

**SISTEM KENDALI POSISI SEL SURYA  
MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER**

**SOLAR CELL POSITION CONTROL SYSTEM  
USING FUZZY LOGIC CONTROLLER**

**Ghifari Fathurrahman<sup>1</sup>, Ramdhan Nugrahaz<sup>2</sup>, Sony Sumaryo<sup>3</sup>**  
1,2,3Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
1ghifrohman@student.telkomuniversity.ac.id, 2ramdhan@telkomuniversity.ac.id,  
3sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Energi surya dapat dimanfaatkan salah satunya untuk diubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya. Namun, pemanfaatannya yang belum optimal dikarenakan sel surya tidak dapat menyerap energi matahari secara maksimal. Pada penelitian tugas akhir ini akan membuat sel surya dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah pergerakan cahaya matahari agar energi listrik yang dihasilkan lebih optimal. Untuk alat ini di uji coba pada pukul 9 pagi sampai dengan 4 sore di ruang terbuka saat cuaca cerah. Batas sudut gerak sel surya antara  $-75^\circ$  sampai dengan  $+75^\circ$  dari garis normal dan memiliki satu derajat kebebasan. Sel surya disematkan sistem kendali posisi otomatis dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller dan menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya matahari yang diterima sel surya. Intensitas cahaya matahari yang diterima akan diolah lalu output dari microcontroller akan diteruskan ke motor DC untuk menggerakkan sel surya sesuai arah datang cahaya matahari. Pada penelitian tugas akhir ini dapat mengimplementasikan software dan hardware dalam sistem kendali menggunakan metode Fuzzy Logic Controller dan dapat menghasilkan output daya 20,79% lebih besar dibandingkan dengan output sel surya statis (mengabaikan kebutuhan energi pada motor DC) dikarenakan sel surya ini akan mengikuti arah datang cahaya matahari.

**Kata Kunci:** sel surya, sistem kendali posisi, dan FLC.

---

**Abstract**

*Solar energy can be converted into electrical energy using solar cells. However, the utilization is not optimal because solar cells cannot absorb the maximum solar energy. In this final project will make solar cells can move automatically following the direction of the movement of sunlight so that the electrical energy produced is more optimal. Try it at 9am to 4pm in the open space when the weather is clear. The limit of the angle of solar cells is between  $75^\circ$  up to  $+75^\circ$  from the normal line and has one degree of freedom. Solar cells are embedded with automatic position control systems using FLC and use LDR sensors to detect the intensity of sunlight received by solar cells. The intensity of sunlight received will be processed and the output of the controller will be forwarded to the DC motor to move the solar cell in the direction of the sunlight. In this final project research can implement software and hardware in the control system using the FLC method and can produce 20.79% greater power output compared to static solar cell output (ignoring the energy requirements of DC motors) because these solar cells will follow the direction come sunlight.*

**Keywords:** solar cell, position control system, and FLC.

---

**1. Pendahuluan**

Energi surya merupakan salah satu sumber energi dari alam yang tersedia secara langsung sebagai sumber energi terbarukan yang bersih, aman dan tidak berpolusi [1]. Dengan adanya tingkat kebutuhan energi yang semakin tinggi, penggunaan energi listrik juga semakin tinggi. Oleh sebab itu, penelitian terhadap sumber energi baru dan terbarukan juga ikut berkembang. Sel surya merupakan salah satu sumber energi yang terbarukan dengan teknologi photovoltaic dimana cara kerjanya yaitu mengubah energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan device semikonduktor [2].

Namun permasalahannya adalah penggunaan sel surya agar mendapatkan output listrik yang optimal dimana pada umumnya sel surya diinstalasikan dengan posisi yang tidak dapat berubah arah [3]. Misalkan sel surya dihadapkan keatas ( $90^\circ$ ) maka sel surya akan menerima cahaya matahari secara maksimal saat posisi matahari berada tepat tegak lurus dengan sel surya tersebut. Dari pernyataan tersebut berarti sel surya tidak akan menerima cahaya matahari secara maksimal jika matahari tidak tegak lurus dengan sel surya.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini sel surya dirancang agar dapat mengikuti arah datang cahaya matahari secara otomatis dengan menggunakan suatu sistem kendali posisi yang menggunakan mekanisme pengolah algoritma dimana pada tugas akhir ini menggunakan metode Fuzzy Logic Controller yang diimplementasikan pada microcontroller, aktuator, sensor cahaya, dan sensor sudut sehingga sel surya dapat selalu tegak lurus dengan arah datang matahari dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sel surya sebagai sumber energi listrik alternatif.

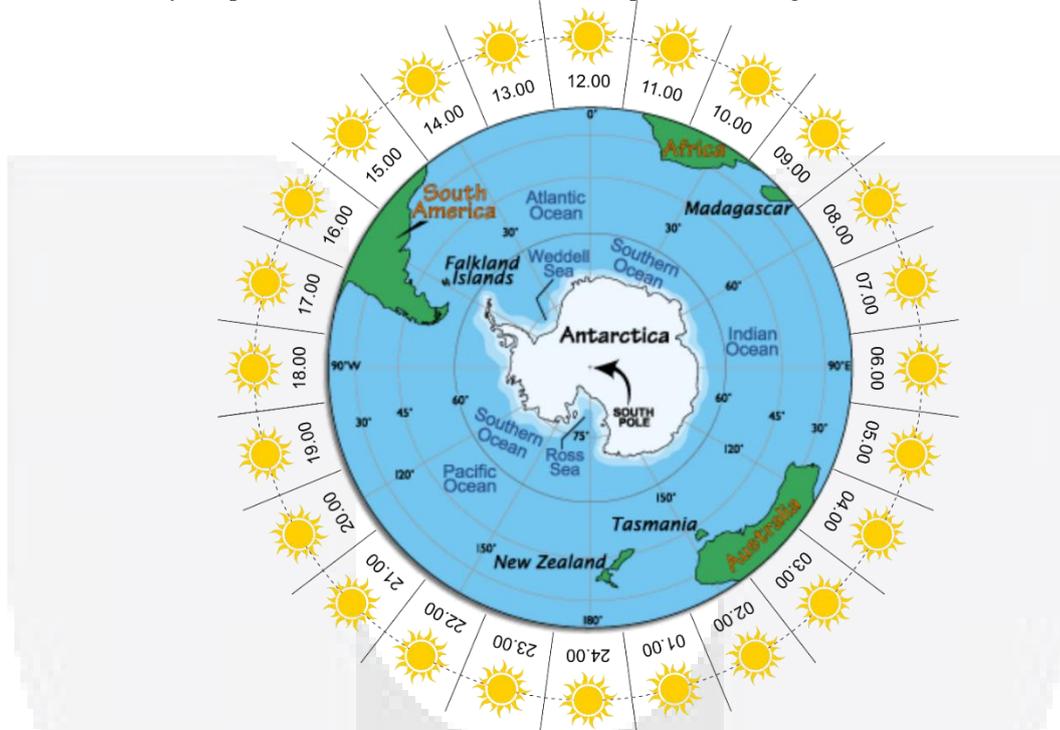
**2. Dasar Teori**

**2.1 Gerak Semu Matahari**

Gerak semu matahari terbagi menjadi dua yaitu gerak semu harian matahari dan gerak semu tahunan matahari. Gerak semu harian matahari disebabkan oleh rotasi bumi pada porosnya dimana bumi berputar dari arah barat ke timur sehingga seolah-olah matahari bergerak dari timur ke barat. Gerak bumi berotasi tersebut membutuhkan waktu selama 23 jam 56 menit 4.091 detik. Gambar 1 menjelaskan posisi matahari menyinari bumi dalam 1 hari dimana matahari bergerak sebesar 360° selama 24 jam. Sehingga dalam 1 jam matahari bergerak sejauh 15° menggunakan rumus sebagai berikut.

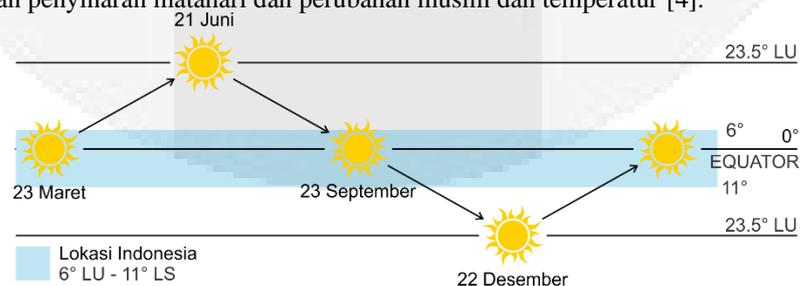
$$\omega = \frac{\theta}{t} \tag{1}$$

Dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut (rad/s),  $\theta$  adalah sudut (rad), dan t adalah waktu (s). Dampak dari gerak semu harian matahari yaitu perubahan letak matahari di bumi dan perbedaan siang dan malam.



Gambar 1. Gerak Semu Harian Matahari

Gerak semu tahunan matahari disebabkan oleh revolusi bumi dimana bumi mengelilingi matahari selama 365,25 hari sehingga seolah-olah matahari bergerak dari garis khatulistiwa, ke garis balik utara (23,5° LU), ke khatulistiwa lagi lalu ke garis balik selatan (23,5° LS) seperti pada gambar 2. Dampak dari gerak semu tahunan matahari yaitu perbedaan penyinaran matahari dan perubahan musim dan temperatur [4].



Gambar 2. Gerak Semu Tahunan Matahari

## 2.2 Sel Surya

Sel surya merupakan teknologi yang bekerja menggunakan prinsip *p-n junction* antara semikonduktor bertipe-p dan semikonduktor bertipe-n. Struktur semikonduktor bertipe-p memiliki kelebihan muatan positif (*hole*) sedangkan semikonduktor bertipe-n memiliki kelebihan muatan negatif (elektron). Sel surya mempunyai prinsip kerja dengan memanfaatkan efek *photovoltaic* (*photo* artinya cahaya dan *voltaiic* artinya listrik) yang terbuat dari silikon berkrystal tunggal [5]. Cahaya matahari akan diterima dan diserap ke dalam semikonduktor dan energi foton yang dibawa oleh cahaya matahari tersebut akan mempengaruhi elektron yang ada di dalamnya. Energi tersebut akan menggerakkan elektron bebas sehingga elektron akan bergerak ke arah tertentu. Pergerakan elektron inilah yang disebut sebagai arus listrik.

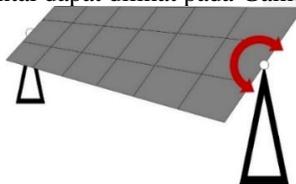
Pada saat cahaya arah datang cahaya matahari tegak lurus dengan sel surya akan menghasilkan arus listrik yang maksimal yaitu cahaya matahari yang datang sejajar dengan  $n_A$  garis normal bidang ( $\theta = 180^\circ$ ) atau tegak lurus dengan permukaan bidang sel surya ( $\alpha = 90^\circ$ ).

## 2.3 Sistem Penggerak Sel Surya

Sistem penggerak sel surya merupakan sebuah penggerak yang dipasang pada sel surya untuk mengatur posisi sel surya agar dapat terarah sesuai arah datangnya sinar matahari. Posisi sistem penggerak sel surya yang paling besar menerima cahaya matahari adalah saat tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari tersebut. Dalam sistem penggerak sel surya ini harus dapat menyesuaikan posisinya terhadap arah datang cahaya matahari agar mendapatkan intensitas cahaya yang maksimum. Saat intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel surya menurun, maka sistem penggerak ini akan memposisikan diri secara otomatis menyesuaikan arah datang cahaya matahari tersebut (tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari). Keuntungan dari sistem ini adalah dapat memaksimalkan efisiensi daya output dari cahaya matahari yang diterima oleh sel surya. Untuk sistem penggerak sel surya berdasarkan jumlah pergerakannya dibagi menjadi dua yaitu *single axis* dan *dual axis*.

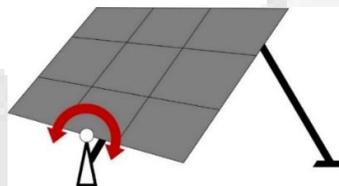
### a. Sistem Penggerak Sel Surya *Single Axis*

Sistem penggerak sel surya otomatis *single axis* hanya mempunyai satu derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF) yang dapat bergerak pada sumbu horizontal atau vertikal. Untuk pemilihan sumbu gerak pada sistem ini disesuaikan dari letak pemasangan sel surya. Jika sel surya dipasang pada wilayah khatulistiwa dimana lintasan gerak matahari tepat melewati wilayah tersebut maka disarankan untuk memasang sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu horizontal. Untuk sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu horizontal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Penggerak Sel Surya Otomatis dengan Sumbu Horizontal

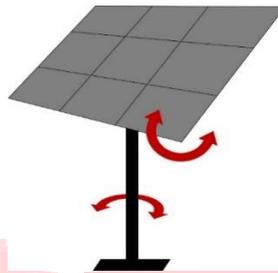
Jika sel surya dipasang pada wilayah yang jauh dari garis khatulistiwa dimana matahari tidak tepat melintas diatas wilayah tersebut maka disarankan untuk memasang sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu vertikal. Untuk sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem Penggerak Sel Surya Otomatis dengan Sumbu Vertikal

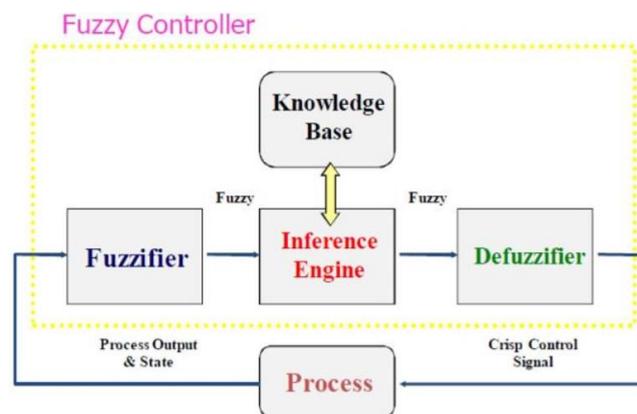
### b. Sistem Penggerak Sel Surya *Dual Axis*

Sistem penggerak sel surya otomatis *dual axis* mempunyai dua derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF) yang dapat bergerak pada sumbu horizontal dan vertikal. Sumbu horizontal memutar sel surya dan bergerak dari utara ke selatan atau sebaliknya, sementara sumbu vertikal memutar sel surya untuk melakukan gerak rotasi dari timur ke barat atau sebaliknya. Dibandingkan dengan sistem penggerak sel surya otomatis *single axis*, sistem penggerak sel surya otomatis *dual axis* ini secara natural dapat memberikan akurasi dan kinerja yang lebih baik [6]. Untuk sistem penggerak sel surya otomatis *dual axis* dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Sistem Penggerak Sel Surya Otomatis *Dual Axis*

### 2.3. Metode Kendali *Fuzzy Logic*

Metode kendali *Fuzzy Logic* dipilih karena memiliki logika pemrograman yang mengikuti logika berpikir manusia. *Fuzzy Logic Controller* (FLC) merupakan suatu metode kendali yang pada dasarnya menyerupai pola pikir manusia dalam mengambil suatu keputusan secara acak atau tidak pasti (samar) yaitu nilai yang terletak antara 0 dan 1. Sistem kendali ini memiliki himpunan tersendiri yaitu himpunan *fuzzy* yang memiliki derajat keanggotaan tertentu. Pada FLC terdapat tiga proses utama yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Diagram Blok *Fuzzy Logic Controller*

#### a. *Fuzzifier*

*Fuzzifier* merupakan suatu proses yang dapat mengubah nilai-nilai numerik menjadi kelas keanggotaan *set fuzzy*. Untuk memutuskan pergantian kondisi setiap aturan sesuai dengan *input*, blok fuzzifikasi harus sesuai dengan kondisi aturan dan data *input*. Nilai dari fungsi keanggotaan *fuzzy* dapat diatur tergantung pada penggunaannya. Jumlah himpunan *fuzzy* meningkat ketika ada banyak kemungkinan yang terjadi seperti contoh mengenai pergerakan matahari.

#### b. *Inference Engine*

*Inference Engine* atau *Fuzzy Inference* merupakan proses pemetaan dari *input* dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke *output* dengan menggunakan *fuzzy logic*. Proses ini dibagi menjadi dua bagian yaitu *data base* dan *rule base*. *Data base* berisi parameter-parameter *fuzzy* dan *rule base* berisi aturan-aturan *fuzzy logic*. Untuk satu aturan *fuzzy* ditulis IF *antecedent* THEN *consequent*.

FLC yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Model Sugeno karena mudah dan memiliki bentuk *output single tone*. Aturan pada metode ini adalah: IF ( $x_1$  is  $A_1$ ) o ( $x_2$  is  $A_2$ ) o ( $x_3$  is  $A_3$ ) THEN  $z = k$ . Dengan A adalah himpunan *fuzzy* sebagai *antecedent* dan k adalah konstanta.

#### c. *Defuzzifier*

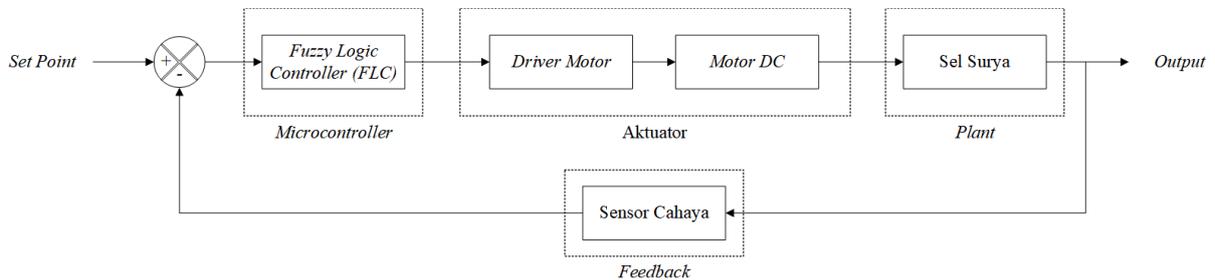
*Defuzzifier* atau defuzzifikasi merupakan proses *computing* dengan berbagai metode untuk mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp*. Untuk metode defuzzifikasi yang digunakan pada Model Sugeno ini adalah metode *weighted average* [7]. Persamaan untuk *weighted average* adalah:

$$Z = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2}{w_1 + w_2} \quad (2)$$

### 3. Perancangan Sistem

#### 3.1 Blok Diagram Sistem

Diagram blok sistem kendali posisi sel surya dapat dilihat pada Gambar 7.

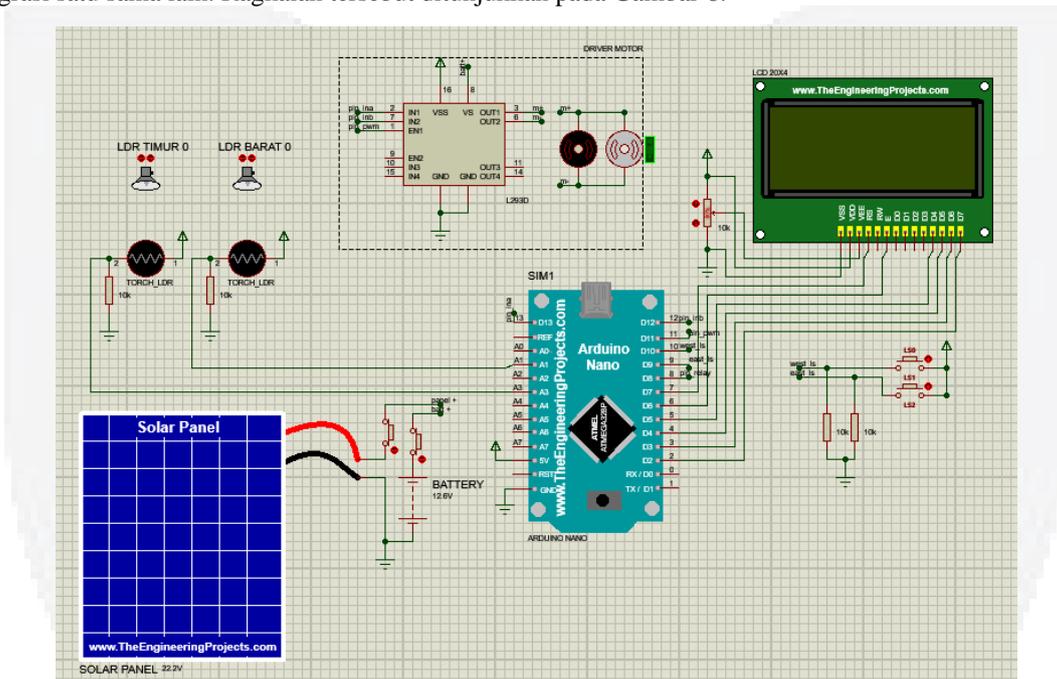


Gambar 7. Diagram Blok Sistem

Sistem menggunakan *motor driver*, *motor DC*, sel surya, dan sensor cahaya. Sumber daya pada alat ini menggunakan sumber dari AC-PLN dan menggunakan adaptor 12 VDC. Selanjutnya sel surya akan bergerak menyesuaikan perintah yang ditangkap sensor cahaya dan telah diproses sedemikian rupa oleh FLC sehingga *motor* bergerak untuk menyesuaikan posisi sel surya agar tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari.

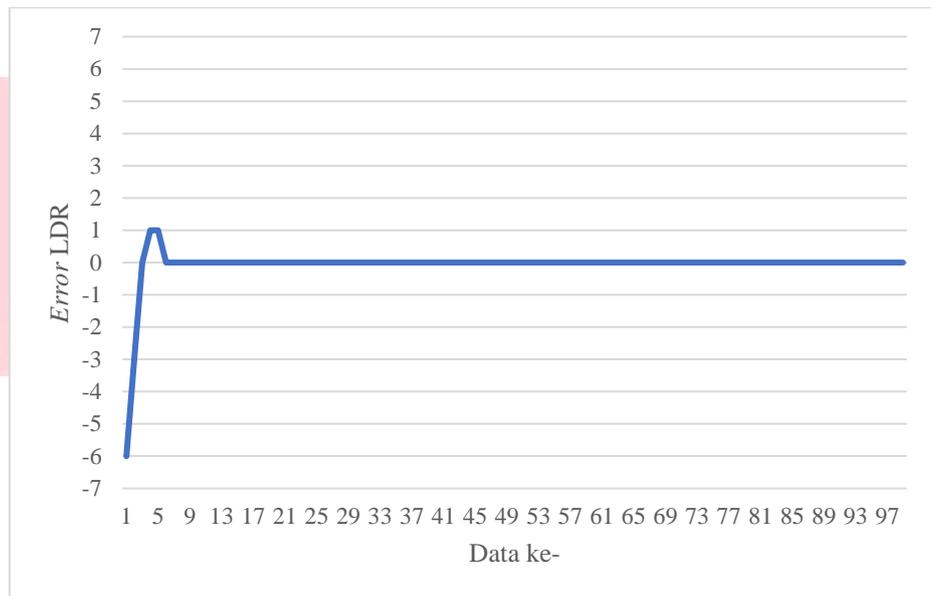
#### 3.2 Diagram Blok Hardware

Perancangan elektronika sistem merupakan rangkaian komponen komponen perangkat keras yang saling terintegrasi satu sama lain. Rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Sistem Kendali

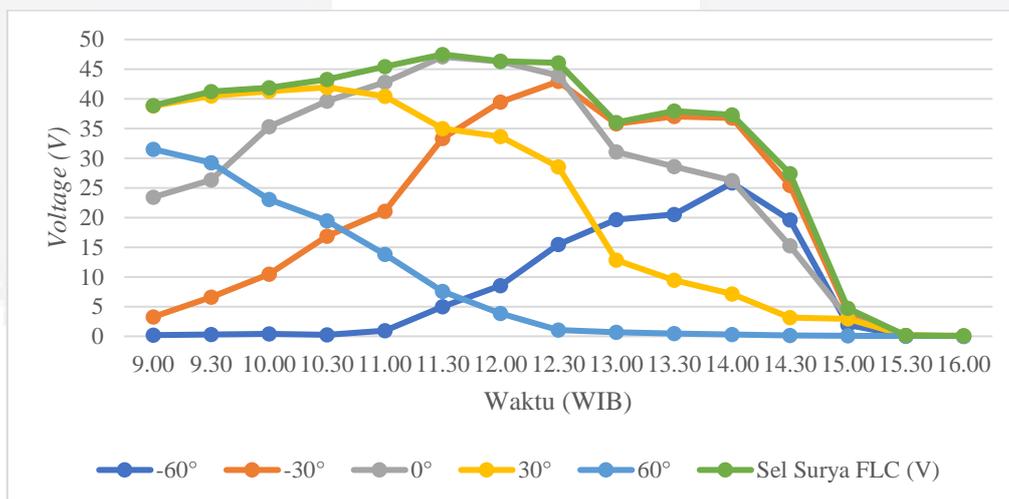
**4. Hasil Percobaan dan Analisa**  
**4.1 Pengujian Fuzzy Logic Controller**



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian FLC dengan nilai konstanta redup 2, sedang 3, dan terang 6

Gambar 9 menjelaskan bahwa hasil pengujian FLC mendapatkan respon sistem yang baik sehingga dapat menghasilkan *output* yang optimal.

**4.2 Pengujian Output Tegangan Sel Surya Statis dengan Sel Surya FLC**



Gambar 10. Rangkaian Sistem Kendali

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh sel surya statis cenderung tidak stabil dan memiliki rata-rata terbesar yaitu saat sudut 0° (27,2783 Watt). Sedangkan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya FLC cenderung stabil dengan rata-rata 32,9501 Watt. Daya yang dikonsumsi alat saat mempertahankan posisi tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari adalah 5,544 watt. Pada jam 15.00 s.d. 16.00 matahari terhalang awan (intensitas cahaya menurun), sehingga terjadi penurunan daya yang dihasilkan sel surya. Maka dari itu sel surya FLC memiliki hasil yang lebih baik sebesar daripada sel surya statis.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian, dan analisa yang dilakukan pada tugas akhir ini terdapat kesimpulan:

1. Berdasarkan gambar 9 hasil pengujian FLC dengan nilai konstanta redup 2, sedang 3, dan terang 6 memberikan respon yang terbaik dari hasil pengujian FLC lainnya. Dengan ditandainya rise time (data sampling ke-2) yang singkat (1,6s) karena nilai PWM masuk ke dalam kategori cepat yaitu 75, sedikitnya overshoot (nilai maximum overshoot sama dengan 2) dan stabil pada set point yang ditentukan (set point sama dengan 0) serta tidak terjadi osilasi.
2. Berdasarkan gambar 10 hasil pengujian output tegangan sel surya statis dengan sel surya FLC menyatakan bahwa output tegangan sel surya FLC lebih optimal dari pada sel surya statis. Sel surya FLC menghasilkan daya optimal dengan rata-rata 32,9501 watt sedangkan sel surya statis hanya menghasilkan daya rata-rata maximum 27,2783 watt jika dipasang pada sudut 0° terhadap garis normal sehingga persentase daya meningkat sebesar 20,79%.

## Daftar Pustaka

- [1] Widiyana Gede, "Pemanfaatan Energi Surya," JPTK, p. 37, 2012.
- [2] Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar, "SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA SISTEM OTOMASI ATAP STADION BOLA," KITEKTRO, p. 35, 2017.
- [3] Brigita Sitorus, Ir. Hans Tumaliang, M.T., Lily S. Patras, S.T., M.T., "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno," EJournal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 5, p. 1, 2015.
- [4] M. Nuzuluddin, Danang Arengga, dan Anik Nur Handayani, "SIMULASI PENJADWALAN POSISI PANEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN PENGENDALI PID (PROPORTIONAL, INTEGRAL, DAN DERIVATIVE)", Malang, Jurnal Nasional Teknik Elektro, 2017.
- [5] Istiyo Winarno, Firdaus Wulandari, "SOLAR TRACKING SYSTEM SINGLE AXIS PADA SOLAR SEL UNTUK MENGOPTIMALKAN DAYA DENGAN METODE ADAPTIVE NEUROFUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)," SEMNASTEK, pp. 1-9, 2017.
- [6] Azwaan Zakariah, Mahdi Famarzi, Jasrul Jamani Jamiah, Mohd Amri Md Yunus, "MEDIUM SIZE DUAL-AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM WITH SUNLIGHT INTENSITY COMPARISON METHOD AND FUZZY LOGIC IMPLEMENTATION," Sciences & Engineering, pp. 147-148, 2015.
- [7] Azwaan Zakariah, Mahdi Famarzi, Jasrul Jamani Jamiah, Mohd Amri Md Yunus, "MEDIUM SIZE DUAL-AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM WITH SUNLIGHT INTENSITY COMPARISON METHOD AND FUZZY LOGIC IMPLEMENTATION," Sciences & Engineering, pp. 148-149, 2015.