

Analisa Unjuk Kerja *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) Berbasis Arduino Dengan Algoritma *Peturb And Observe* (P&O) Serta *Fuzzy Logic*

¹Cahyo Edi Wicaksono, ²Abraham Lomi, ³Awan Uji Krismanto
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia.

¹ediwicak13@gmail.com, ²abraham@lecturer.itn.ac.id, ³awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) menggunakan algoritma *Peturb dan Observe* (P&O) dan *Fuzzy Logic* untuk melakukan optimasi pada output solar panel menjadi tegangan setpoint tergantung pada jenis beban dan nilai tegangan pada beban menggunakan DC-DC Converter. Dalam Penelitian ini tipe DC-DC Converter yang digunakan adalah buck-boost converter non-Inverting dengan mengontrol duty cycle. Dikontrol menggunakan microcontroller Arduino Mega 2560. Perubahan dari duty cycle tergantung pada perubahan output tegangan yang dihasilkan solar panel. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah shunt resistor untuk sensor arus dan prinsip pembagi tegangan dengan resistor untuk sensor tegangan, dan sensor suhu menggunakan DHT 11 serta sensor Iradiasi menggunakan BH1750. Output pulsa PWM dibangkitkan dari 5V menjadi 15 V menggunakan modul buck-boost converter XL6009 sebagai power untuk TLP250. Dalam penelitian ini Buck-Boost converter menggunakan frekuensi sebesar 31 kHz untuk switching. Dalam penelitian ini penulis menggunakan panel surya dengan kapasitas 100 WP dan kapasitas beban sebesar 20W. Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma fuzzy logic lebih stabil dibandingkan P&O dan algoritma P&O memiliki fluktuasi yang signifikan pada output tegangan. Performa dari duty cycle masing masing algoritma menunjukkan fuzzy logic lebih efisien dibandingkan P&O pada mode operasinya.

Kata Kunci : *MPPT, DC-DC Converter, PWM, P&O, Fuzzy Logic, Photovoltaic.*

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik yang bersumber dari tenaga fosil telah menjadi penyedia listrik utama di Indonesia, dimana isu ini menjadi salah satu penyebab utama meningkatnya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Indonesia. Pemanfaat energi panas matahari memberikan manfaat yang nyata dibandingkan pembangkit listrik konvensional, jadi menjadi salah satu kontribusi terhadap perkembangan yang

berkelanjutan dan aktifitas manusia. Salah satu manfaat yang nyata adalah mengurangnya emisi CO₂ dan permasalahan dari setiap polusi udara atau produk sisa-sisa yang terbuang saat operasional.

Solar charge controller merupakan kontrol regulator baterai yang digunakan dalam sistem sel surya untuk mengatur arus yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai. Peralatan elektronika tersebut dapat terhindar dari overcharging dan overvoltage, dimana dapat menyebabkan menurunkan umur, performa dan baterai, serta dapat membahayakan keselamatan. Peralatan tersebut juga dapat menyebabkan menghindari penyerapan dari baterai secara berlebihan ("deep discharging"). Atau mengontrol switching yang dapat menjaga umur baterai. [1]

Kekurangan dari sel surya adalah tingkat efisiensinya dikarenakan sangat bergantung terhadap radiasi dari panas. Jadi akan sangat sulit mendapatkan Maximum Power Point (MPP) dari panel surya yang berakibatkan turunnya efisiensi dari panel surya.[2] Untuk meningkatkan efisiensi dari solar panel itu sendiri adalah menggunakan solar charger controller tipe Maximum Power Point Tracking (MPPT). Terdapat beberapa algoritma MPPT seperti Peturb & Observe, Incremental Conduance, Dynamic Approach dan lain-lain.[3]

Maximum Power Point Tracking (MPPT) harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat membangkitkan daya yang maksimal secara akurat dengan osilasi yang kecil pada saat steady state. Dari setiap algoritma MPPT, yang paling efektif dan populer adalah perturb and observe (P&O). Keunggulan metode (P&O) adalah tidak memerlukannya karakteristik dari panel surya. Metode ini juga termasuk metode yang lebih sederhana dikarenakan algoritma yang sederhana dan membutuhkan beberapa parameter.[4] Tetapi dengan metode tersebut output dari Maximum Power Point (MPP) tidak dapat terjamin, terdapat rugi-rugi daya dan osilasi saat perubahan radiasi dari solar panel dan pengoprasian temperatur pada modul PV.[5]

Penelitian ini akan mengimplementasikan kontrol MPPT untuk menganalisa efisiensi antara algoritma fuzzy dan (P&O) menggunakan microcontroller Arduino yang berfungsi mengatur duty cycle sebagai pemicu untuk buck

boost converter yang akan berfungsi sebagai penyesuaian tegangan yang dihasilkan oleh solar panel sebelum menuju baterai, menyesuaikan terhadap radiasi panas matahari serta suhu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Solar Panel

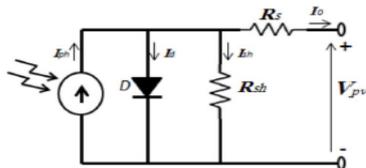
Solar panel atau panel surya merupakan peralatan dimana matahari melepaskan muatan elektrik jadi muatan tersebut dapat bergerak bebas di dalam semikonduktor dan mengalir menuju beban elektrik seperti lampu ataupun motor listrik. Fenomena membangkitkan listrik dan arus ini dikenal dengan efek fotovoltaik. Sumber yang dibutuhkan panel surya merupakan radiasi dari sinar matahari. Namun kondisi cuaca sangat mempengaruhi daya listrik. Kondisi cuaca ataupun pergerakan posisi matahari yang berubah ubah menyebabkan radiasi matahari yang masuk ke panel surya menjadi fluktuatif yang akan mempengaruhi pada *Maximum Power Point* (MPP) yang mana kerja dari panel surya saat energi disalurkan ke beban dimaksimalkan.[5]

1) Karakteristik *photovoltaic*

Solar sel merupakan peralatan elektronika terdiri dari lapisan semikonduktor tipe p-n. Dimana tergabung dan terhubung dalam satu sistem yang merujuk pada modul panel surya. Ketika terpapar matahari terjadi fenomena *photoelectric* di lapisan semikonduktor yang menyebabkan peralatan tersebut dapat membangkitkan listrik arus searah (DC)[6].

Persamaan arus output pada solar sel sebagai berikut :

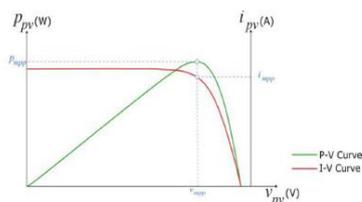
$$I_o = N_p I_{ph} - N_p I_{rs} \left[e^{\frac{q(V + R_s I_o)}{A k T N_s}} - 1 \right] - N_p \frac{q(V + R_s I_o)}{N_s R_s} \quad (1)$$



Gambar 1 Persamaan Rangkaian PV

$$I_{ph} = \frac{G}{G^*} (I_{sc} + k_i (T - T_r)) \quad (2)$$

Dari kedua persamaan tersebut. Karakter dari kurva bisa didapatkan seperti Gambar 2.



Gambar 2 Gambar Kurva P-V dan I-V

B. Maximum Power Point Tracker

Photovoltaic memiliki karakteristik yang tidak stabil sehingga sangat tergantung pada fluktuasi pada radiasi sinar matahari dan suhu. Sistem PV memiliki kondisi tertentu yang

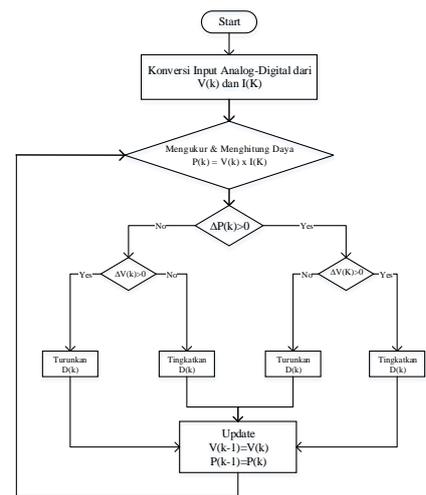
dapat menghasilkan keluaran daya maksimum (*Maximum Power Point*) untuk mendapatkan titik tersebut didapatkan dengan melakukan *tracking* terhadap beberapa parameter input. Metode *Maximum Power Point Tracker* dapat memaksimalkan keluaran dari output panel surya dengan cara meningkatkan *duty ratio* dan akan memodulasi lebar pulsa (PWM), dan akan berpengaruh pada performa DC-DC converter. Terdapat beberapa jenis algoritma MPPT seperti *Perturb and Observe (P&O)*, *Incremental Conductance*, *Dynamic Approach*, *Fuzzy Logic method*, dan lain-lain. Masing-masing dari jenis algoritma tersebut memiliki spesifikasi sistem yang berbeda-beda yang akan berpengaruh pada output dari sel surya[3][10].

Berdasarkan penelitian ini penulis menganalisa metode MPPT dengan dua algoritma yang berbeda menggunakan algoritma (P&O) dan *fuzzy logic* untuk membandingkan keluaran dari *DC-DC Converter* antara kedua algoritma tersebut.

A. *Perturb & Observe (P&O)*

P&O merupakan teknik algoritma yang paling banyak digunakan untuk mencari titik daya maksimum. Prinsip metodenya dengan cara mengindikasikan perubahan dari tegangan dan arus yang terjadi pada kurva hasil perkalian tegangan dan penurunan. P&O terdiri dari dua bagian yaitu *perturb* dan *observe*. *perturb* mempengaruhi perubahan tegangan dari hasil arus *refrensi* dari solar sel.

Kemudian setelah mengalami perubahan tegangan dilakukanlah *observe* yaitu observasi daya yang diperoleh dari hasil *perturb*. Perbandingan daya sebelum dan sesudah proses *perturb* dilakukan dengan cara menambah ataupun mengurangi tegangan acuan untuk mendapatkan titik daya maksimum[8].



Gambar 3 Flowchart Algoritma *Perturb & Observe*

B. *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic merupakan salah satu algoritma kontrol yang dapat diaplikasikan untuk melakukan *tracking* titik daya maksimum dengan cara memetakan ruang input

panel surya yang dapat menyeleksi keluaran, untuk mendapatkan hasil output yang optimal.

Control fuzzy ini memiliki dua input sesuai dengan error $E(k)$ dan perubahan error $CE(k)$, dan output outputnya akan sesuai dengan perubahan *duty ratio* dari *DC-DC Converter*. $E(k)$ adalah grafik miring dari kurva $P-V$ dan dapat menetapkan lokasi dari titik daya maksimum. Sementara $CE(k)$ dapat mengetahui arah perubahan dari titik daya maksimum.

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} = \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (3)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) = \Delta E \quad (4)$$

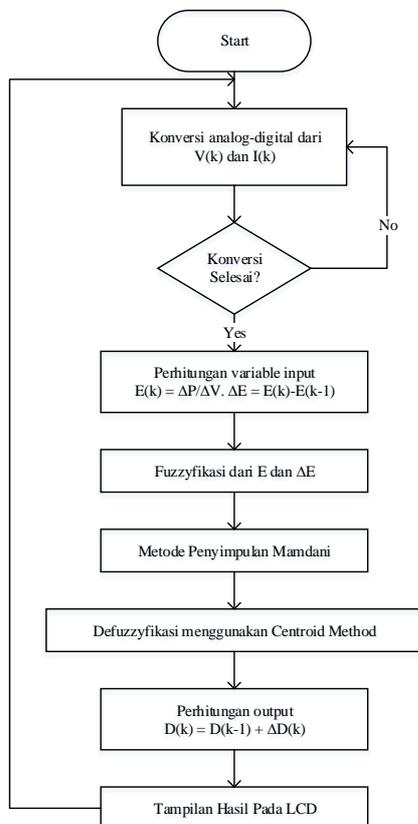
Output $\Delta D(k)$ akan berpengaruh terhadap perubahan *duty ratio* dari *DC-DC Converter* yang dapat secara otomatis berubah tergantung pada kondisi iklim maupun radiasi matahari.

$$\Delta D(k) = D(k-1) + \Delta D(k) \quad (5)$$

Untuk dapat mengetahui nilai maksimal dari *duty ratio* (D_{max}) dan nilai minimum dari *duty ratio* (D_{min}) dapat dilihat dari tegangan maksimal (V_{max}) dan tegangan minimal (V_{min}) dari solar panel. Data tersebut dibandingkan dengan Tegangan output dari *DC-DC Converter*. [5]

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} = \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (6)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) = \Delta E \quad (7)$$

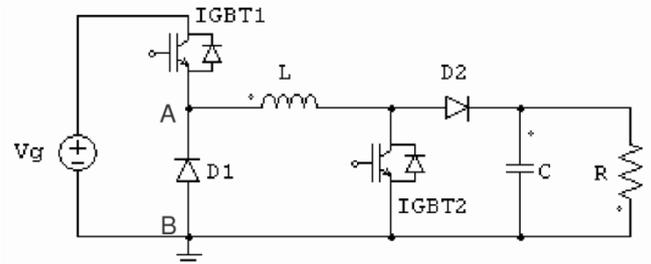


Gambar 4 Flowchart Algoritma Fuzzy

C. DC-DC Converter

DC-DC Converter merupakan peralatan elektronika daya yang dapat mengkonversikan suatu nilai level tegangan ke level tegangan tertentu menggunakan proses *switching* [9]. Proses *switching* tersebut dikontrol oleh *Arduino* dengan mengatur *duty ratio* menghasilkan Gelombang pulsa yang termodulasi (*PWM*). *DC-DC Converter* ini terbagi menjadi tiga yaitu *buck converter*, *boost converter*, *buck boost converter*. Ketiga konverter ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dalam penelitian ini penulis menggunakan konverter tipe *buck boost converter non Inverting*.

1) Buck Converter



Gambar 5 Rangkaian Buck Boost Converter Non inverting

Buck Boost Converter merupakan *DC-DC converter* dengan tegangan output yang bisa lebih kecil ataupun lebih besar dari pada tegangan input. Komponen utama yang dibutuhkan *buck boost converter* yaitu kapasitor, dioda, induktor dan switch (*IGBT*, *MOSFET*). *Buck boost converter* memiliki dua mode operasi yaitu mode *buck* dan mode *boost* [10] untuk *buck boost converter* yang digunakan menggunakan tipe *non inverting* dimana output tegangan nilainya positif dengan konfigurasi 2 *Mosfet* dengan kontrol yang terpisah dimana 1 *Mosfet* untuk masuk pada mode *buck* dan satu lagi untuk mode *boost*, dimana *buck boost converter* tipe *inverting* memiliki perbedaan output tegangan nilainya negatif dengan konfigurasi 1 *Mosfet*.

D. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler menggunakan *ATmega2560*. Yang memiliki 54 pin digital *input/output*, 14 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 16 analog input. [11]

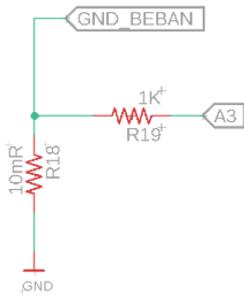


Gambar 6 Board Arduino Mega 2560

Dalam penelitian ini *Arduino Mega 2560* berfungsi sebagai pusat kontrol dari *MPPT* dari pembacaan sensor

tegangan, sensor arus serta sensor suhu, sampai pengelolaan PWM.

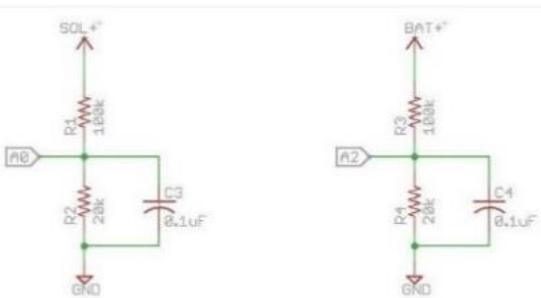
E. Sensor Arus (ACS712)



Gambar 7 Rangkaian Shunt Resistor

Dalam pembacaan nilai arus sensor yang digunakan adalah sensor yang menggunakan rangkaian shunt resistor dimana arus yang dibaca menggunakan prinsip hukum ohm, dimana setiap kenaikan arus akan mengalami drop tegangan saat melewati resistor. Resistor yang digunakan sebesar 0,01 Ohm dengan kapasitas resistor sebesar 5 watt. Sisi output pada resistor yang terhubung dengan beban akan terbaca nilai tegangan, dimana nilai tegangan tersebut merupakan nilai drop tegangan yang kemudian akan dilakukan proses kalibrasi menggunakan metode regresi linear, dan nilai tersebut menjadi nilai aktual arus yang mengalir menuju output. Dikarenakan resistor memiliki kapasitas maksimal sebesar 5 watt dan nilai resistor tersebut sebesar 0,1 ohm maka kapasitas sensor arus sebesar 7,07A.

F. Sensor Tegangan



Gambar 8 Rangkaian Pembagi Tegangan

Dalam pembacaan nilai tegangan sensor yang digunakan adalah menggunakan rangkaian pembagi tegangan, output yang dihasilkan dari rangkaian pembagi tegangan maksimal 5V dikarenakan tegangan yang dibaca pin analog Arduino maksimal adalah 5V. Nilai tersebut dikalibrasi agar nilai tegangan yang terbaca Arduino akan sesuai dengan tegangan aktualnya.

$$V_{Sensor} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \times V_{input} \tag{8}$$

V_{Sensor} = Tegangan Analog Sensor Tegangan

V_{Input} = Tegangan Input Sensor Tegangan

R_2 = Nilai Resistor 1

R_3 = Nilai Resistor 2

G. Metode Kalibrasi

Dalam penelitian ini menggunakan kalibrasi menggunakan metode regresi linear dimana metode regresi linear merupakan sebuah pendekatan untuk model antara variable terikat Y dan satu atau lebih variable bebas. Dengan menggunakan metode regresi linear didapatkan sebuah persamaan yang dapat digunakan sebagai proses pengkalibrasian sensor. Sehingga sensor tersebut didapatkan nilai yang mendekati dengan nilai alat ukur yang digunakan.

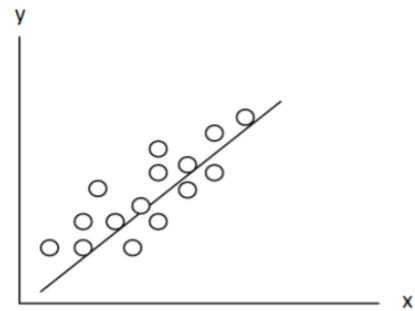
$$y = x\beta + \epsilon \tag{9}$$

y = variable terikat

β = variable bebas

ϵ = konstanta

x = variable bebas



Gambar 9 Metode Regresi Linear Sederhana

H. Sensor BH1750

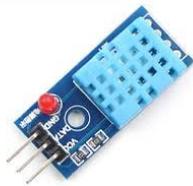
BH1750 adalah sebuah IC sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar dalam ukuran atau satuan lux. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroler atau minimum sistem [12].



Gambar 10 Sensor BH1750

I. Sensor Suhu DHT1750

Sensor DHT 11 merupakan module sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, didalam sensor DHT11 terdapat thermistor tipe NTC (Negatif Temperature Coefficient). Sensor ini dilengkapi dengan pengkalibrasian sinyal output digital. Dan dapat terhubung dengan 8-bit mikrokontroler. Dalam penelitian ini hanya sensor suhu yang digunakan untuk mengukur kondisi suhu[12].



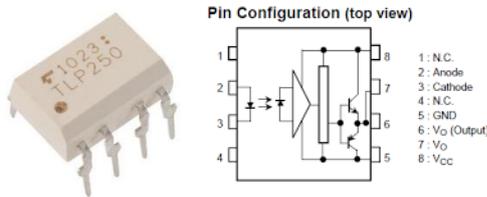
Gambar 11 Sensor DHT11

J. Driver MOSFET

Dalam penelitian ini gelombang PWM yang dibangkitkan Arduino akan diubah menjadi gelombang Pulsa 12V dan diolah menggunakan driver MOSFET untuk membangkitkan gelombang pulsa *HIGH* dan *LOW*.

1. Optocoupler TLP250

TLP 250 ini merupakan optocouler yang berfungsi sebagai *driver power MOSFET* yang dapat digunakan sebagai driver MOSFET, dalam penelitian ini TLP250 digunakan sebagai pembangkit gelombang pulsa yang dibangkitkan arduino sebesar 5V menjadi gelombang pulsa 15V.



Gambar 12 Gambar dan Skematik TLP250

2. Modul Buck Boost Converter (XL6009)



Gambar 13 Skematik IR2111

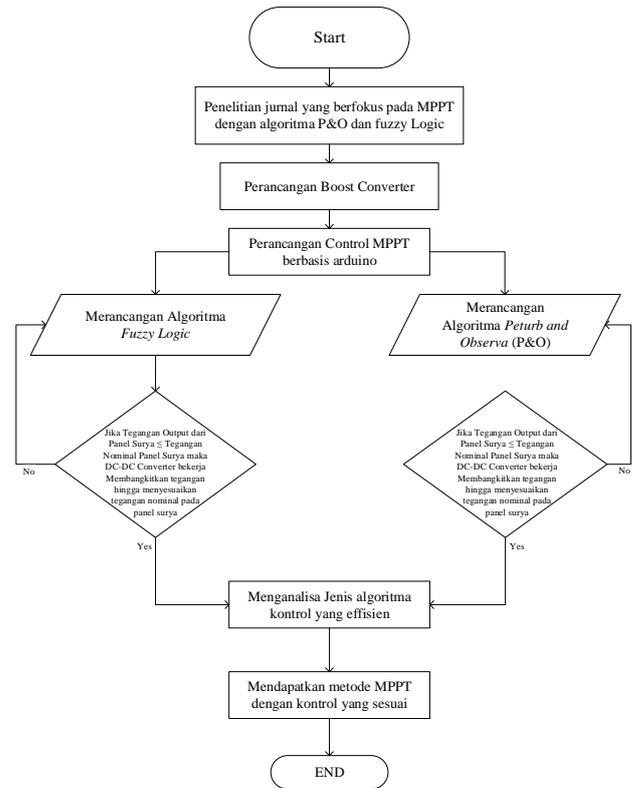
Modul buck boost tipe XL6009 berfungsi sebagai power supply dari optocoupler dikarenakan tegangan dari input yang berfluktuasi dan tegangan yang dibutuhkan optocoupler merupakan 15V.

III. METODE PENELITIAN

A. Studi Kasus

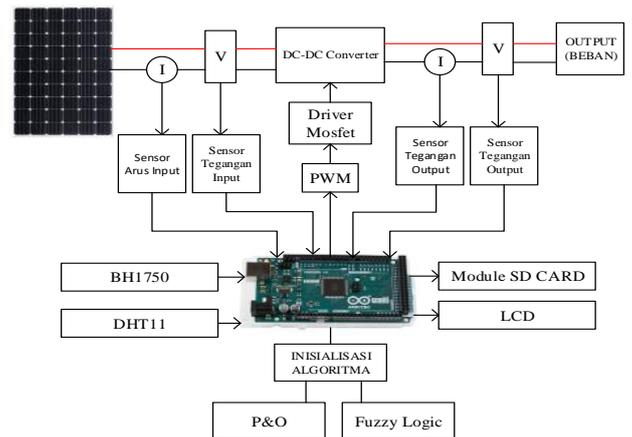
Dalam sistem PV perlatan converter yang digunakan untuk penelitian adalah sistem *buck converter* yang berfungsi untuk menstabilkan output dari panel surya. menggunakan dua jenis algoritma yaitu *peturb & observe (P&O)* serta *fuzzy logic*. Menggunakan PV dengan kapasitas 100WP yang dilengkapi dengan *solar tracker dual axis*.

B. Diagram Alir



Gambar 14 Flowchart Penyelesaian Masalah

C. Prinsip Kerja Kontrol MPPT



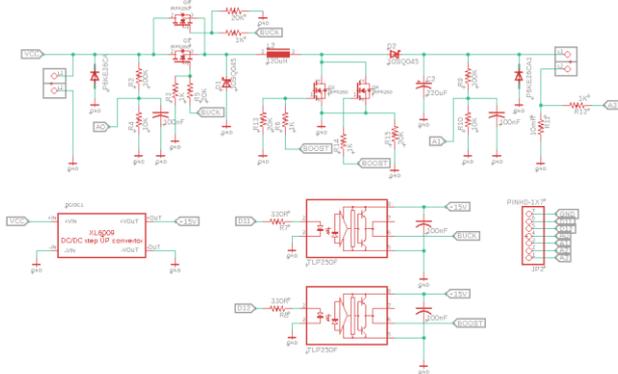
Gambar 15 Diagram Blok Penelitian MPPT

Pada gambar 3 merupakan blok diagram dari alat, dimana output panel surya akan terbaca pada sensor arus dan tegangan dimana sensor tegangan tersebut menggunakan rangkaian pembagi tegangan, sedangkan sensor arus menggunakan rangkaian shunt resistor, setelah itu dilakukan proses kalibrasi menggunakan metode kalibrasi regresi linear, input dan output pembacaan sensor menjadi acuan perubahan regulasi dari duty cycle output PWM dari Arduino, dan output dari dc-dc converter akan teregulasi

sesuai dengan output tegangan yang sudah diatur tergantung inisialisasi algoritma yang digunakan. Kemudian ada beberapa sensor yang digunakan sebagai tolak ukur Analisa yang sensor suhu menggunakan DHT11 serta sensor cahaya menggunakan BH1750, setelah itu data itu disimpan menggunakan modul SD Card dan ditampilkan pada LCD.

D. Perancangan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT)

Dalam penelitian berikut rancangan *MPPT* menggunakan *DC-DC Converter* dengan prinsip kerja *Buck Boost Converter*. Dimana control *switching* dibangkitkan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan mengatur output lebar pulsa pada arduino. Gelombang tersebut diolah menggunakan driver mosfet untuk mendapatkan gelombang *HIGH* dan *LOW* untuk melakukan *switching* pada MOSFET.



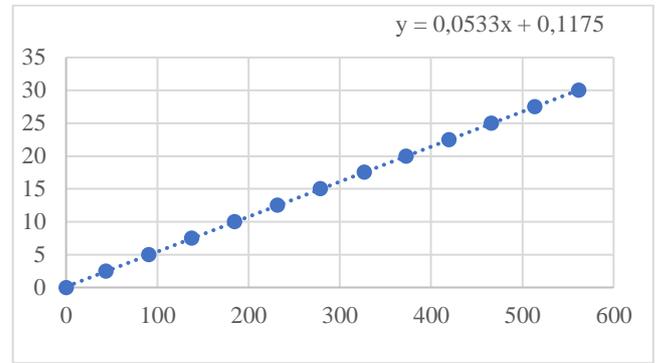
Gambar 16 Skematik Kontrol MPPT

Pada pereancangan untuk *MPPT* dapat digunakan perangkat keras sebagai berikut :

- Panel Surya
- Sensor Tegangan
- Shunt Resistor
- Arduino Mega 2560
- Rangkaian *Buck Boost Converter*
- LCD 20x4
- Module SD Card
- TLP250
- SD Card
- DHT11
- BH1750

E. Kalibrasi Sensor Tegangan

Pengkalibrasian sensor tegangan menggunakan metode regresi linear dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (Gambar 2.8) dimana variabel analog yang terbaca pada Arduino dari sensor tegangan dibandingkan dengan variabel tegangan yang dibaca menggunakan alat ukur AVO meter.



Gambar 17 Grafik Regresi Linear Sensor Tegangan

Didapatkan persamaan kalibrasi sebagai berikut

$$Y = 0,0533x + 0,1175$$

X merupakan variabel ADC dari sensor tegangan, dan Y merupakan hasil perhitungan kalibrasi. Berikut merupakan hasil pengujian sensor tegangan setelah proses kalibrasi.

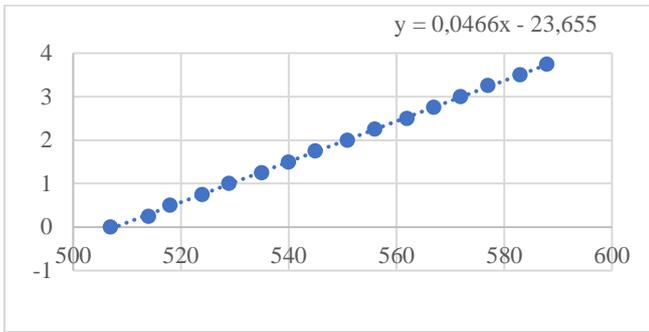
Tabel 1 Pengujian Sensor Tegangan

| Tegangan Aktual (V) | Tegangan terbaca Arduino(V) | Nilai Error(%) |
|---------------------|-----------------------------|----------------|
| 0 | 0,1175 | 0,00 |
| 2,5 | 2,4627 | 1,49 |
| 5 | 4,9678 | 0,64 |
| 7,5 | 7,4729 | 0,36 |
| 10 | 9,978 | 0,22 |
| 12,5 | 12,4831 | 0,14 |
| 15 | 14,9882 | 0,08 |
| 17,5 | 17,5466 | 0,27 |
| 20 | 19,9984 | 0,01 |
| 22,5 | 22,5035 | 0,02 |
| 25 | 24,9553 | 0,18 |
| 27,5 | 27,5137 | 0,05 |
| 30 | 30,0721 | 0,24 |
| Rata Rata Error | | 0,28 |

Didapatkan nilai error sebesar 0,28% pada pengujian sensor tegangan.

F. Kalibrasi Sensor Arus

Pengkalibrasian sensor arus menggunakan metode regresi linear dengan menggunakan sensor arus dengan rangkaian shunt resistor dimana variabel analog yang terbaca pada Arduino dari sensor arus dibandingkan dengan variabel arus yang dibaca menggunakan alat ukur AVO meter.



Gambar 18 Grafik Regresi Linear Sensor Arus

Didapatkan persamaan kalibrasi sebagai berikut

$$Y = 0,0466x - 23,655$$

X merupakan variabel ADC dari sensor, dan Y merupakan hasil perhitungan kalibrasi. Berikut merupakan hasil pengujian sensor arus setelah proses kalibrasi.

Tabel 2 Pengujian Sensor Arus

| Nilai Aktual Arus (A) | Arus Terbaca Arduino (A) | Nilai Error (%) |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 0 | 0,03 | 0,00 |
| 0,25 | 0,28 | 12,00 |
| 0,5 | 0,48 | 3,24 |
| 0,75 | 0,76 | 1,79 |
| 1 | 1,00 | 0,36 |
| 1,25 | 1,28 | 2,08 |
| 1,5 | 1,51 | 0,60 |
| 1,75 | 1,74 | 0,46 |
| 2 | 2,02 | 1,08 |
| 2,25 | 2,25 | 0,20 |
| 2,5 | 2,53 | 1,37 |
| 2,75 | 2,77 | 0,63 |
| 3 | 3,00 | 0,01 |
| 3,25 | 3,23 | 0,52 |
| 3,5 | 3,51 | 0,37 |
| 3,75 | 3,75 | 0,11 |
| 3,87 | 3,84 | 0,80 |
| Rata-Rata Error | | 1,51 |

Didapatkan nilai error sebesar 1,51% pada pengujian sensor tegangan.

G. Pemilihan Induktor

Perhitungan dari inductor membutuhkan beberapa parameter, dalam buck boost konverter yang dirancang menggunakan frekuensi 31 kHz setelah diinisialisasikan di Arduino, nilai inductor akan sangat mempengaruhi keluaran

dari Buck boost converter Dalam penelitian ini mengasumsikan sebesar 35% arus *rating* dengan input tegangan 17,5 V serta output *buck boost Converter* 12V. Nilai maksimum arus output sebesar 7 A. dengan frekuensi *switching* sebesar 31 kHz.

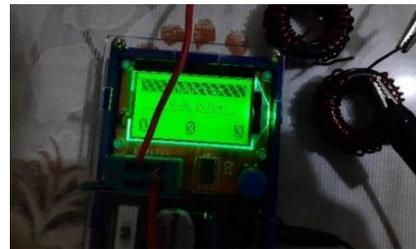
$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (3.2)$$

Setelah nilai input tegangan, output tegangan, ripple arus, dan operasi frekuensi sudah ditentukan. Nilai inductor dapat dihitung sebagai berikut.

$$\Delta i_L = \frac{V_{in} \times D}{R \times (1 - D)} \quad (3.3)$$

$$L_{min} = \frac{(V_{in} - V_{out}) \times D}{F_{sw} \times \Delta i_L} \quad (3.4)$$

Maka nilai L yang didapatkan menurut perhitungan pada perhitungan diatas sebesar 90 μ H, jadi nilai minimum inductor yang digunakan sebesar 120 μ H.



Gambar 19 Pembuatan Induktor

H. Perhitungan Kapasitor

Dengan mengasumsikan ΔV atau ripple pada tegangan sebesar 20mV. Maka nilai kapasitor yang dibutuhkan sebesar 250 μ F.

$$C_{out} = \frac{\Delta i_L}{8 \times F_{sw} \times \Delta V} \quad (3.2)$$

C_{out} = Nilai Kapasitor Output

ΔV = Ripple Tegangan

I. Pemilihan MOSFET



Gambar 20 MOSFET IRFP250N

Dalam penelitian ini DC-DC converter menggunakan mosfet tipe IRFP250N, memiliki kapasitas yang besar sebesar 30 A saat suhu berada di 25°C dan 21 A saat suhu sedang berada di 21°C dengan nilai R_{ds} yang sangat rendah

sebesar 0,075 ohm. Kapasitas tegangan yang dimiliki sebesar 200V. mosfet ini dipilih dikarenakan tidak cepat panas yang menyebabkan losses yang kecil disebabkan resistansi dalam pada mosfet yang kecil.

J. Pengujian Sensor Suhu

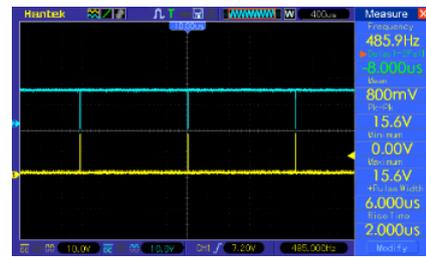
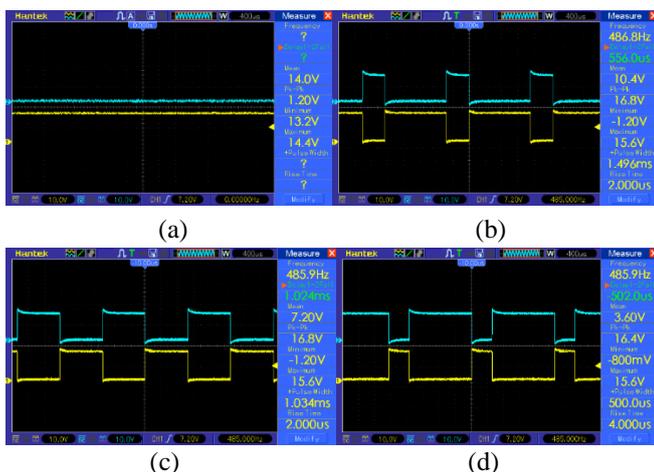
Sensor Suhu Menggunakan sensor DHT11, pengujian sensor diuji dengan melihat nilai error. Pengujian sensor menggunakan alat ukur AVO meter yang dilengkapi dengan fitur pembacaan suhu.

Tabel 3 Pengujian Sensor Suhu

| No | Sensor DHT 11 (°C) | Alat Ukur(°C) | Nilai Error(%) |
|-----------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1 | 28,0 | 27,8 | 0,72 |
| 2 | 28,3 | 28,4 | 0,35 |
| 3 | 28,5 | 28,7 | 0,70 |
| 4 | 29,9 | 30,1 | 0,66 |
| 5 | 31,5 | 32,0 | 1,56 |
| 6 | 33,6 | 34,2 | 1,75 |
| 7 | 34,9 | 36,0 | 3,06 |
| 8 | 38,2 | 39,0 | 2,05 |
| Rata-Rata Error | | | 1,36 |

K. Pengujian Driver Mosfet

Dalam percobaan ini pengujian menggunakan driver MOSFET IR2111 dan menggunakan optocoupler tipe TLP250, diuji dengan duty cycle dari 0%, 25%, 50%, 75%, 99%, dan melihat perubahan gelombang PWM. Berikut percobaan perubahan *Duty Cycle*. Dua gelombang keluaran dari driver merupakan gelombang MOSFET HIGH dan LOW yang dibutuhkan sebagai input 2 MOSFET untuk rangkaian *synchronous Buck Converter*.

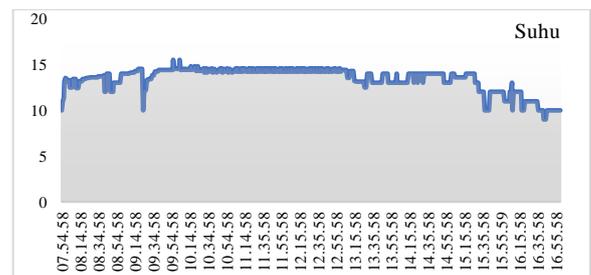


(e) Gambar 21 (a) Duty Cycle 0% (b) Duty Cycle 25% (c) Duty Cycle 50% (d) Duty Cycle 75% (e) Duty Cycle 99%

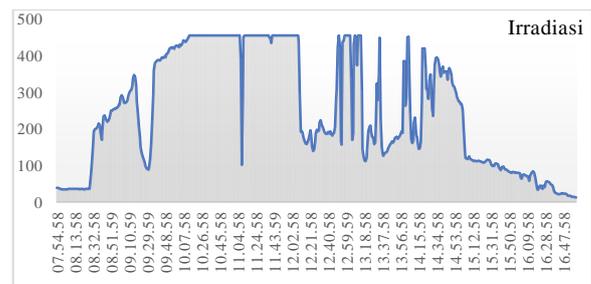
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Metode MPPT menggunakan Program *Perturb & Observe (P&O)* dengan beban resistif 10 ohm.

Berikut merupakan hasil pengujian Sensor Cahaya serta sensor suhu menggunakan sensor BH1750 serta sensor DHT 11, pengujianya dilakukan dalam waktu yang sama dan pengambilan data dilakukan sestiap satu menit sekali.



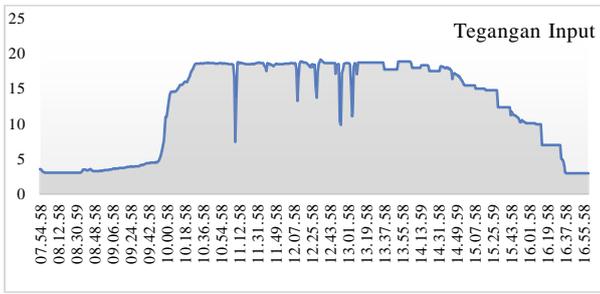
Gambar 22 Grafik Sensor Suhu



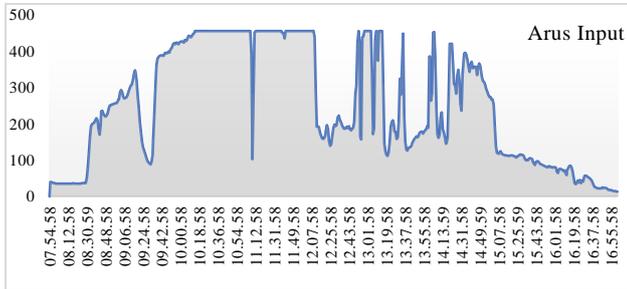
Gambar 23 Grafik Sensor Irradiasi

Terjadi fluktuasi suhu serta irradiasi di tanggal 21 february 2021 yang menyebabkan perubahan terhadap tegangan serta arus pada keluaran dari MPPT.

Terjadi fluktuasi suhu serta irradiasi di tanggal 21 february 2021 yang menyebabkan perubahan terhadap tegangan serta arus pada keluaran dari MPPT.

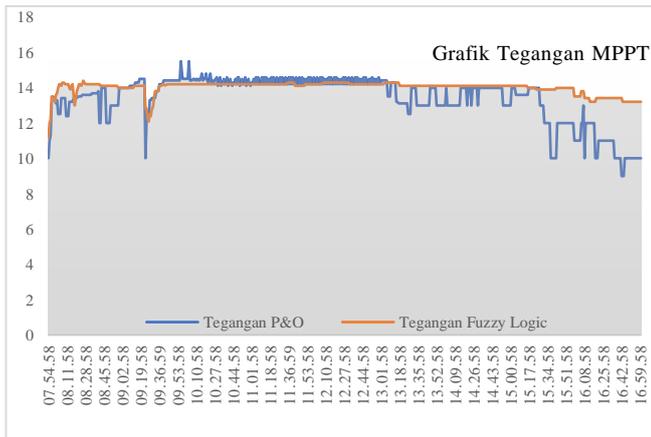


Gambar 24 Grafik Sensot Tegangan



Gambar 25 Grafik Sensor Arus

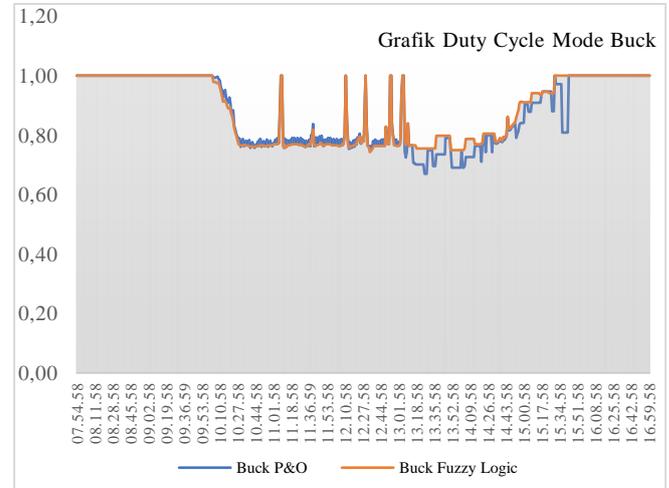
Grafik pada gambar 4.14 dan 4.15 menunjukkan grafik pengujian MPPT melihat tegangan Input yang dihasilkan panel surya, dari grafik diatas menunjukkan terjadinya fluktuasi grafik input arus dan tegangan, terjadi fluktuasi yang cukup tinggi di jam 12.30 dikarenakan kondisi cuaca yang menurun hanya saja suhu panel tetap stabil menyebabkan arus input dan tegangan terjadi perubahan yang cukup signifikan. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat menyetabilkan output tegangan, dalam penelitian ini mempersiapkan penyetabil tegangan dengan dua metode dengan menggunakan prinsip *Maximum Power Point Tracker*. Metode yang digunakan adalah *Fuzzy Logic* serta *P&O*.



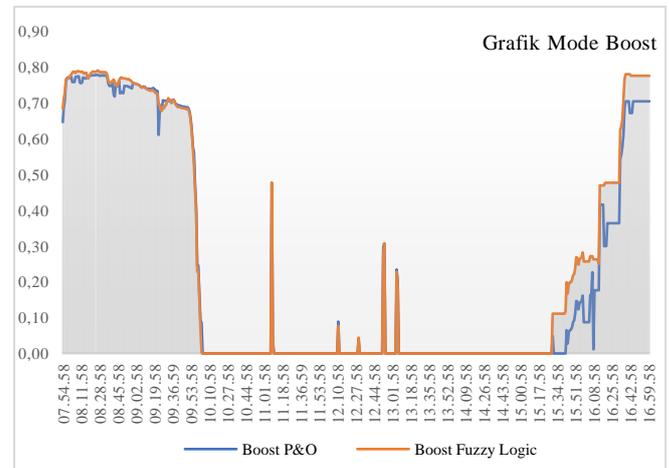
Gambar 26 Grafik Tegangan MPPT

Berikut merupakan hasil pengujian MPPT dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* dan *P&O* yang pengujian dilakukan bersamaan dengan metode *P&O*, pengujian tersebut dilakukan selama 8 jam dari jam 8 pagi hingga jam 4 sore dan pengambilan data dilakukan setiap 1 menit sekali. Dalam pengujian ini tegangan setpoint diatur menjadi 14 Volt

menyesuaikan dengan beban yang digunakan, untuk percobaan menggunakan beban lampu, dalam percobaan ini terlihat bahwa grafik tegangan fuzzy logic fluktuasi tegangan lebih stabil dibandingkan grafik tegangan *P&O*. fluktuasi tegangan ini disebabkan ketidak stabilan input dari panel surya serta optimasi dari kedua metode tersebut. Semakin besar fluktuasi tegangan dari metode optimasi menyebabkan kerja dari *duty cycle* akan berubah, perubahan itu akan menyebabkan panas pada MOSFET. Dapat dilihat dari grafik kerja *duty cycle* kedua metode optimasi tersebut.



Gambar 27 Grafik Mode Buck



Gambar 28 Grafik Mode Boost

Pada grafik *duty cycle* memperlihatkan dua jenis grafik pada mode Buck dan Boost, dimana pada mode buck kondisi dari *duty cycle* Boost ada di nilai 0 dan *duty cycle* buck berfluktuasi menandakan mode buck bekerja yang menyebabkan tegangan input lebih besar dari tegangan setpoint yang mengharuskan tegangan diturunkan menjadi tegangan setpoint yaitu 14V, sedangkan pada posisi boost nilai *duty cycle* buck ada di kondisi 1 dan *duty cycle* boost berfluktuasi, dimana tegangan input lebih kecil dari tegangan setpoint yang mengharuskan tegangan dinaikan menjadi tegangan setpoint yaitu 14V. dari jam 07.54 hingga 10.06 menunjukkan bahwa grafik kedua metode bekerja pada mode

boost dimana tegangan input lebih kecil dari tegangan setpoint dikarenakan posisi matahari baru terbit, dalam proses optimasi kedua metode perubahan duty cycle tidak terlalu signifikan hingga masuk pada jam 10.06, dimana fluktuasi dari grafik masuk kedalam mode buck dimana tegangan input lebih besar dari set point, terjadi fluktuasi yang cukup besar pada duty cycle mode buck, untuk di jam 15.30 terjadi perubahan dari mode buck ke mode boost dikarenakan irradiasi matahari yang menurun, hingga Kembali ke mode boost. Dari grafik mode optimasi fuzzy logic dan P&O pada mode buck dan mode boost Fuzzy logic fluktuasi duty cycle nya lebih kecil dibandingkan dengan metode P&O, menjadikan mode boost lebih efisien dikarenakan fluktuasi tegangan yang lebih stabil dan perubahan duty cycle yang lebih stabil dibandingkan metode P&O.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini :

1. *Maximum Power Point Tracker* merupakan optimasi yang digunakan untuk menstabilkan keluaran yang dihasilkan panel surya sesuai set point yang ditentukan.
2. Output dari panel surya berfluktuasi bergantung pada irradiasi matahari serta suhu panel surya
3. Data Logger dirancang menggunakan skala permenit untuk mengetahui parameter tiap menit dari pembacaan sensor yang digunakan.
4. Sensor tegangan yang digunakan menggunakan prinsip pembagi tegangan serta sensor arus menggunakan shunt resistor.
5. Nilai error dari sensor tegangan sebesar 0,28% dan untuk sensor arus sebesar 1,51%
6. Metode yang digunakan adalah *Fuzzy logic* serta *P&O* dan dalam penelitian ini dianalisa dari unjuk kerja dari kedua metode tersebut.
7. DC-DC converter yang digunakan merupakan *Buck Boost converter non inverting*.
8. Pada Grafik tegangan output dari *Buck Boost Converter* menggunakan metode *Fuzzy logic* serta *P&O* menunjukkan bahwa fluktuasi pada kedua grafik tersebut terjadi fluktuasi, fluktuasi yang terjadi *P&O* lebih signifikan dibandingkan dengan metode *fuzzy logic* yang fluktuasinya lebih kecil.
9. Fluktuasi yang terjadi pada *duty cycle* *P&O* lebih besar dibandingkan *Fuzzy Logic*
10. Dari penelitian menganalisa unjuk kerja dari kedua metode tersebut *Fuzzy logic* memiliki efisiensi kerja lebih baik dibandingkan menggunakan metode *P&O*.

B. Saran

Dalam penelitian ini ada beberapa point yang masih bisa dikembangkan lagi, antara lain yaitu:

1. Alat ini dapat dikembangkan lagi rangkaian dari buck boost converter non Inverting
2. Alat ini dapat dikembangkan lagi untuk penyimpanannya menggunakan *database*
3. Alat ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan IOT.

A. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Khera *et al.*, "Design of charge controller for solar PV systems," 2016, doi: 10.1109/ICCICCT.2015.7475266.
- [2] K. Dubey and M. T. Shah, "Design and simulation of Solar PV system," 2017, doi: 10.1109/ICACDOT.2016.7877649.
- [3] M. G. Ramadhan, A. Muttaqin, and Z. Abidin, "Maximum Power Point Tracker (MPPT) Sebagai Metode Pemaksimalan Daya Solar Cell Untuk Charging Baterai Eco Solar Boat," pp. 107–110, 2017.
- [4] M. A. Haikal, Soedibyo, and M. Ashari, "Desain Sistem Photovoltaic Inverter Terkoneksi Ke Grid Menggunakan MPPT Berbasis Metode Modified Regula Falsi," vol. 7, no. 2010, 2015.
- [5] C. R. Algarín, R. L. Fuentes, and A. O. Castro, "Implementation of a cost-effective fuzzy MPPT controller on the Arduino board," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, 2018, doi: 10.21307/ijssis-2018-002.
- [6] A. O. Batu, H. Soepardjo, and P. Prajitno, "Arduino Uno-Based Maximum Power Point Tracking for PV Module Using Perturb and Observe Algorithm," 2019, doi: 10.1109/MoRSE48060.2019.8998643.
- [7] M. Fannakh, M. L. Ehafyani, and S. Zouggar, "Hardware implementation of the fuzzy logic MPPT in an Arduino card using a Simulink support package for PV application," *IET Renew. Power Gener.*, 2019, doi: 10.1049/iet-rpg.2018.5667.
- [8] S. Suriadi, I. N. Fajri, R. Munadi, and M. Gapy, "Reduksi Osilasi Daya Pada MPPT Panel Surya Dengan Metode Kombinasi PNO dan Fuzzy," *J. Rekayasa Elektr.*, 2019, doi: 10.17529/jre.v15i2.13682.
- [9] S. Chander, P. Agarwal, and I. Gupta, "Design, modeling and simulation of DC-DC converter," 2010, doi: 10.1109/IPECON.2010.5697039.
- [10] S. Masri, N. Mohamad, and M. H. M. Hariri, "Design and development of DC-DC buck converter for photovoltaic application," 2012, doi: 10.1109/ICPERE.2012.6287236.
- [11] ARDUINO, "Datashet Arduino Mega2560," *Arduino.Cc*, 2019.
- [12] Mouser Electronics, "DHT11 - Humidity and Temperature Sensor," *Datashet*, 2011.