

## SISTEM PENGISIAN BATERAI AKI PADA *AUTOMATED GUIDED VEHICLE* MENGUNAKAN SOLAR PANEL

### *BATTERY CHARGING SYSTEM IN AUTOMATE GUIDED VEHICLE USING SOLAR PANEL*

Firman Agung Nugroho. 1, Kharisma Bani Adam, S.T., M.T., Ph. D. 2, Angga Rusdinar, S.T.,  
M.T., Ph. D 3

1,2,3 Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>gunkhaz@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>kharismaadam@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak** — Energi surya saat ini sudah banyak dikembangkan menjadi energi alternatif karena penggunaannya yang mudah dan efisien. Pemasangan solar panel secara *statis* menyebabkan tingkat efisiensi yang tidak maksimal. Sehingga energi listrik yang dihasilkan tidak maksimal. Posisi solar panel yang ideal adalah tegak lurus dengan matahari supaya menghasilkan energi listrik yang maksimal.

Untuk mengatasi hal tersebut, akan dirancang sebuah sistem solar panel yang bersifat *portable* dan *controllable* dilengkapi sebuah sistem *solar tracker* dengan menggunakan logika *fuzzy logic* untuk menyesuaikan posisi solar panel terhadap cahaya matahari. Dalam sistem yang diterapkan tersebut, solar panel bisa bergerak mengikuti arah matahari dan juga bisa dikontrol oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan. Hasil dari pengujian sistem adalah solar panel memiliki efisiensi 16% lebih besar saat menggunakan sistem *solar tracker*. Sistem dapat dipasang pada kendaraan yang bergerak salah satunya adalah *Automated Guided Vehicle*.

**Kata Kunci** – *Portable Solar Tracker, Controllable Solar Tracker, Solar Vehicle, Solar AGV*

---

**Abstract** — *Solar energy is currently being developed into alternative energy because of its easy and efficient use. Installation of solar panels statically causes the level of efficiency that is not optimal. So that the electrical energy produced is not optimal. The ideal solar panel position is perpendicular to the sun in order to produce maximum electrical energy.*

*To overcome this, a portable and controllable solar panel system equipped with a solar tracker system using fuzzy logic will be designed to adjust the position of the solar panels to sunlight. In this applied system, solar panels can move according to the direction of the sun and can also be controlled by the user according to their needs. The result of this experiment are solar panel have more efficiency about 16% when installed with solar tracker than solar panel that are installed static. This system also can be installed on a moving vehicle, one of which is an Automated Guided Vehicle.*

**Keywords** - *Portable Solar Tracker, Controllable Solar Tracker, Solar Vehicle, Solar AGV*

---

### 1. Pendahuluan

Sinar matahari merupakan salah satu sumber *renewable energy* yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif. Sinar matahari menghasilkan energi solar yang bisa diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya [1]. "Dalam cahaya matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik" (Damastuti, 1997). Tetapi untuk mengubah energi solar ke energi listrik diperlukan alat khusus yaitu solar panel. Menurut Mintorogo (2000, hal. 129) "Sel Surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon berperan sebagai insulator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas".

Dalam penggunaan solar panel, kebanyakan pemasangannya bersifat *statis* atau diam, artinya posisi solar panel tidak mengikuti matahari sepanjang hari. Hal ini menyebabkan paparan sinar matahari terhadap solar panel berbeda-beda yang menyebabkan energi listrik yang dihasilkan berubah-ubah, dalam hal ini solar panel menerima sedikit paparan sinar matahari ketika posisi solar panel membelakangi matahari sehingga energi listrik yang dihasilkan kurang maksimal [2]. Akibatnya, solar panel dengan keadaan *statis* memiliki efisiensi yang kurang maksimal dikarenakan posisi solar panel tidak selalu tegak lurus dengan matahari. Kemudian penggunaan solar panel pada *Automated Guided Vehicle* yang bergerak di *outdoor* mengakibatkan posisi solar panel mengikuti pergerakan AGV, yang membuat solar panel tidak selalu

menghadap ke matahari. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan cahaya matahari yang diterima solar panel dan meningkatkan efisiensinya, diperlukan sistem *solar tracker*. Sistem *solar tracker* bertujuan untuk menyesuaikan posisi solar panel agar selalu tegak lurus dengan matahari, akibatnya permukaan solar panel terpapar sinar matahari secara maksimal yang mengakibatkan meningkatnya efisiensi solar panel yang digunakan.

Hasil dari Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan sebagai inovasi energi terbarukan, dan juga sebagai bahan riset selanjutnya yaitu penerapan pada *Automated Guided Vehicle* ataupun kendaraan lainnya yang bermanfaat bagi Universitas Telkom maupun luar Universitas Telkom.

Berdasarkan latar belakang masalah, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana implementasi sistem pengisian baterai aki berbasis solar panel 50 Wp ?
2. Bagaimana implementasi *solar tracker* menggunakan *fuzzy logic* untuk meningkatkan efisiensi solar panel ?
3. Bagaimana implementasi sistem monitoring untuk mendapatkan informasi tegangan, arus pada baterai dan solar panel dan juga daya yang dihasilkan oleh solar panel ?

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Solar Panel

Solar panel merupakan gabungan dari beberapa solar sel. Solar sel adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar sel diartikan sebagai teknologi yang membangkitkan suatu daya listrik DC, diukur dalam satuan Watts (W) atau kiloWatts (kW), yang berasal dari suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan oleh cahaya dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic. Efek photovoltaic adalah fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Efek photovoltaic ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839 [3].

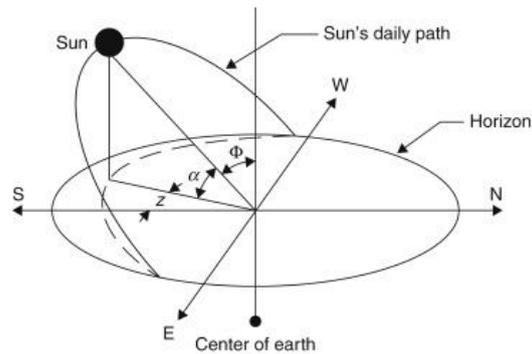
Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterima solar sel dan berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Ketika solar sel terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel sinar matahari menghantam atom semikonduktor silikon sel surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan "hole" dengan muatan positif (+) [4].



Gambar 1 : Solar Panel

### 2.2. Posisi Matahari

Posisi Matahari di langit berfungsi sebagai waktu dan lokasi geografis untuk pengamatan di permukaan bumi. Rotasi bumi pada porosnya menyebabkan gerakan diurnal, ini menyebabkan matahari tampak bergerak melintasi langit dalam sebuah lintasan yang bergantung pada garis lintang geografis pengamat, sehingga lintasan matahari akan berbeda tergantung dari posisi *latitude* si pengamat atau biasa disebut sebagai *horizon*. *Horizon* adalah bidang datar yang menjadi pijakan pengamat, yang menjadi batas antara belahan langit yang dapat diamati dengan yang tidak dapat diamati dengan menggunakan koordinat *altitude* dan *azimuth*. Sudut *Altitude* menunjukkan ketinggian matahari dari *horizon* sedangkan sudut *azimuth* menyatakan sudut yang dibentuk antara matahari dengan kutub utara atau selatan *horizon*. [5]



Gambar 2 : Geografi Bumi dan Hubungannya dengan Posisi Matahari

### 2.3. Solar Charge Controller

*Solar charge controller* pada dasarnya adalah pengatur tegangan dan arus, untuk menjaga baterai dari pengecasan yang berlebihan. *Solar Charge Controller* ini mengatur tegangan dan arus yang datang dari panel surya dan pergi ke baterai [6]. Kelebihan tegangan dan pengecasan akan mengurangi umur baterai. *solar charge controller* menerapkan metode *pulse width modulation* (PWM) dan *maximum powerpoint tracking* (MPPT) untuk mengatur fungsi pengecasan baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya 12 V umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 V. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh tegangan berlebih dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya diisi pada tegangan 14 - 14.7 V. Beberapa fungsi dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut :

1. Mengatur arus untuk pengecasan ke baterai, menghindari *overcharging* dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang diambil dari baterai agar baterai tidak sampai habis.
3. Pemantauan temperatur baterai.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengecasan arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui pemantauan tegangan baterai. Untuk mendapatkan daya maksimum dari sel fotovoltaik, menggunakan sistem *maximum power point tracking* (MPPT) [7].

*Solar charge controller* biasanya terdiri dari: satu input yang terhubung dengan output panel surya, satu output yang terhubung dengan baterai / aki dan satu output yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada dioda penyearah yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.



Gambar 3 : Solar Charge Controller

### 2.4. Baterai Lead Acid

Baterai *lead acid* atau aki adalah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengecasan kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Aki digunakan sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan pada mobil atau kendaraan lain dan juga digunakan sebagai penyimpan energi listrik saat terjadi proses pengecasan. Baterai aki berfungsi untuk mensuplai arus listrik pada sistem starter agar mesin dapat dihidupkan.



Gambar 4 : Baterai Aki

## 2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 –16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

## 3. Pembahasan

### 3.1 Desain Sistem

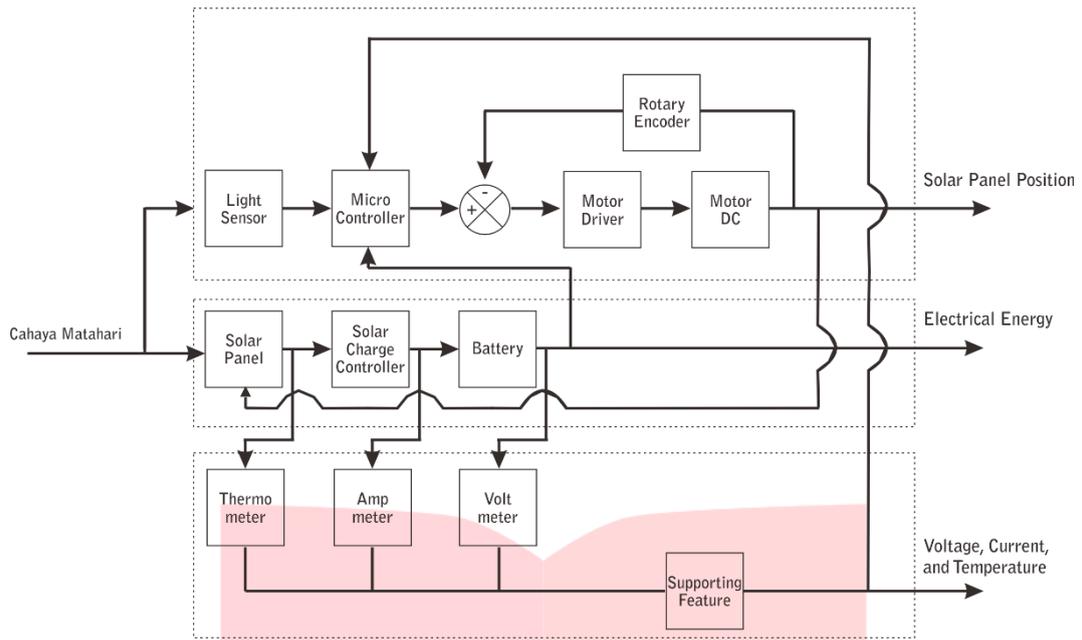
Dalam tugas akhir ini, akan dirancang sebuah sistem pengisian baterai aki menggunakan solar panel dengan karakteristik *portable* dan *controllable*. Terdapat beberapa sistem yang akan dipasang, yaitu sistem *charging*, *solar tracking*, dan *monitoring*. Sistem *charging* berfungsi untuk pengisian baterai aki, sistem *solar tracking* berfungsi untuk deteksi intensitas cahaya dan penyesuaian posisi solar panel, dan sistem *monitoring* berfungsi untuk pembacaan data nilai arus, tegangan, dan temperature dan juga fitur tambahan yaitu komunikasi *wireless* melalui bluetooth dan *data logging* sistem.

### 3.2 Target Sistem

Target sistem dari tugas akhir ini adalah pengisian baterai aki menggunakan solar panel yang bisa mendeteksi intensitas cahaya dan bisa bergerak mengarah ke cahaya matahari dengan menggunakan metode *fuzzy logic* untuk meningkatkan efisiensi solar panel. Posisi solar panel yang tegak lurus akan mempercepat proses pengisian baterai dibandingkan dengan pemasangan solar panel secara diam (*statis*) sehingga meningkatkan efisiensi solar panel dan membuat pengisian baterai menjadi lebih efektif dikarenakan lebih cepat terisi jika dibandingkan dengan solar panel yang terpasang secara statis. Selain itu terdapat sistem monitoring arus dan tegangan pada baterai aki dan solar panel untuk menampilkan data tegangan dan arus pada baterai dan solar panel yang bisa dilihat oleh pengguna secara langsung.

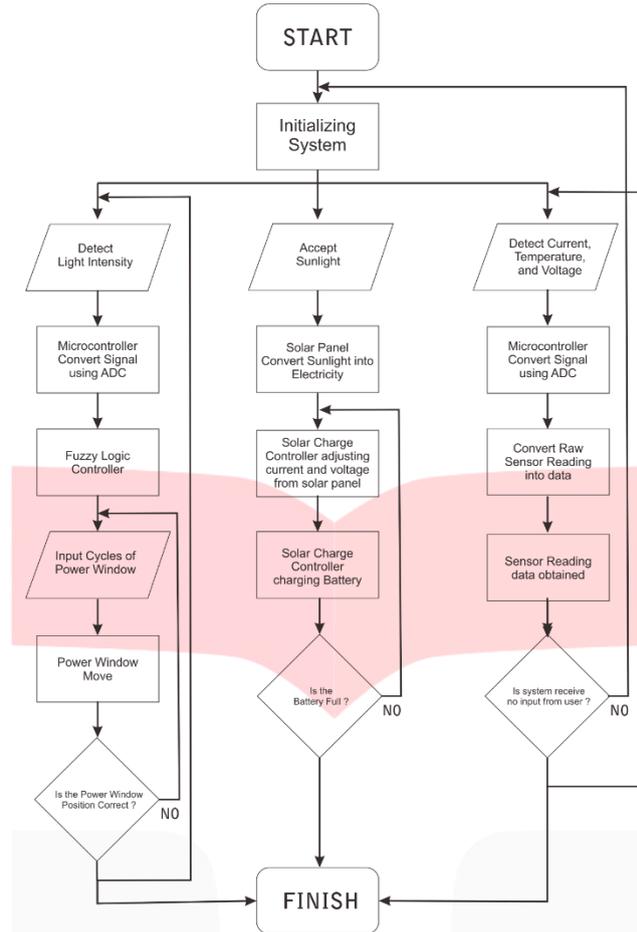
### 3.3 Diagram Blok Sistem

Sistem ini berfokus pada pengendalian logika *fuzzy* untuk mengatur gerak solar panel dengan mengambil data dari sensor cahaya. Hasil dari pergerakan solar panel akan mempengaruhi efisiensi dari sistem pengisian baterai.



Gambar 5 : Diagram Blok Sistem

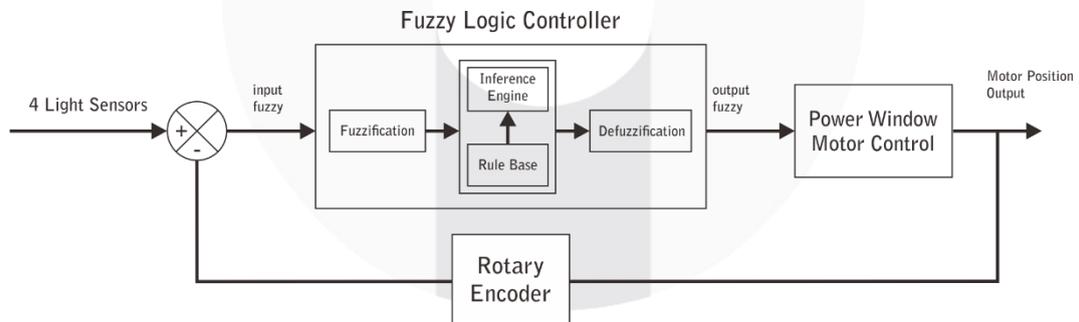
### 3.4 Diagram Alir Sistem



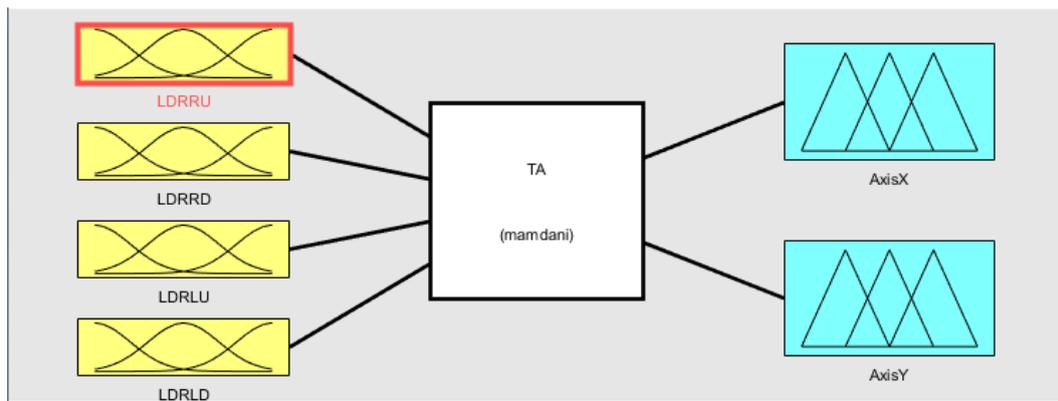
Gambar 6 : Diagram Alir Ssitem

### 3.5 Fuzzy Logic Controller

Kontrol yang digunakan pada sistem *solar tracker* ini adalah kontrol logika *fuzzy*. Pada sistem ini terdapat suatu *input* berupa *light sensor* berjumlah empat buah yang diletakkan pada empat ujung solar panel.



Gambar 7 : Diagram Blok Fuzzy Logic



Gambar 8 : Simulasi Matlab

Diagram blok diatas menggambarkan tahapan-tahapan dari sistem *solar tracker* yang menggunakan *fuzzy logic*, yaitu *raw data (input)*, *fuzzification*, *inference engine*, *defuzzification*.

Bagian *input* atau masukan berupa nilai empat nilai LDR yang diproses oleh *microcontroller*, sebelum input fuzzy dibuat, akan ditentukan terlebih dahulu nilai dari LDR paling besar, nilai LDR itu akan menjadi setpoint bagi sistem *fuzzy logic* dalam menentukan nilai *linguistic* atau derajat keanggotaan masing-masing sensor LDR.

*Fuzzification*, yaitu penentuan derajat keanggotaan dari nilai tegas menjadi nilai ketidakjelasan seperti nilai antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan yang digunakan pada sistem ini yaitu data perbedaan nilai empat sensor LDR. Terdapat empat *membership function* dalam sistem ini, yaitu *membership function* sensor LDR *Right Up*, *Left Up*, *Right Down*, dan *Left Down*.

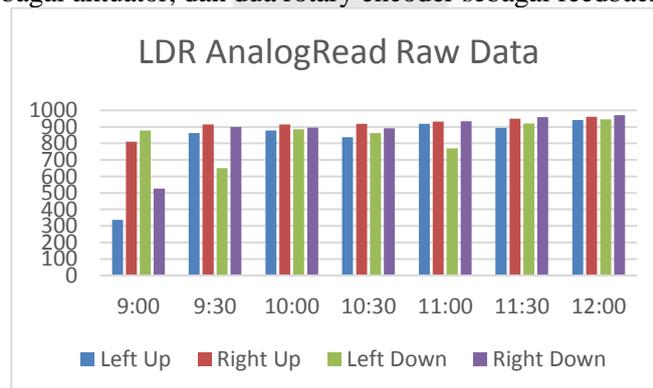
*Inference Engine*, adalah kumpulan *rule* yang digunakan dalam *fuzzy logic controller* untuk menyesuaikan *input* dengan *output* pada sistem. Pada bagian aturan logika *fuzzy*, terjadi proses pengolahan data *input* fuzzifikasi dengan hasil keluaran yang dikehendaki dengan aturan-aturan tertentu. Dari aturan yang dibentuk inilah yang nantinya akan menentukan respon dari sistem terhadap berbagai kondisi *set point* dan gangguan yang terjadi pada sistem. Dalam sistem ini terdapat enam belas *rule* dengan empat *input* dan dua *output*.

*Defuzzification*, merupakan proses pengembalian nilai ketidakjelasan menjadi nilai tegas ke dalam suatu sistem, yakni pemetaan bagi nilai-nilai *output fuzzy* yang dihasilkan pada tahap aturan logika *fuzzy* kembali menjadi nilai *crisp*. *Output* dari proses defuzzifikasi untuk sistem ini adalah nilai *encoder* untuk mengontrol gerak dua motor *solar tracker* berdasarkan intensitas cahaya matahari.

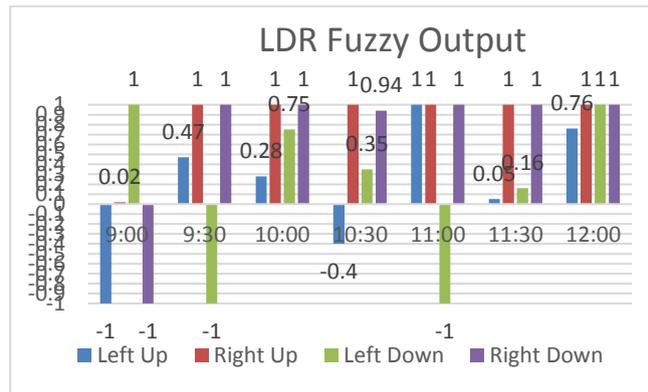
## 4. Pembahasan

### 4.1 Pengujian Pergerakan Solar Tracker

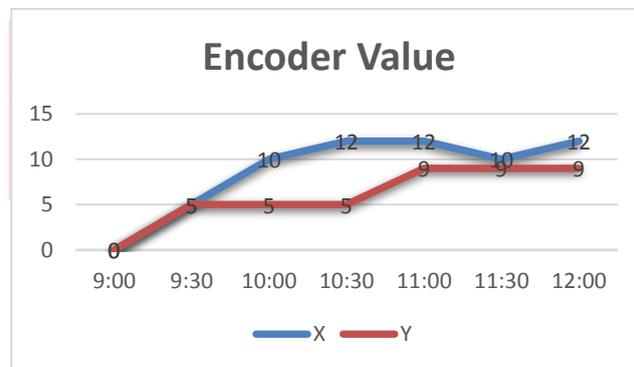
Pengujian pergerakan solar panel menggunakan sistem solar tracker dilakukan dengan cara menyimpan alat di terik matahari dari pagi sampai sore dengan tujuan solar panel mengikuti arah pergerakan matahari. Sistem ini menggunakan empat buah sensor LDR sebagai input dari sistem, dua motor power window sebagai aktuator, dan dua rotary encoder sebagai feedback.



Gambar 9 : Grafik Pembacaan Nilai AnalogRead LDR



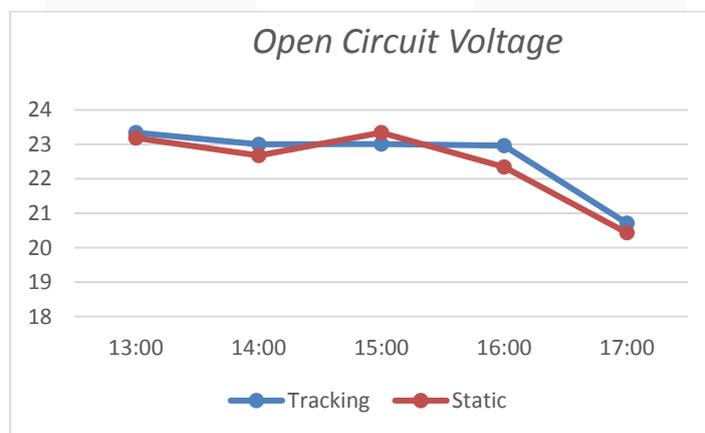
Gambar 10 : Grafik Nilai Output Fuzzy Logic



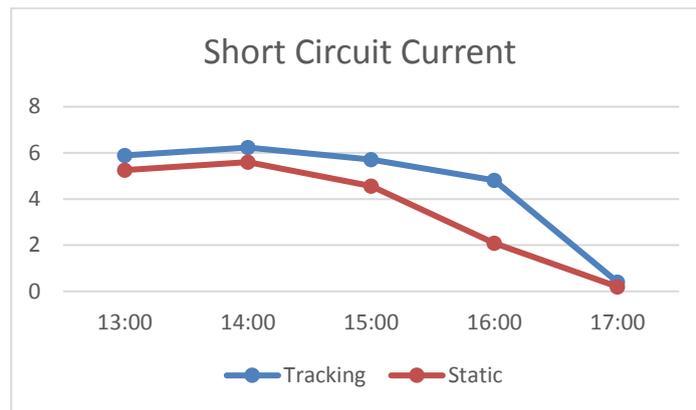
Gambar 11 : Grafik Pergerakan Motor dengan menggunakan nilai rotary encoder

**4.2 Pengujian Efisiensi Solar Panel**

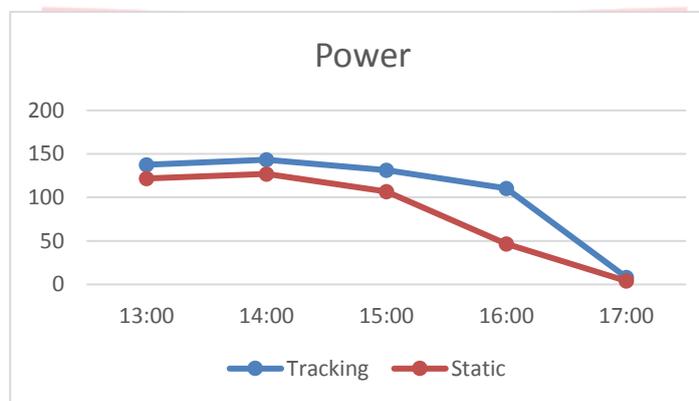
Pengujian yang diukur adalah *Open Circuit Voltage* ( $V_{oc}$ ) dan *Short Circuit Current* ( $I_{sc}$ ) solar panel menggunakan *multimeter* dengan solar panel terpapar cahaya matahari secara langsung tanpa beban. Parameter selanjutnya adalah posisi solar panel terhadap matahari. Untuk solar panel pertama dipasang secara horizontal dengan panel menghadap ke matahari, kemudian solar panel kedua dipasang menghadap matahari dengan dihadapkan secara manual ke matahari setiap jam.



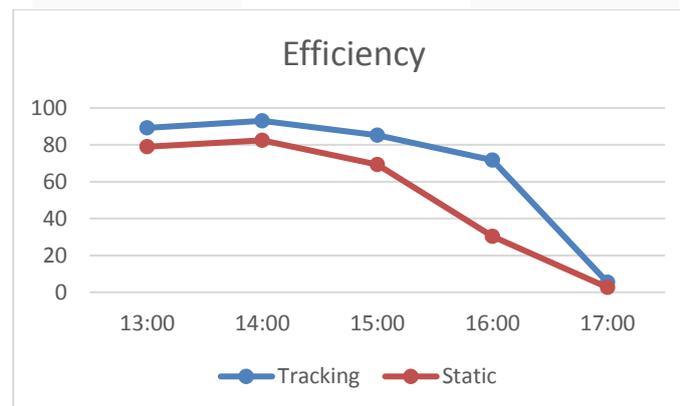
Gambar 12 : Grafik Open Circuit Voltage



Gambar 13 : Grafik Short Circuit Current



Gambar 14 : Grafik Power



Gambar 15 : Grafik Efficieny Solar Panel

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa sistem *solar tracker*, sistem *charger*, dan sistem *monitoring*, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Cara kerja sistem dan algoritma sistem keseluruhan sudah berfungsi dengan baik, dimulai dari sistem *solar tracker* yang sudah bisa mengikuti arah pergerakan matahari, sistem *monitoring* yang sudah bisa melakukan pembacaan sensor dengan baik dan yang terakhir adalah sistem pengisian yang sudah bisa melakukan pengisian baterai dari solar panel secara langsung.
2. Efisiensi solar panel yang terpasang dengan sistem *solar tracker* dan dengan yang terpasang secara statis memiliki perbedaan efisiensi sebesar 16% lebih besar untuk *solar-tracked* solar panel. Ini menunjukkan solar panel yang mengikuti posisi matahari lebih efektif dalam melakukan proses pengisian baterai dan lebih efisien dikarenakan bisa memanfaatkan paparan matahari untuk menghasilkan energi listrik secara maksimal.

3. Efisiensi solar panel dinamis (*solar tracker*) terhadap solar panel pada hari pertama sebesar 54,6%, sedangkan efisiensi solar panel *static* terhadap solar panel sebesar 47.1%.
4. Intensitas cahaya matahari terang yang terbaca mikrokontroler merupakan tegangan LDR dari proses *Analog to Digital Converter* dan memiliki nilai rata-rata 900 keatas.

### Daftar Pustaka

- [1] A. Y. Dewi and A. , *Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Laboratorium Elektro Dasar Di Institut Teknologi Padang*, vol. 2, p. 21, 2013.
- [2] H. S. Tira, A. Natsir and M. R. Iqbal, "Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Tipe," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. VII, no. 2, p. 69, 2018.
- [3] D. Kho, "Pengertian Sel Surya (Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>. [Accessed Tuesday December 2019].
- [4] A. S. Triatmaja, "Perancangan Solar Charge Controller Untuk Penerangan Jalan Umum Otomatis Bertenaga Surya," Telkom University, Bandung, 2019.
- [5] dunia.astronomi, "Koordinat Horison (Alt-Azimuth)," Dunia Astronomi, 19 February 2009. [Online]. Available: <https://duniaastronomi.com/2009/02/koordinat-horison-alt-azimuth/>. [Accessed Thursday October 2020].
- [6] C. A. Osaretin and F. O. Edeko, "Design and Implementation of a Solar Charge Controller with Variable Output," *Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 40-41, 2015.
- [7] R. R. A. and H. M. M., "Classification and Comparison of Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic System," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 19, pp. 433-443, 2013.