frac{\sum_i \mu_{ci}(z) \cdot z_i}{\sum_i \mu_{ci}(z)}$$

dimana z^* = crisp output

$\mu_{ci}(z)$ = fuzzy output

z_i = posisi singleton pada sumbu z

Sebagai keluaran berupa sinyal single tone, dengan fungsi keanggotaan keluaran dapat dilihat dalam Gambar 9.



GAMBAR 9. FUNGSI KEANGGOTAAN KELUARAN

4 PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian PWM

Tujuan pengujian PWM untuk mengetahui sinyal PWM yang dikeluarkan oleh mikrokontroler sesuai dengan yang di rencanakan.

TABEL 3 HASIL PENGUJIAN PWM

NO	NILAI INPUT		LEBAR PULSA HIGH (us)	LEBAR PULSA LOW (us)	DUTY CYCLE (%)	ERROR (%)
	PROGRAM	PWM				
1	0	0	0	50	0	0.00
2	20	7.84	3.9	46.1	7.8	0.55
3	40	15.69	7.8	42.2	15.6	0.55
4	60	23.53	11.8	38.2	23.6	0.30
5	80	31.37	15.7	34.3	31.4	0.09
6	100	39.22	19.6	30.4	39.2	0.04
7	120	47.06	23.5	26.5	47	0.12
8	140	54.90	27.5	22.5	55	0.18
9	160	62.75	31.4	18.6	62.8	0.09
10	180	70.59	35.3	14.7	70.6	0.02
11	200	78.43	39.2	10.8	78.4	0.04
12	220	86.27	43.1	6.9	86.2	0.09
13	240	94.12	47.1	2.9	94.2	0.09
14	255	100.00	0	50	0	0.00
Error Rata-Rata						0.15

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan error rata-rata pengujian PWM adalah 0,15%

4.2 Pengujian Nilai PWM terhadap Buck Converter

Tujuan pengujian rangkaian buck konverter untuk mengetahui penurunan tegangan keluaran dari tegangan masukan multi panel surya dan gelombang PWM buck konverter.

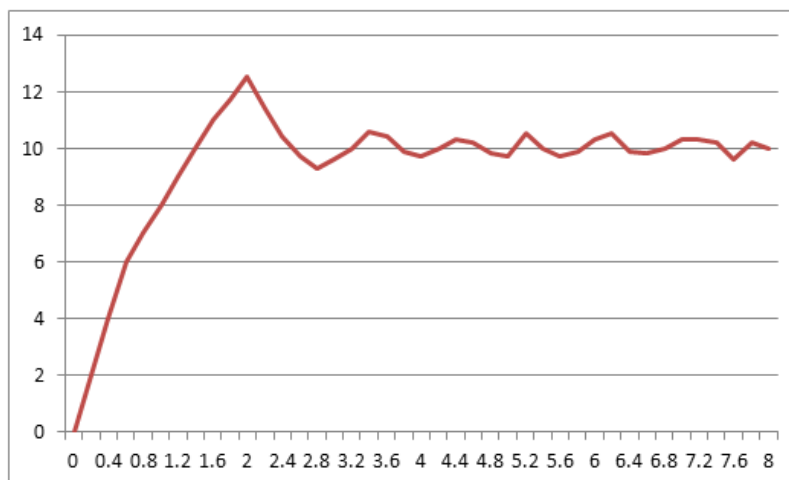
TABEL 4 HASIL PENGUJIAN SETTING PWM
(VOUT KONSTAN DENGAN VIN BERUBAH)

Vin	Duty Cycle	Vout
10 V	100 %	9,7 V
10.2 V	100 %	10 V
10.5 V	98.8 %	10 V
11 V	92 %	10 V
12 V	86.3 %	10 V
13 V	81 %	10 V
14 V	76.6 %	10 V
15 V	72.8 %	10 V
16 V	69 %	10 V
17 V	66.2 %	10 V
18 V	62.8 %	10 V
19 V	60 %	10 V
20 V	57.8 %	10 V
11 V	55.1 %	10 V

Berdasar pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian PWM dapat bekerja sebagai mana yang dirancang.

4.3 Pengujian Kontrol Logika Fuzzy

Tujuan pengujian kontrol logika fuzzy bertujuan untuk mengetahui respon sistem terhadap perubahan tegangan keluaran dari solar tree. Berdasarkan hasil pengujian kontrol logika fuzzy pada sistem solar tree dapat dihasilkan kurva respon seperti dalam Gambar 10 di bawah ini



GAMBAR 10. RESPON KONTROL LOGIKA FUZZY

Berdasarkan Gambar 10 didapat parameter kontrol sebagai berikut

- Respon time (t_r) = 1,1 detik
- Peak time (t_p) = 2.0 detik
- % over shoot = 25%
- Settling time (t_s) = 3,4 detik
- Error (ess) = $\pm 4\%$

5. PENUTUP

Dari hasil pengujian pembuatan dan perancangan buck konverter pada multi panel surya dengan penempatan berdasarkan deret Fibonacci dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dengan menggunakan penempatan berdasarkan deret Fibonacci pada batang pohon yaitu dengan pola 1, 2, 3, multi panel surya disusun seri dan paralel dengan jumlah sel surya sebanyak 10 buah.
- 2) Guna stabilitas pengisian aki digunakan buck konverter, dengan range tegangan input = 13 V – 25 V, frekuensi 20 kHz, dan tegangan keluaran 10 V. Pada pengujian buck konverter pada saat tegangan input lebih dari 10.5 V, nilai tegangan keluaran stabil 10 V, dan sesuai dengan kebutuhan tegangan pengisian aki.
- 3) Sinyal respon dari kontrol logika fuzzy sebagai berikut : Respon time (t_r) = 1,1 detik, Peak time (t_p) = 2.0 detik, % over shoot = 25%, Settling time (t_s) = 3,4 detik, Error seady state (ess)= $\pm 4\%$

Saran pada penelitian berikutnya adalah:

- 1) Daya dari panel surya, kapasitas baterai, dan desain mekanik seharusnya lebih besar lagi agar pengimplementasian dari alat ini lebih maksimal.
- 2) Diperlukan pengujian arah hadap sel surya sepanjang tahun untuk menentukan arah hadap sel surya yang optimal sepanjang tahun.
- 3) Alat ini hanya mampu untuk menurunkan tegangan dari multi panel surya dengan tegangan lebih dari 13 V. Sehingga perlu menambahkan boost konverter untuk menaikkan tegangan kurang dari 13 V.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwyer, Aidan. 2011. The Secret of the Fibonacci Sequence in Trees,(Online),<http://www.amnh.org/learn-teach/young-naturalist-awards/winning-essays2/2011-winning-essays/the-secret-of-the-fibonacci-sequence-in-trees>. Diakses tanggal 18 November 2015.
- [2] Gupta, Sushma and Gupta, Monish. 2015. The Benefits and Applications of Solar Tree with Natural Beauty of Tree. SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG-IJEEE)-EFES April 2015.
- [3] Livio, Mario. 2002. The Golden Ratio: The Story of Phi, The World's Most Astonishing Number. New York: Broadway Books.(Online)
- [4] Muslim A, Lutfi dan Sami'udin. 2007. Perencanaan dan Pembuatan Alat Electro Plating dengan Converter DC-DC Buck Sebagai Sumber Arus. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang.
- [5] Purnamayanti, Thresye, dkk. 2012. Formula Binet dan Jumlah n Suku Pertama Pada Generalisasi Bilangan Fibonacci dengan Metode Matriks. Jurnal Matematika Murni dan Terapan. Vol. 6 (1):38-46.
- [6] Rawat, Neelam and Sigh, Poja. 2015. An Overview Of Comparison Between 2-Dimensional And 3-Dimensional Sel surya Arrangement. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 3, Part 2, May-June 2015.
- [7] Setyawan, Agus. Charger Portable sebagai Pengisian Baterai Handphone dari Sumber Daya DC Menggunakan Metode Buck Boost Converter. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Elektronika PENS – ITS, Surabaya.

- [8] Kusumadewi, S., dan Hartati, S. 2004. Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [9] Ross, Timothy J dan Jamsidi, Mohammad. 1995. Fuzzy Logic and Control. Newyork: Prentice Hall.