

Magnetika

ANALISA UNJUK KERJA SOLARTRACKER DUAL AXIS BERBASIS KENDALI FUZZY DAN PID

¹ Andika Tri Firmansyah, ² Awan Uji Krismanto, ³ Widodo Pudji Muljanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹andikatrifirmansyah25@gmail.com,, ²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id, ³widodo_pm@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi listrik. Energi Surya dapat dimanfaatkan dengan mengubah energi listrik menggunakan panel surya. Pemanfaatan energi yang belum optimal dikarenakan posisi panel surya tidak tegak lurus dengan sinar matahari. Maka dari itu untuk memaksimalkan sinar matahari diperlukan sistem solar tracker agar sel surya dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah pergerakan cahaya matahari agar energi listrik yang dihasilkan lebih optimal. Penelitian ini menggunakan sistem kendali fuzzy logic dan PID untuk mengatur posisi panel surya agar selalu tegak lurus menghadap cahaya matahari dengan menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi posisi cahaya matahari. Kendali logika fuzzy dan PID akan menggerakkan motor linier untuk melakukan aksi kendali terhadap posisi panel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Mikrokontroler, kendali fuzzy, kendali PID.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang bisa dibilang sangat cepat mengakibatkan semakin besarnya kebutuhan energi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik sehingga menyebabkan eksploitasi energi fosil yang dapat menimbulkan krisis energi dan pemanasan global yang tidak dapat dihindari, tetapi ada salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan cara memanfaatkan energi baru terbarukan. dalam permasalahan ini energi sinar matahari adalah salah satu energi alternatif yang terbaik. namun dalam hal ini masih ada satu hal yang menjadi masalah pada penyerapan sinar matahari yang kurang maksimal. oleh karena itu penambahan alat gerak sistem solar tracking adalah solusi terbaik untuk mengatasi masalah ini.[1] Penggunaan sensor pelacak sumber cahaya matahari untuk sistem penggerak otomatis penjejak matahari akan mengarahkan panel selalu tegak lurus terhadap arah datangnya sinar

matahari untuk memaksimalkan tangkapan energi dari matahari, prinsip kerja ini meniru dari pergerakan bunga matahari. Pemanfaatan sistem penggerak otomatis penjejak matahari ini mampu meningkatkan performa hingga sebesar 25-30%.[1] Beberapa penelitian terkait telah dilakukan sebelumnya (Imadul Haq, 2014) menggunakan metode kendali logika fuzzy untuk pengoptimalan daya keluaran panel surya. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem tracking posisi sistem kendali Proportional Integral Derivative (PID). Dengan pengendali berbasis PID, sistem tracking posisi matahari ini diharapkan mampu menempatkan permukaan panel surya selalu dalam posisi tegak lurus terhadap posisi matahari, Sehingga dapat meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya. Guna mengetahui kinerja panel surya, Penelitian ini juga memantau nilai arus dan tegangan keluaran panel surya yang dapat diakses melalui mikrokontroler arduino.[2]

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka pokok permasalahan yang dihadapi yaitu :

1. Mendesain dan merancang sistem mekanis *dual axis solar tracking system*
2. Bagaimana cara mendesain serta merancang kendali logika fuzzy dan PID pada *dual axis solar tracker*
3. Bagaimana menganalisa unjuk kerja kendali *dual axis solar tracker* berbasis logika Fuzzy dan PID

Tujuan penelitian disini adalah

Membandingkan output power solar tracker berbasis kendali Fuzzy dan PID dan membandingkan respon dinamik solar tracker berbasis kendali Fuzzy dan PID

II. KAJIAN PUSTAKA

Panel Surya

Panel surya atau *photovoltaic* adalah suatu komponen yang mampu mengkonversikan energi cahaya/panas matahari menjadi energi listrik. Cahaya terdiri dari paket energy yang disebut dengan *photon*. pada saat energi tersebut mengenai permukaan panel surya, maka *photon* akan mendorong *electron* bebas di dalam Kristal silikon bergerak keluar melalui sirkuit eksternal dan kembali lagi melalui sisi lain panel surya secara terus menerus dalam intensitas tertentu.

Sel surya *photovoltaic* merubah energi surya menjadi arus listrik DC. Komponen utama system surya *photovoltaic* adalah modul yang berupa unit rakitan dari beberapa sel surya *photovoltaic*. [3]

Arduino

Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari wiring platform, dirancang dan dibuat untuk memudahkan penggunaan peralatan elektronik dalam berbagai bidang. Perlu diketahui kata “platform” berarti Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi juga merupakan kombinasi dari sebuah hardware. [3]

Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan softwrenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Terdapat analog input dan digital input output di dalam Arduino.

Arduino memiliki beberapa kelebihan antara lain:

- Mudah digunakan dan cocok untuk pemula.
- Fungsi library (kode program tinggal pakai) untuk mengakses hardware sangat banyak, antara lain Bluetooth, berbagai macam sensor, GSM board, GPS, dan lain-lain.
- Tidak memerlukan downloader.

Logika fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal data diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak).

Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam putih, dan dalam bentuk linguistic, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan”, dan “sangat”. Logika *Fuzzy* diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada tahun 1965.

Input dan output

Untuk menjalankan pengontrolan logika fuzzy dalam suatu program, langkah pertama adalah mengidentifikasi variable output dan input untuk fuzzy. Dalam perencanaan ini terdapat 2 set input dan output,

dimana setiap output dikendalikan oleh satu input. Setiap input berasal dari perbedaan nilai output antara dua sensor LDR untuk mengontrol satu output, yang merupakan rotasi moto. Oleh karena itu setiap input akan mengontrol satu output, baik vertical atau horizontal.

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi bertujuan untuk merubah nilai analog pada masukan (x) menjadi nilai fuzzy dengan cara memasukkan nilai masukan tadi pada suatu fungsi keanggotaan. Dari fungsi keanggotaan nantinya bisa diketahui derajat keanggotaan (x) dari nilai masukan tadi. Rentang nilai derajat keanggotaan adalah 0% sampai 100% atau 0 sampai 1. Fuzzifikasi memiliki duakomponen yaitu:

- Fungsi keanggotaan atau fuzzy set, yaitu kurva yang merepresentasikan pemetaan nilai masukan kedalam derajat keanggotaan antara 0 hingga 1.
- Label, yaitu penamaan dari setiap fungsi keanggotaan.

Rule Base

Kaidah faturan (rule base) merupakan bagian utama dari fuzzy. Misal terdapat dua masukan dan satu keluaran. Input berupa eror (x) dan perubahan eror (\dot{x}), sedangkan output berupa perubahan sinyal kontrol (u). Domain masukan eror dibagi kedalam sejumlah fungsi keanggotaan, x ($x = 2x - 1, x > 0$) dengan label $\bar{x} 1$ ($x = 1, 2, \dots, x$). Masukan perubahan eror juga dibagi kedalam sejumlah fungsi keanggotaan, \dot{x} ($\dot{x} = 2\dot{x} - 1, \dot{x} > 0$) dengan label $\bar{\dot{x}} 2$ ($\dot{x} = 1, 2, \dots, \dot{x}$). Sehingga jumlah kombinasi rule base yang mungkin adalah $x 2$, dan format rule base (x) ke- k adalah

$$R^k: IF e \text{ is } F_1^i \text{ and } \dot{e} \text{ is } F_2^j \text{ THEN } \dot{u} \text{ is } Z^k ; (i, j = 1, 2, \dots, N)$$

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan langkah akhir dalam sistem logika fuzzy dimana input dari proses penegasan (defuzzifikasi) adalah suatu himpunan *Fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *Fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. [5]

Pengendali PID

PID (Proportional-Integral-Derivative controller) merupakan salah satu metode kontrol klasik yang sering digunakan saat ini, terutama pada industri karena strukturnya yang sederhana dan dapat bekerja dengan stabil.

PID memiliki dinamika control yang optimal dengan *error steady state* sistemnya bernilai nol, memiliki respon system yang cepat (*rise time* pendek), tidak ada *osilasi* dan *stabilitas* yang tinggi. Salah satu keuntungan utama dari pengontrol PID adalah dapat digunakan dengan proses urutan yang lebih tinggi termasuk lebih dari penyimpanan energi. [6]

Secara matematis pengendali PID dapat ditulis:

$$U(s) = K_p e(s) + K_i \int_0^s e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Sehingga akan diperoleh fungsi alih pengendali PID sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

dengan:

K_p = konstanta penguatan proporsional

K_i = konstanta penguatan integral

K_d = konstanta penguatan diferensial

Motor DC

Motor Listrik DC atau *DC Motor* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan, Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

Motor Listrik DC atau *DC Motor* ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik.

Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang ber kutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik (Nugraha, 2015).[6]

Baterai

Baterai (Accu/Aki) merupakan suatu komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya kerangkaian listrik. Baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada kendaraan dan alat-alat elektronik. Sebagai catatan bahwa baterai tidak menyimpan listrik, tetapi menampung zat kimia yang dapat menghasilkan energi listrik. Dua bahan timah yang berbeda berada di dalam asam yang bereaksi untuk menghasilkan tekanan listrik yang disebut tegangan. Reaksi elektrokimia ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

LDR

LDR adalah suatu komponen elektronika yang memiliki hambatan yang dapat berubah sesuai perubahan intensitas cahaya. LDR merupakan singkatan dari *Light Dependent Resistor* atau resistansi yang dipengaruhi cahaya.

Prinsip kerjanya adalah jika ada cahaya mengenai LDR, maka hambatan dari LDR akan semakin menurun sehingga arus yang mengalir melalui LDR akan semakin meningkat sedangkan ketika gelap hambatan dari LDR akan meningkat sehingga arus yang mengalir melalui LDR akan semakin menurun. Fenomena inilah yang dimanfaatkan sebagai sensor cahaya. Adanya perbedaan nilai arus dari sensor yang digunakan sebagai input analog pada Arduino.[3]

Driver Motor

Merupakan perangkat elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan berputar. Di motor DC ada jangkar dengan satu atau lebih koil terpisah. Setiap gelung berakhir pada cincin terbelah (sakelar). Motor arus searah bekerja sesuai dengan prinsip gaya Lorentz, yang menurutnya ketika konduktor arus ditempatkan dalam medan magnet, gaya (dikenal sebagai gaya Lorentz) akan dibuat secara ortogonal antara arah medan magnet dan arah arus mengalir.

Solar Charge Controller

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Charge Controller panel surya terbagi 2 yaitu PWM (Pulse Width Modulation) dan MPPT (Maximum Power Point Tracker). Charge Controller PWM (Pulse Wide Modulation) merupakan charge controller yang menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off electrical, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form. Charge controller PWM (Pulse Width Modulation) adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecaskan baterai dari panel surya dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian.

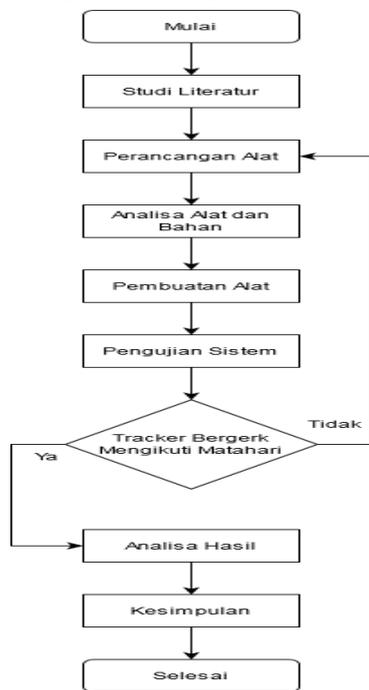
III. METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran umum dari Unjuk kerja solar tracker dual axis berbasis kendali Fuzzy dan PID yaitu membuat prototype solar tracker dual axis yang akan di kontrol oleh kendali Fuzzy dan kendali PID, yang bertujuan untuk membandingkan unjuk kerja dalam sisi output power yang dan respon dinamik yang dihasilkan. Perencanaan dual axis solar tracker pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sensor LDR berbasis arduino dengan menggunakan logika fuzzy dan PID, baik dalam menentukan jenis solar cell yang

digunakan serta penentuan komponen- komponen lainnya seperti motor dc dan lain sebagainya, serta menentukan jumlah LDR yang diperlukan untuk menggerakkan solar cell agar bergerak ke atas, bawah, kanan dan kiri.[9]

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi litelatur
Mencari referensi untuk memperkuat teori yang berhubungan dengan solar tracker kendali fuzzy dan PID. Referensi berupa jurnal-jurnal.
2. Analisis Kebutuhan
Mengidentifikasi apa saja yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
3. Perencanaan Alat
Merencanakan dimensi danr juga desain dari alat.
4. Pembuatan Alat
Realisasi alat yang sudah dirancang dan merangkai komponen-komponen yang dibutuhkan secara menyeluruh.
5. Pengujian Alat
Dilakukan pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui keberhasilan fungsi alat yang telah dibuat.
6. Pengolahanh Data
Melakukan analisa dari data yang telah didapatkan melalui pengujian alat sehingga dapat dibuat suatu kesimpulan dari penelitianyang telah dilakukan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

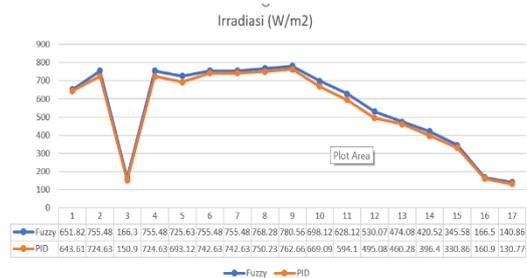
Motor DC. Metode fuzzy logic dan program PID diterapkan dalam sistem ini adalah untuk meminimalkan konsumsi daya dan memaksimalkan energi cahaya matahari. Arduino mengontrol keseluruhan sistem kerja sedangkan fuzzy logic dan program PID memberikan

kesimpulan atau keputusan utama mengenai posisi mana panel surya harus memutar rotasinya. Sensor LDR yang telah terpasang digunakan untuk mendeteksi perubahan matahari, dengan itu pelacakan cahaya matahari dapat dilakukan. Selanjutnya output sensor diteruskan ke mikrokontroler arduino digunakan sebagai variable input fuzzy logic. Kemudian fuzzy logic memberikan keputusan ke driver motor untuk memutar linier actuator agar posisi panel surya berada tegak lurus dengan cahaya matahari sehingga radiasi matahari dapat dimaksimalkan .

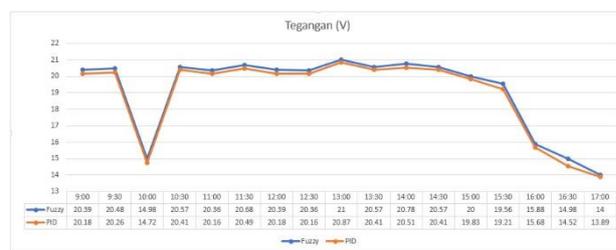
IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Pengujian keseluruhan

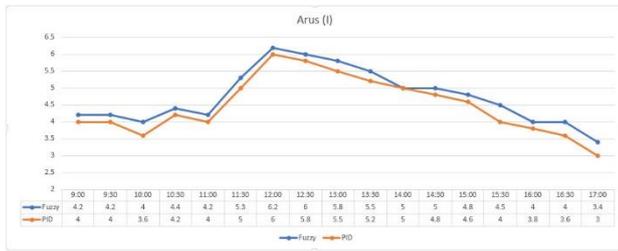
Hasil dari pengujian solar tracker ini dimaksud untuk melihat hasil dari pengujian menggunakan metode kendali fuzzy dan PID yang diimplementasikan pada solar tracker, hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan output tegangan dan arus dari solar panel yang menggunakan metode tracker dual axis berbasis Logika Fuzzy dan PID. Pegujian ini juga bertujuan untuk mengamati apakah solar tracker berfungsi dengan baik yaitu dengan Bergeraknya panel surya ke arah datangnya sumber cahaya matahari, sehingga tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan maksimal. Pengujian ini dilakukan dengan melihat berdasarkan output tegangan dan arus dari solar panel, pengujian solar panel inidilakukan mulai pukul 09.30 WIB sampai dengan 17.00 WIB.



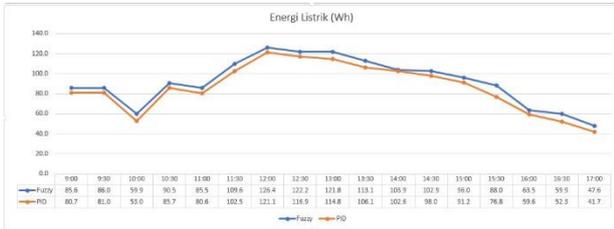
Gambar 1. Grafik perbandingan intensitas cahaya dengan kendali Fuzzy dan PID



Gambar 2. Grafik perbandingan tegangan kendali Fuzzy dan PID



Gambar 3. Grafik perbandingan arus kendali fuzzy dan PID



Gambar 4. Grafik perbandingan daya kendali fuzzy dan PID

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan, pengujian, dan analisa data, maka dapat disimpulkan diantaranya,yaitu :

1. Pada pengujian solar tracker, kendali Fuzzy menghasilkan data tegangan, arus dan daya lebih tinggi dibandingkan dengan kendali PID.
2. Selisih energi listrik yang dihasilkan solar tracker kendali Fuzzy dan PID yaitu 1562.5 Wh dan 1464.6 Wh selama 8 jam dengan 17 data pengujian.
3. Berdasarkan data yang didapat dapat dilihat bahwa respon dinamik kendali Fuzzy sedikit lebih baik dari kendali PID
4. Dari hasil pengujian saat pukul 10.00 intensitas cahaya yang didapat sebesar 166.3 W/m² sehingga didapat nilai tegangan, arus dan daya yang kecil.
5. Dari hasil pengujian saat pukul 13.00 intensitas cahaya yang didapat sebesar 780.56 W/m² sehingga didapat nilai tegangan, arus dan daya yang lebih besar. Pada pengujian solar tracker didapat nilai rata-rata arus fuzzy sebesar 0.47 A dan nilai rata-rata arus PID sebesar 0.35 A
6. Pada pengujian solar tracker didapat total nilai radiasi kendali fuzzy sebesar 172701 W/m² dan kendali PID sebesar 245881 W/m²
7. Pada pengujian solar tracker, kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap kestabilan tegangan dan arus pada panel surya serta perbandingan tegangan dan arus pada

sistem kendali fuzzy dan PID tidak jauh berbeda dikarenakan kedua solar tracker mengikuti radiasi matahari.

Saran

Dalam pembuatan penelitian ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik diperlukan pengembangan. Saran dari penulis antara lain sebagaiberikut:

1. Pada penelitian ini tingkat keakuratan sudah bagus hanya saja proses kalibrasi cukup lama dan harus di pastikan untuk benar-benar presisi
2. Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dalam bentuk matlab atau simulasi dalam komputer untuk membandingkan apakah data real dan data pada komputer memiliki perbedaan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. S. T, M. Kom, S. Si, and M. Si, "Sistem Kontrol Cerdas Pelacak Sumber Cahaya menggunakan Kontrol Proportional Integral Derivative (PID)cahaya matahari untuk sistem penggerak diperlukan sistem kontrol cerdas untuk dapat sensor dan aplikasi kontrol cerdas pelacak Sensor LDR disusun sede," vol. 1, no. April, 2018.
- [2] H. S. Elvia, "System Menggunakan Kontrol PidAxis (Azimuth) Solar Tracking," 2014.
- [3] C. Hilman and A. Musyafa, "Rancang Bangun Dual-Axis PV Solar Tracker System Menggunakan Interval Type-2 Fuzzy Logic Controller," Semin. Nas. Pascasarj. XIV, no.978, 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/318421356>.
- [4] Y. Away, A. Rahman, T. Reza, A. Isma, and M. Firdaus, "Dual Axis," pp. 74–80, 2017.
- [5] A. K. Solihin, F. Teknik, U. N. Surabaya, D. T. Elektro, and F. Teknik, "Rancang bangun sistem kontrol pid untuk pengendalian kecepatan prototipe lift berbasis labview," 2014.
- [6] P. Daya and T. Matahari, "Kendali Kolektor Surya Pada Sistem," pp. 63–74.
- [7] D. K. Yaqin, D. Pratiwi, And M. Maison, "Rancang Bangun Charge Controller Panel Surya Dengan Menggunakan Sistem Fast Charging," J. Eng., vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2019, doi: 10.22437/jurnalengineering.v1i1.6271.
- [8] K. A. Nugraha, A. U. Krismanto, Y. I. Nakhoda, P. Studi, and T. Elektro, "Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Menggunakan Fuzzy Based Untuk Optimasi PLTS Skala Kecil," pp. 1–5, 2019.