

# Perancangan *Solar Charging Controller Mode Maximum Power Point Tracking Control* Menggunakan *PD Control* Untuk Sistem *Battery Charging* Pada *Prototipe Traffic Light System*

Fathul Hadi  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Nurul Jadid  
Probolinggo, Indonesia  
[efhaalfatih@gmail.com](mailto:efhaalfatih@gmail.com)

Ilmi Rizki Imaduddin  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Nurul Jadid  
Probolinggo, Indonesia  
[ilmi.eeunuja@gmail.com](mailto:ilmi.eeunuja@gmail.com)

Moh. Bachrudin  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Nurul Jadid  
Probolinggo, Indonesia  
[udintf06@gmail.com](mailto:udintf06@gmail.com)

Wahyu Pribadi  
Program Studi Teknik Perkeretaapian  
Politeknik Negeri Madiun  
Kota Madiun, Indonesia  
[why.pribadi@pnm.ac.id](mailto:why.pribadi@pnm.ac.id)

**Abstrak**—*Traffic light* merupakan lampu lalu lintas untuk mengatur arus kendaraan dan mempermudah pergerakan kendaraan serta untuk memberikan keselamatan pada pengendara. *Traffic light* pada saat ini masih menggunakan daya dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). *Photovoltaic* atau panel surya adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. *Maximum power point tracking* (MPPT) adalah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah *Photovoltaic* atau panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan *power* atau daya maksimum. Pada penelitian ini dirancang *solar charger control* MPPT dengan metode *PD control* untuk *battery charging* pada *prototipe traffic light* untuk menstabilkan tegangan luaran *solar cell*. Sistem *solar charge control* MPPT menggunakan *microcontroller* sebagai kendali untuk menaikkan dan menurunkan tegangan *solar cell* secara otomatis pada *prototipe traffic light*. Hasil dari pengujian MPPT dapat digunakan mengisi baterai 12 volt dengan tegangan *charger* 14 volt, yang diperoleh dari sistem *converter buck-boost* yang diatur menggunakan *PD Control*. Pada level tegangan solar panel 13 sampai 14 volt, tegangan *output* mencapai 12,36-13,40 volt. Pada level tegangan luar solar panel lebih dari 14 volt, tegangan *output* rata-rata 13,6 volt, arus *output* rata-rata 1,2 A, dan Sistem *charger* baterai terputus ketika luaran panel kurang dari 7,5 volt atau pada keadaan arus *charging* kurang dari 0,2 A

**Kata Kunci:** *Traffic Light, Photovoltaic, MPPT, Microcontroller, PD Control, Battery.*

## I. PENDAHULUAN

*Traffic light* merupakan lampu lalu lintas untuk mengatur arus kendaraan dan mempermudah pergerakan kendaraan serta untuk memberikan keselamatan pada pengendara [1]. Sebagian besar pengendalian pewaktu *traffic light* yang ada saat ini menggunakan pewaktu yang sudah terpadu sistemnya dan tidak memiliki fitur pengaturan pelayanan. Karena ini

operator tidak dapat mengubah waktu nyala lampu lalu lintas pada tiap-tiap arah lalu lintas [2].

*Traffic light* pada saat ini masih menggunakan daya dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan tentu dalam beberapa periode kedepan pasokan listrik tersebut akan mengalami penurunan dalam tentunya harga akan semakin meningkat. Hal ini tentu merugikan beberapa pihak terutama pengguna sistem lalu lintas (*traffic light*) yang menggunakan daya dari PLN[3]. Dampaknya ketika daya dari PLN padam, maka lampu lalu lintas tidak bisa beroperasi. Tentu akan menyebabkan pengguna jalan kebingungan dan tidak ada yang mengatur pada persimpangan atau pertigaan jalan. Maka dibutuhkan daya selain dari PLN, salah satu solusi ialah menggunakan *Photovoltaic* (PV) atau panel surya.

*Photovoltaic* atau panel surya adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Panel surya mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *globale warming*. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi matahari bisa didapatkan secara gratis [4].

*Maximum power point tracking* (MPPT) adalah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah *Photovoltaic* atau panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan *power* atau daya maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah *tracking* mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik *power* maksimum yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel surya [5].

*Maximum power point tracking* (MPPT) merupakan teknik untuk menstabilkan daya keluaran daya keluaran dari panel

surya agar panel surya dapat mengisi baterai dengan daya maksimal [6].

A. Traffic Light



Gambar 1. Traffic Light

Traffic Light adalah pengendali arus lalu lintas menggunakan lampu yang dipasang pada persimpangan jalan. Tujuannya untuk mengatur arus lalu lintas pada setiap persimpangan agar dapat berjalan secara teratur dan tidak saling bertabrakan. Lampu lalu lintas atau traffic light dikenal pertama kali pada tahun 1868. Sistem menggunakan gas yang dipasang di Westminter Inggris. Pada tahun 1926 dilakukan operasi lampu secara semi otomatis di wolverhampton Inggris. Secara garis besar traffic light digunakan sebagai pengatur arus lalu lintas, mencegah kemacetan di persimpangan, memberikan kesempatan kepada kendaraan lain/pejalan kaki dan meminimalisasi konflik kendaraan [7].

B. Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya atau Photovoltaic Prinsip memiliki dasar dengan memanfaatkan cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya [8].



Gambar 2. Photovoltaic [8]

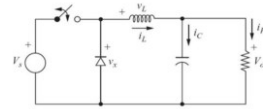
C. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah suatu rangkaian DC yang mengoptimalkan keluaran daya dari panel surya sebelum dialirkan untuk disimpan pada baterai. Terdapat beberapa metode algoritma MPPT yaitu Peturb and Observe (Hill Climbing), Incremental Conductance, Dynamic Approach, Fuzzy Logic metho d [9].

D. Buck Converter

DC-DC Buck Converter ( konverter buck) adalah konverter DC-DC yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input sesuai dengan kebutuhan (step down converter). Konverter ini termasuk kelas Switched-Mode Power Supply (SMPS) atau

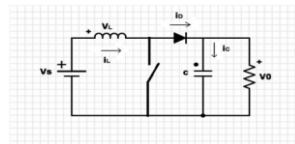
catu daya mode saklar yang biasanya mengandung setidaknya dua semikonduktor (dioda dan transistor) dan terdapat setidaknya satu elemen penyimpanan seperti kapasitor, induktor atau keduanya bisa dikombinasikan [3].



Gambar 3. Topologi Buck converter [3]

E. Boost Converter

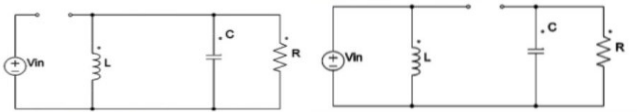
Boost converter adalah converter DC to DC yang menaikkan tegangan input dengan arus masukan kontinyu dan arus keluaran diskontinyu. Karakteristik tersebut membuat boost converter digunakan untuk sistem MPPT, sebab ketika arus terputus maka tegangan yang terukur akan sama dengan tegangan rangkaian terbuka [5].



Gambar 4. Topologi Boost Converter [5]

F. Buck-Boost Converter

Jadi buck-boost converter adalah konverter DC (Direct Current) yang output tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan input, dan juga tegangan output-nya 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 [10].



Gambar 5. Topologi buck-boost converter [10].

G. Arduino UNO

Arduino UNO adalah pengendali single board yang bersifat Open Source, diturunkan dari wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino UNO berupa modul elektronik open source berbasis microcontroller Atmel AVR Atmega328 [11].



Gambar 6. Arduino UNO [11]

H. Sensor

1. Sensor Arus *Acs712*

*ACS712* merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna untuk sensor arus menggantikan trafo arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya *ACS712* sama dengan sensor efek *hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus[12].

2. Sensor Teganga

Sensor tanga adalah sebuah instrumen yang dapat mengukur tegangan DC atau AC dalam bentuk angka diskrit. Voltmeter digital dari rangkaian-rangkaian yang menggunakan IC tertentu [13].

I. Aki

*Akumulator* (aki) adalah alat yang dapat menyimpan energy. Pada umumnya energi listrik pada aki dalam bentuk energi kimia. Aki merupakan sumber energi listrik DC yang mengubah *energy* kimia menjadi *energy* listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya. Aki 12 volt, memiliki 6 cell sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell [14].

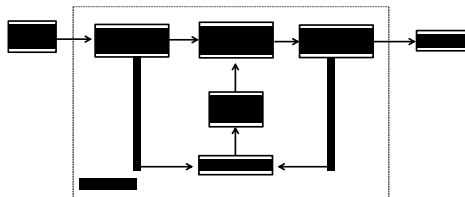
II. METODOLOGI

A. Perancangan *Buck-Boost Converter*

Pada tahap ini dilakukan sebuah perancangan *Buck Boost Converter* untuk aplikasi *MPPT-Photovoltaic Controller* pada *Prototipe Traffic Light System*.



Gambar 7. Diagram Blok *Buck-boost Converter*.



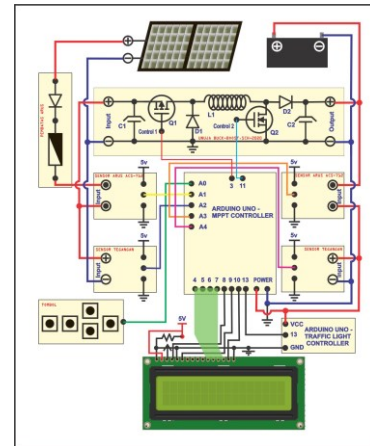
Gambar 8. Diagram sistem *buck-boost converter*

*Buck-Boost* konverter berfungsi untuk mengubah level tegangan DC, baik ke level yang lebih tinggi maupun ke level yang lebih rendah. Namun *buck boost* konverter mengubah polaritas dari tegangan *output* terhadap tegangan *input*. Penggunaan *buck boost* ini disebabkan tegangan *output* dari panel surya selalu berubah berdasarkan perubahan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan panel.

B. Perancangan *Hardware*

*MPPT controller* yang dibuat merupakan *hardware* terintegrasi antar pendeteksian besar tegangan serta arus listrik pada *Solar Cell* sebagai sumber, pendeteksian besar tegangan beban (Aki dan Perangkat *Traffic Light*), serta *microcontroller*

yang memberikan kontrol reaksi terhadap pendeteksian sensor, berupa kendali pada MOSFET dalam rangkaian analog *buck-boost converter*. Berikut skematik Rangkaiannya.



Gambar 9. Rangkaian skematik *Buck-Boost Converter*

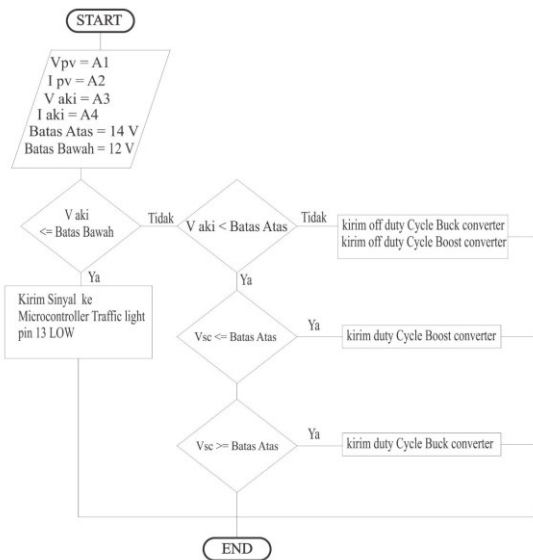
C. Perancangan *Software*

*Software* dibangun pada minimum *System Arduino UNO*, yang terintegrasi dengan *LCD Keypad Shield*. Berikut ini Tabel Konfigurasi pin I/O pada rancang bangun *Software MPPT PD Controlle*.

Tabel 1. Tabel Konfigurasi Pin I/O

| PIN | Fungsi                  | I/O |
|-----|-------------------------|-----|
| A0  | Tombol                  | I   |
| A1  | Sensor Arus PV          | I   |
| A2  | Sensor Tegangan PV      | I   |
| A3  | Sensor Arus Battery     | I   |
| A4  | Sensor Tegangan Battery | I   |
| 1   |                         | I   |
| 2   |                         | O   |
| 3   | Control Buck            | O   |
| 4   | Data bus                | O   |
| 5   | Data bus                | O   |
| 6   | Data bus                | O   |
| 7   | Data bus                | O   |
| 8   | Data bus                | O   |
| 9   | Data bus                | O   |
| 10  | Data bus                | O   |
| 11  | Data bus                | O   |
| 12  | Data bus                | O   |
| 13  | Data bus                | O   |

Prosedur pembacaan dan logika kontrol untuk *charger* Aki pada rancang bangun *charger* yang terintegrasi pada sistem lampu palu lintas mengacu pada *Flowchart* berikut ini.



Gambar 10. Flowchart system lampu lalu lintas

D. Pengujian Alat

Pengujian perbagian dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat dapat berfungsi dengan baik, pengujiannya antara lain:

1. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dan perangkat yang akan digunakan dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian ini meliputi :

- a. Pengecekan sensor agar dapat mengetahui hasil pengambilan data dari sensor tersebut.
- b. Pengecekan LED untuk mengetahui nyala lampu merah, kuning, dan hijau.
- c. Pengecekan LCD display untuk melihat Timer Stoplight..

2. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah System Operating yang digunakan berjalan dengan baik dan Software yang ada dapat dijalankan untuk membuat program.

E. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem merupakan pengujian yang dilakukan dengan menghubungkan subsistem yang ada menjadi kesatuan. Pengujian ini dilakukan setelah pengujian setiap subsistem selesai dilaksanakan. Terhadap sistem yang telah dirancang tersebut, dilakukan pengujian parameter keadaan kepadatan jalan, pengujian pengaruh cahaya pada background di waktu berbeda, pengujian process time secara otomatis.

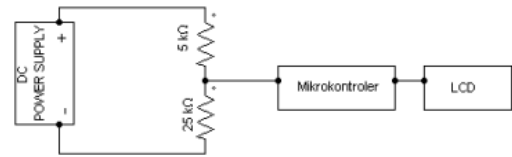
III. HASIL DAN ANALISA

A. Analisa Sensor Tegangan

Sensor Tegangan menggunakan rangkaian voltage divider. Pengujian voltage divider bertujuan untuk mengambil data tegangan yang terbaca oleh rangkaian voltage divider.

Pengujian voltage divider menggunakan fasilitas ADC pada microcontroller, Tegangan output pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD.

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menyambungkan input rangkaian pembagi tegangan dengan power supply variable. Tegangan yang keluar dari power supply diatur dengan menggunakan potensiometer. Tegangan output yang terukur dimunculkan pada LCD seperti Gambar berikut:



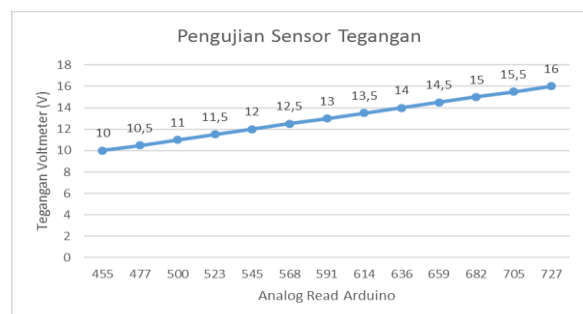
Gambar 11. Rangkaian pengujian sensor tegangan

Pada pengujian diberikan beban Pada pengujian diberikan beban berupa resistor 6.0 Ω dan dihubungkan pada mirocontroller sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah power supply variable. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh sensor arus, dialirkan tegangan input yang berbeda beda.

Sensor arus pada alat yang dibuat untuk mendeteksi nilai arus masukan dari Solar Cell, dan keluaran DC converter yang terhubung ke Accumulator/ Battery. Berikut ini hasil pembacaan analog input microcontroller atmega 328 pada UNO board.

Tabel 2. Pembacaan Analog Input Sensor Arus

| No. | V-in(analog) V | Baca Sensor Serial |
|-----|----------------|--------------------|
| 1   | 10             | 455                |
| 2   | 10.5           | 477                |
| 3   | 11             | 500                |
| 4   | 11.5           | 523                |
| 5   | 12             | 545                |
| 6   | 12.5           | 568                |
| 7   | 13             | 591                |
| 8   | 13.5           | 614                |
| 9   | 14             | 636                |
| 10  | 14.5           | 659                |
| 11  | 15             | 682                |
| 12  | 15.5           | 705                |
| 13  | 16             | 727                |

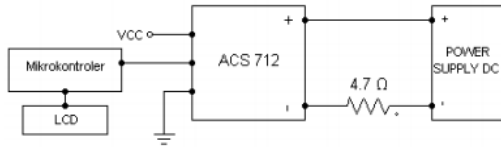


Gambar 12. Pengujian Sensor Tegangan

Dari grafik di atas menunjukkan data *linier*, sehingga dapat dihitung persamaan liniernya untuk kalibrasi nilai tegangan agar terbaca sama dengan *Voltmeter*. Maka didapatkan nilai tegangan input dan nilai tegangan *output* sensor yang terukur hampir sama.

**B. Analisa Sensor Arus**

Sensor arus yang digunakan adalah *ACS712*. Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengambil data arus yang terbaca oleh sensor arus.

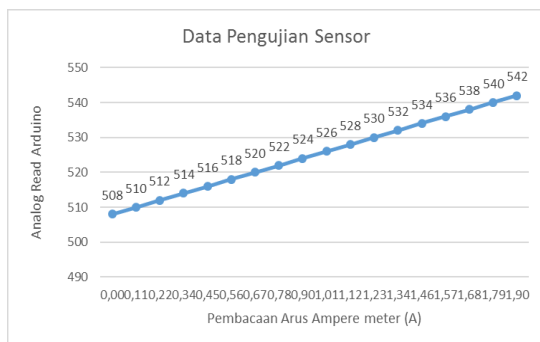


**Gambar 13.** Rangkaian Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian diberikan beban Pada pengujian diberikan beban berupa resistor 6.0 Ω dan dihubungkan pada *microcontroller* sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah *power supply variable*. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh sensor arus, dialirkan tegangan input yang berbeda beda.

**Tabel 3.** Pembacaan *Analog Input* Sensor Arus

| No. | I-in(analog) A | Baca Sensor Serial |
|-----|----------------|--------------------|
| 1   | 0.00           | 508                |
| 2   | 0.11           | 510                |
| 3   | 0.22           | 512                |
| 4   | 0.34           | 514                |
| 5   | 0.45           | 516                |
| 6   | 0.56           | 518                |
| 7   | 0.67           | 520                |
| 8   | 0.78           | 522                |
| 9   | 0.90           | 524                |
| 10  | 1.01           | 526                |
| 11  | 1.12           | 528                |
| 12  | 1.23           | 530                |
| 13  | 1.34           | 532                |
| 14  | 1.46           | 534                |
| 15  | 1.57           | 536                |
| 16  | 1.68           | 538                |
| 17  | 1.79           | 540                |
| 18  | 1.90           | 542                |



**Gambar 14.** Pengujian Sensor Arus

Dari grafik di atas menunjukkan data *linier*, sehingga dapat dihitung persamaan liniernya untuk kalibrasi nilai tegangan agar terbaca sama dengan *Ampere* meter.

$$I = m \times (\text{Analog Read}-b),$$

dimana m = koefisien pengali tegangan,

b= konstanta (dapat ditentukan ketika I=0)

$$b = 508$$

$$m = I / (\text{Analog Read}-508) = 0.11 / (510-508) = 0.056$$

Dari grafik didapatkan nilai arus yang terukur pada sensor dan nilai *input* hampir sama.

**IV. KESIMPULAN**

Dari perencanaan, pembuatan, pengujian, analisa metode yang digunakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sensor arus menggunakan *acs712* yang bertujuan untuk mengambil data dengan menggunakan persamaan  $I = m_{rata-rata} \times \text{sensor serial}$ , sedangkan sensor tegangan rangkaian *voltage divider* untuk mengambil data tegangan menggunakan *ADC* pada *microcontroller*.
2. *MPPT* dapat digunakan mengisi batrai 12 volt dengan tegangan *charger* 14 volt, yang diperoleh dari sistem *converter buck-boost* yang diatur menggunakan *PD* kontrol.
3. Pada level tegangan panel surya 13 sampai 14 volt, tegangan *output* mencapai 12,36- 13,40. Pada level tegangan luar panel surya lebih dari 14 volt, tegangan *output* rata-rata 13,6 volt, arus *output* rata-rata 1,2 A.
4. Sistem *charger* batrai terputus ketika luaran panel kurang dari 7,5 volt atau pada keadaan arus *charging* kurang dari 0,2 A.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Saya sampaikan ucapan terima kasih kepada editor dan *reviewer* atas segala saran, masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Aswar, Rifdian, And Sudrajat, "Prototype Sistem Control Otomatisasi On Dan Off Traffic Light Di Runway 08 Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Surakarta Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Kamera Pengenal Object," Pp. 1–5, 2019.
- [2] H. Faujiah And T. Ferga Prasetyo, "Simulasi Traffic Light Pada Perempatan Dengan Sistem Mikrokontroler Atmega 328," Pp. 163–168, 2017.
- [3] F. Senrianokxi, "Rancang Bangun Modul Converter Dc-Dc Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Iot Untuk Penelitian Mppt ( Maximum Power Point Tracking ) Pada Panel Surya," 2020.
- [4] D. Dewatama, M. Fauziyah, And H. K. Safitri, "Optimasi Buck Converter Pada Solar Tree Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," 2017.
- [5] Ranny Dwidayanti, "Optimasi Pengisian Daya Baterai Pada Panel Surya Menggunakan Maximum Power Point Tracking ( Mppt )," 2017.
- [6] A. Laila Firtia, R. Fauzi Iskandar, And A. Qurthobi, "Desain Dan Karakterisasi Konverter Dc Ke Dc Berbasis Rangkaian Buck-Boost Pada Sistem Maximum Power Point Tracking ( Mppt )," 2018.

- [7] E. Nurhudayat, A. Indra Septiana, A. Nursyah Putra, A. Syaripudin, And D. Irawan Saputra, "Desain Sistem Kontrol Traffic Light Adaptif Pada Empat Persimpangan Berbasis Plc Omron Cplc," *J. Nas. Tek. Elektro*, Vol. 4, No. 1, P. 94, 2015, Doi: 10.25077/Jnte.V4n1.137.2015.
- [8] P. Putra, A. Joewono, R. Sitepu, L. Agustine, And W. Andyardja, "Alat Pemantau Dan Pengendali Sistem Penyimpanan Energi Pada Solar Panel," *Widya Tek.*, Vol. 17, No. 1, Pp. 25–31, 2017.
- [9] Y. Fitriyani Hayono, "Aplikasi Perancangan Generator Sinkron Magnet Permanen Pada Pembangkit," 2020.
- [10] Imam Setyawan & Bambang Suprianto, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," 2019.
- [11] B. Sutomo And T. A. Saputri, "Remote Home Monitoring Menggunakan Protokol Mqtt," Pp. 146–153, 2018.
- [12] N. Andrianto And N. Hendrarini, "Alat Untuk Meningkatkan Faktor Daya Dengan Sistem Notifikasi Berbasis Gsm Device To Improve The Power Factor By Gsm Based Notification System Universitas Telkom , 2 Universitas Telkom , 3 Universitas Telkom," Vol. 2, No. 2, Pp. 628–635, 2016.
- [13] M. Junaldy, S. R. U. A. Sompie, And L. S. Patras, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," Vol. 8, No. 1, Pp. 9–14, 2019.
- [14] R. Hartono, M. F. Noor, And E. K. Y, "Perancangan Dan Pembuatan Mobil Sel Surya Menggunakan Motor Dc Magnet Permanen," Vol. 6, No. 1, Pp. 37–42, 2016.