

Rancang Bangun Sistem Kontrol Tracking Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller Berbasis ESP32

Arif Indra Rizkianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : Arif.18008@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Bambang Suprianto, Puput Wanarti Rusimanto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : endryansyah@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Energi sinar matahari dapat digunakan sebagai penghasil energi listrik dengan cara menggunakan panel surya. Namun energi matahari belum dapat diserap oleh panel surya secara optimal dikarenakan panel surya memiliki banyak faktor yang mempengaruhi, salah satunya adalah faktor intensitas cahaya dari matahari. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah panel surya yang dapat berubah arah mengikuti arah cahaya matahari secara otomatis agar penyerapan yang dilakukan oleh panel surya dapat bekerja secara optimal sehingga panel surya dapat menghasilkan energi listrik secara maksimal. Untuk pengujian alat ini dilakukan di ruang terbuka pada jam 09.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB pada saat cuaca keadaan cerah. Pada panel surya disematkan 4 titik sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) yang bertugas sebagai pendeteksi intensitas cahaya matahari. Nilai intensitas cahaya dari matahari kemudian diolah dengan menggunakan kendali logika fuzzy pada *microcontroller* ESP32 lalu diteruskan menuju motor servo untuk menggerakkan panel surya sesuai arah datangnya cahaya matahari. Perbandingan respon dari hasil pengujian pada saat tanpa menggunakan sistem *tracking* yaitu menghasilkan tegangan sebesar 17V, arus sebesar 0,889A dan daya sebesar 14,28W. Sedangkan ketika menggunakan sistem *tracking* dengan metode kendali logika fuzzy menghasilkan tegangan sebesar 14V, arus sebesar 1,699A dan daya sebesar 23,71 W. Sistem yang telah dirancang menghasilkan daya listrik pada panel surya menjadi lebih baik.

Kata Kunci: Panel Surya, LDR, Kendali Logika Fuzzy

Abstract

Solar energy can be used as a producer of electrical energy by using solar panels. However, solar energy cannot be optimally absorbed by solar panels because solar panels have many influencing factors, one of which is the light intensity factor from the sun. In this study, a solar panel will be made that can change direction following the direction of the sun's light automatically so that the absorption carried out by the solar panel can work optimally so that the solar panel can produce maximum electrical energy. The testing of this tool is carried out in an open space at 09.00 WIB until 15.00 WIB when the weather is sunny. In the solar panel, 4 LDR (*Light Dependent Resistor*) sensors are embedded which serve as detectors of the intensity of sunlight. The light intensity value from the sun is then processed using fuzzy logic control on the ESP32 microcontroller and then forwarded to the servo motor to move the solar panel according to the direction of the sun's rays. Comparison of the response from the test results when without using a tracking system that produces a voltage of 17V, a current of 0.889A and a power of 14.28W. Meanwhile, when using a tracking system with a fuzzy logic control method, it produces a voltage of 14V, a current of 1.699A and a power of 23.71 W. The system that has been designed to produce electrical power in solar panels is better

Keywords: Solar Panels, LDR, Fuzzy Logic Control

PENDAHULUAN

Matahari adalah salah satu fenomena alam yang memiliki banyak manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Indonesia terletak berada pada jalur katulistiwa, dengan demikian wilayah Indonesia terus menerus disinari oleh matahari dengan bentang waktu 10 sampai dengan 12 jam dalam sehari (Suarda dan Wirawan, 2009). Sinar yang dipancarkan matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit energi listrik baru terbarukan. Sumber energi untuk pembangkit listrik yang banyak digunakan pada saat ini yaitu menggunakan bahan bakar fosil. Namun, bahan

bakar fosil tidak dapat diperbarui yang menyebabkan semakin lama akan menipis dan habis. Sebagai suatu upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil maka dapat memanfaatkan energi matahari sebagai suatu cara untuk mendapatkan energi listrik dalam kebutuhan manusia (Pramono, dkk, 2013). Penggunaan pembangkit listrik dengan energi dari sinar matahari diperlukan alat yang dapat mengkonversi dari energi cahaya matahari diubah menjadi sumber daya listrik yang dinakaman dengan panel surya (Nugraha, 2017).

Kebutuhan energi listrik pada masyarakat Indonesia sangat tinggi. Kebutuhan energi listrik yang tinggi di akibatkan dari banyaknya peralatan elektronik rumah tangga yang digunakan dan berbanding lurus dengan tingginya peningkatan populasi penduduk (Kusmantoro, 2019). Dengan adanya hal demikian diperlukan peningkatan *supply* energi listrik yang bernilai ekonomis dan dapat terus diperbarui. Berbagai jenis sumber daya energi yang dapat diperbarui seperti biomassa, geothermal, sinar matahari dan juga angin (Fishbane, dkk, 1996). Penggunaan energi sinar matahari sangat mudah di dapat secara bebas dan ekonomis, namun faktor intensitas cahaya yang berubah-ubah setiap harinya serta keterbatasan antara matahari terbit hingga terbenam menjadikan efisiensi penggunaan sinar matahari menurun (Fatoni, 2015). Banyak penelitian yang mencoba meningkatkan efisiensi pada panel dengan membuat sistem *tracking* panel surya (Suwarti, dkk, 2018). Dengan demikian, diharapkan efisiensi energi matahari dapat ditingkatkan dengan menerapkan suatu sistem yang dapat melakukan pelacakan atau *solar tracker* agar mendapatkan titik daya maksimum untuk panel surya.

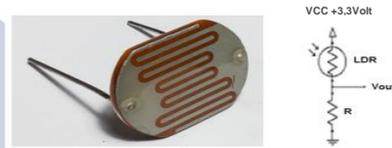
Beberapa penelitian terkait telah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian mengenai pengoptimalan daya menggunakan metode kontrol *Self-Tuning* PID dengan JST jenis perceptron oleh (Azmy, dkk, 2015). Selanjutnya ada penelitian metode *single Axis Tracker* dan *maximum power point tracker* (MPPT) menggunakan kontrol PID menghasilkan daya panel surya sebesar 88,77% yang dirancang oleh (Hidayanti, dkk, 2018). Adapun yang membuat *prototype* solar tracker dua sumbu berbasis arduino nano dengan sensor LDR yang menghasilkan nilai tegangan yang cenderung tetap menurut (Asmi dan Chandra, 2020). Penelitian selanjutnya dengan membuat sebuah sistem kendali PID *tracking* posisi matahari dapat meningkatkan daya panel surya sebesar 4,981% oleh peneliti (Jatmiko, 2020). Dan ada penelitian *PV solar tracker* berbasis matlab yang menghasilkan daya rata-rata sebesar 10,5W menurut penelitian (Midiatmoko, dkk, 2021).

Untuk itu penjabaran latar belakang serta adanya penelitian yang telah dilakukan terdahulu, maka pada penelitian ini akan membuat suatu sistem *tracking* panel surya dengan menerapkan metode *fuzzy logic controller* sehingga bisa mengubah arah hadap dari panel surya agar arah hadap panel surya selalu menghadap sinar matahari untuk menghasilkan daya yang lebih optimal. Diharapkan panel surya dapat memperoleh daya listrik yang lebih baik dengan menggunakan metode *fuzzy logic controller* dibandingkan penelitian sebelumnya.

KAJIAN PUSTAKA

Sensor Intensitas Cahaya

Light Dependent Resistor (LDR) adalah contoh sensor yang dapat membaca nilai cahaya. sensor ini dapat mengetahui adanya sinar yang terpancar dan akan membuat nilai tahanan LDR menjadi mengecil. Ketika sinar yang diterima oleh LDR gelap maka nilai hambatan LDR menjadi semakin berubah membesar. Sensor LDR mempunyai nilai hambatan sebesar 1 M Ω ketika kondisi gelap dan nilai menjadi kurang dari 1 K Ω ketika mendapatkan sinar cahaya yang terang (Away, dkk, 2017). Intensitas cahaya untuk alat penelitian ini dikonversi dalam besaran tegangan 0 – 3,3V untuk berikutnya dapat diolah menggunakan mikrokontroler.



Gambar 1. Sensor LDR dan Rangkaian Sederhana LDR

Skema rangkaian dari sederhana pada sensor LDR dan skema rangkaian pembagi tegangan dapat ditampilkan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut dapat diketahui tegangan *Vout* yang dapat dirumuskan menjadi:

$$V_{out} = \frac{R}{LDRR} V_{cc} \quad (1)$$

Dari diketahui persamaan di atas LDRR (*Light Dependent Resistor Resistance*) merupakan nilai resistansi dari LDR, pada saat tidak mendapatkan cahaya terang maka nilai dari *Vout* akan menjadi kecil, dan begitu juga dengan sebaliknya jika LDR dapat menerima cahaya terang maka nilai dari *Vout* akan menjadi besar.

Nilai *Vout* dari LDR dihubungkan pada pin analog ESP32 akan dapat hasil nilai antara 0 hingga 4095. Nilai tersebut sama seperti jumlah cahaya yang diterima. Diperlukan beberapa cara proses pembacaan yang akurat untuk dapat mendeskripsikan pembacaannya. Kaitan antara RL resistansi dan intensitas cahaya (*Lux*) untuk LDR biasanya adalah :

$$R_l = \frac{500}{Lux} \quad (2)$$

Pada saat LDR terhubung ke tegangan 3,3v dengan menggunakan resistor 10K Ω , maka tegangannya:

$$V_0 = \frac{3,3 \times R_l}{(R_l + 10)} \quad (3)$$

Dikarenakan pembacaan nilai analog pada ESP32 berkisar 0 hingga 4095, maka dapat didefinisikan dengan 3,3/4095 = 0,00080586. Dengan begitu didapat nilai intensitas cahaya yaitu :

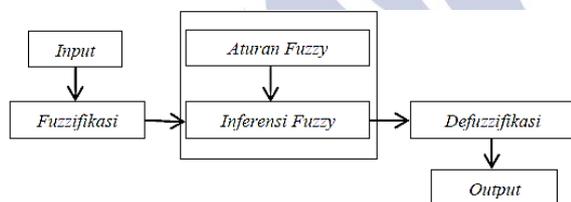
$$Lux = \frac{1650}{10} / (V_0 - 500) \quad (4)$$

Keterangan :

Vout	= Tegangan <i>output</i>	(V)
R	= Resistor	(KΩ)
R _L	= Resistansi intensitas cahaya	(Ω)
LDRR	= <i>Light dependent resistor resistance</i>	(KΩ)
VCC	= Tegangan <i>input</i>	(V)
V ₀	= Tegangan analog arduino	(V)
Lux	= Intensitas cahaya	(lx)

Logika Fuzzy

Sistem *input output* dan juga tanggapan pada logika fuzzy didapat dengan berdasarkan pada pemikiran manusia berdasarkan sistem pakar. Pada *fuzzy logic control* merupakan suatu metode kendali yang berdasarkan dari pemikiran manusia (Usta, dkk, 2011). Pada sistem kendali ini dapat mengubah sesuatu yang sebelumnya samar menjadikan pemikiran tersebut menjadi lebih logis (Permatasari, 2015). Urutan logika pada logika fuzzy dapat ditampilkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Kerja Fuzzy Logic Controller

Adapun fungsi pada setiap bagian tersebut yaitu:

a. Input

Nilai Input pada kendali logika fuzzy merupakan nilai dari bilangan *real*.

b. Fuzzifikasi

Pada proses perubahan dari nilai input yang merupakan bilangan *real* yang merupakan bukan nilai fuzzy menjadi himpunan fuzzy dinamakan sebagai proses *fuzzifikasi*. Nilai dari bilangan *real*, dikelompokkan menjadi nilai linguistik pada keadaan tertentu yang selanjutnya dinamakan masukan *Fuzzy*.

c. Rule base

Penggunaan Rule Base pada proses fuzzy sebagai menyambungkan nilai masukan dan nilai keluaran. Dasar aturan dari Fuzzy adalah sekumpulan deklarasi aturan 'IF-THEN' atau 'JIKA-MAKA' yang berdasarkan pada pemikiran manusia untuk memproses nilai Input sehingga menghasilkan nilai *Output* dalam bentuk himpunan Fuzzy.

d. Inference

Untuk proses perubahan dari nilai *input* dalam domain fuzzy menuju menjadi nilai *output* atau suatu kontrol dalam domain fuzzy disebut proses *inference*. Pada proses *inference* terdapat perubahan yang

membutuhkaan aturan yang telah di deklarasikan pada *rule base*.

e. Defuzzifikasi

Pada proses langka terakhir pada logika fuzzy yaitu Defuzzifikasi di mana bertujuan untuk bisa menghasilkan aksi kontrol *output* dalam menampilkan prediksi untuk distribusi aksi kontrol *Fuzzy* yang telah dihasilkan. Metode *Mean of Maximum* (MOM) merupakan metode defuzzifikasi yang sering dipakai.

METODE

Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian pada penelitian ini yang akan dipakai yaitu penelitian pengembangan. Adapun manfaat penelitian pengembangan yaitu dapat menyempurnakan dan dapat mengembangkan dari sistem yang telah ada sebelumnya. Metode penelitian pengembangan (*search and development*) merupakan penelitian yang dapat menciptakan suatu produk tertentu dan melakukan kajian tingkat efektif dari produk tersebut.

Dalam penelitian ini dibuat mengembangkan sistem kendali *tracking* panel surya yang memiliki tujuan utama untuk dapat mengubah posisi panel surya agar selalu menghadap tegak lurus mengikuti arah cahaya matahari sehingga dapat meningkatkan efektivitas penyerapan energi matahari.

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan "Sistem Kontrol *Tracking* Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller Berbasis ESP32".

Rancangan Penelitian

Berikut merupakan tahapan dalam perancangan penelitian sampai dengan mendapatkan kesimpulan.

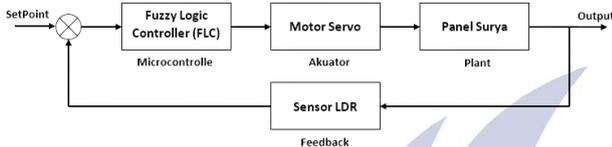


Gambar 3. Bagan Rancangan Penelitian

Awal mula penelitian perlu dilakukan pencarian sumber sumber penelitian terdahulu sebagai referensi dan dilakukan identifikasi masalahnya. Untuk berikutnya penulis melakukan perancangan serta melakukan uji coba dari alat yang telah dirancang tersebut. Variabel yang diuji coba adalah pergerakan *solar tracker* untuk mencari sudut dan pendeteksian intensitas cahaya matahari.

Desain Sistem

Diagram blok sistem sistem *tracking* panel surya dapat ditampilkan pada Gambar 4 :

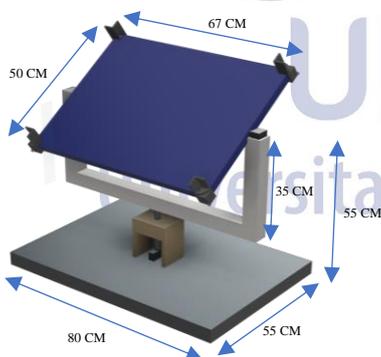


Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Sistem menggunakan motor servo, panel surya, dan sensor LDR. Asal sumber daya untuk alat ini menggunakan sumber dari *inverter* dan adaptor 12VDC. Selanjutnya sensor cahaya menangkap sinar matahari lalu diproses sedemikian rupa dengan FLC untuk memerintah motor servo bergerak menggerakkan panel surya untuk memposisikan panel surya agar selalu menghadap lurus menuju arah dari sumber cahaya matahari.

Rancangan sistem mekanik

Dalam perancangan sistem mekanik menggunakan 1 buah panel surya yang dan terdapat sebuah sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) pada setiap sudutnya dan pemutarnya menggunakan 2 buah motor servo, dengan desain kontruksi seperti pada Gambar 5.

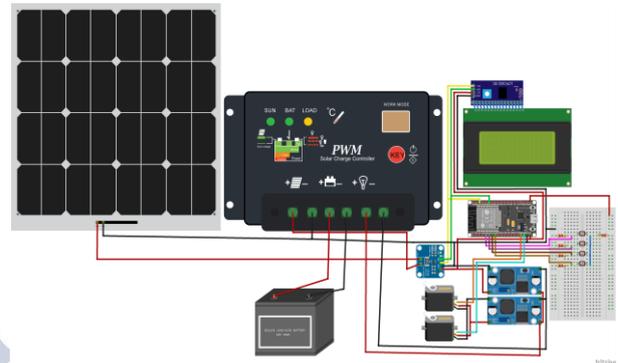


Gambar 5. Rancangan Mekanik Prototipe Panel Surya

Rancangan Sistem Hardware

Adapun sistem *hardware* menggunakan panel surya *monocrystalline* 50wp, SCC (*Solar Charger Controller*) MPPT 50A, Aki 7ah 12v, ESP32 sebagai *microcontrolle*, sensor INA219 sebagi pembaca arus dan tegangan, LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4, 2 buah motor servo

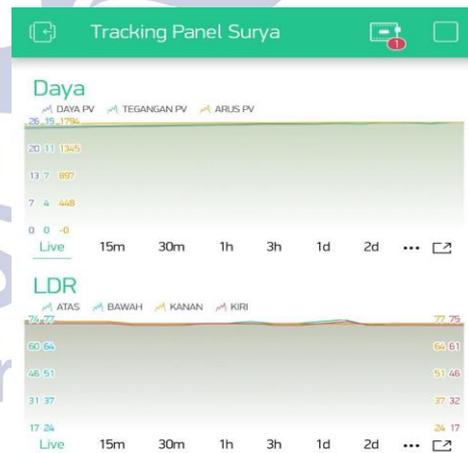
MG996R, 2 buah modul penurun tegangan XL6009 dan 4 buah sensor LDR 12mm dengan desain *wiring* diagram *hardware* seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Wiring Diagram Hardware Tracking Panel surya

Perancangan Software Blynk

Untuk dapat menampilkan hasil monitoring dari hasil dari pembacaan arus tegangan serta daya yang didapat oleh panel surya maka digunakannya aplikasi Blynk yang terkoneksi dengan internet agar dapat dimonitoring di mana saja. Pada tampilan aplikasi Blynk membutuhkan 2 buah SuperChart. Yang pertama digunakan untuk menampilkan hasil dari pembacaan tegangan arus serta daya yang didapat panel surya, sedangkan yang satunya digunakan untuk menampilkan nilai dari LDR. Tampilan dari Blynk disajikan pada Gambar 7.



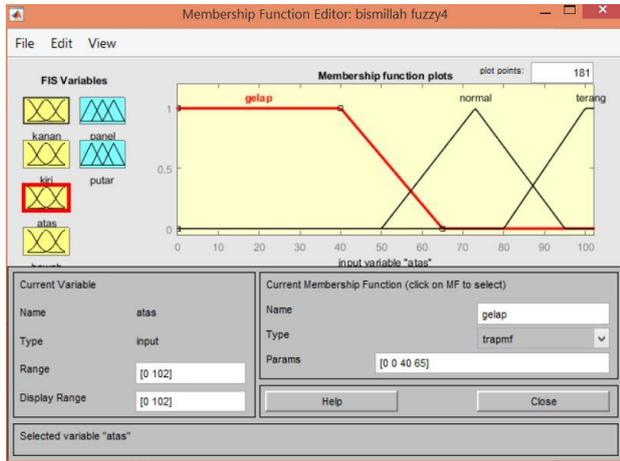
Gambar 7. Desain Tampilan Blynk

Kendali Logika Fuzzy

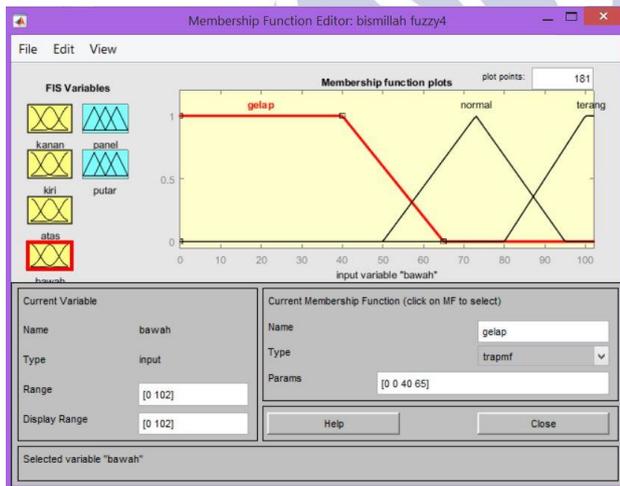
a. Fuzzyfikasi

Pada proses *fuzzyfikasi* adalah pengolahan untuk mengganti dari variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel *linguistik*) Pada Gambar 8 merupakan batasan *membership function* dari *input* nilai LDR atas, Gambar 9 merupakan batasan *membership function* dari *input* nilai LDR bawah, Gambar 10 merupakan batasan *membership function* dari *input* nilai

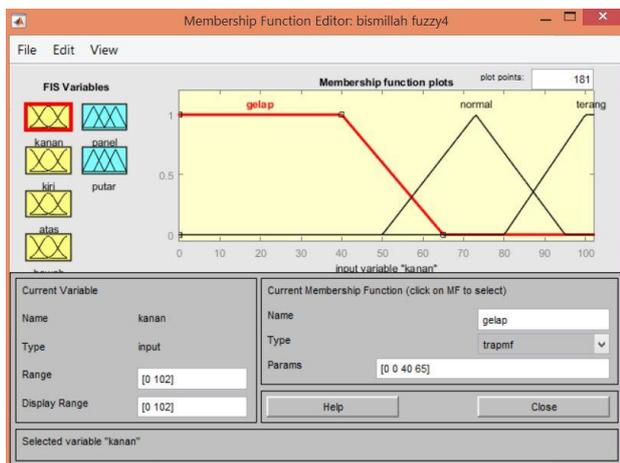
LDR kanan, Gambar 11 merupakan batasan *membership function* dari input nilai LDR kiri, Gambar 12 merupakan batasan *Membership Function* dari Output Servo Panel, Gambar 13 merupakan batasan *Membership Function* dari Output Servo Putar.



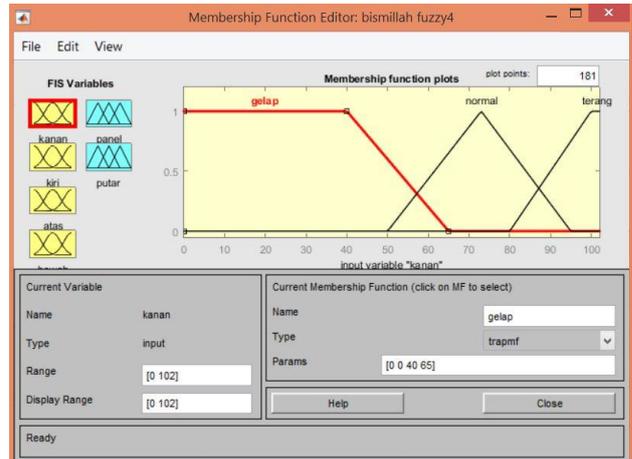
Gambar 8. *Membership Function* dari Input Nilai LDR Atas



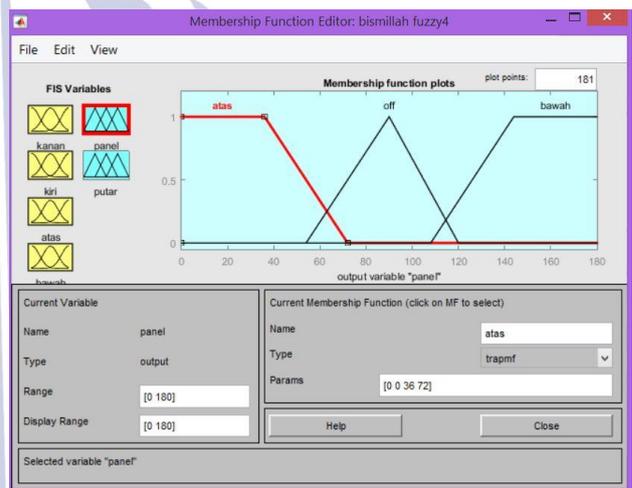
Gambar 9. *Membership Function* dari Input Nilai LDR Bawah



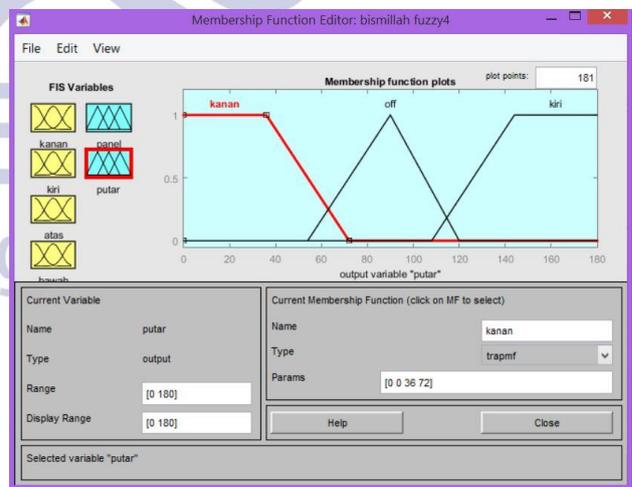
Gambar 10. *Membership Function* dari Input Nilai LDR Kanan



Gambar 11. *Membership Function* dari Input Nilai LDR Kiri



Gambar 12. *Membership Function* dari Output Servo Panel

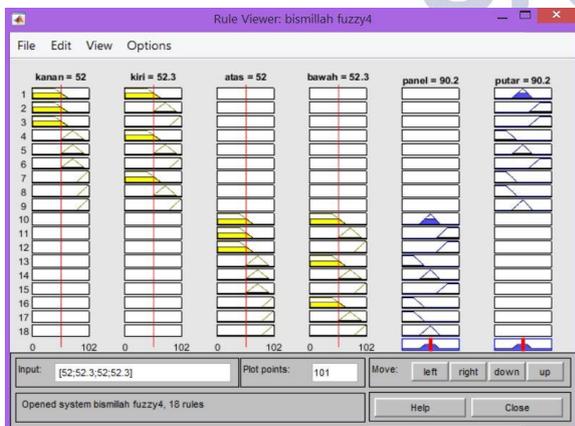


Gambar 13. *Membership Function* dari Output Servo Putar

b. Rule Base

Dari nilai input pada setiap sensor dan hasil output pada setiap keluaran. Dengan begitu dibuatlah beberapa aturan atau *rules* berjumlah 18 aturan. Aturan yang dibuat yaitu :

1. Jika Kanan adalah Gelap dan Kiri adalah Gelap maka Servo Putar *Off*
2. Jika Kanan adalah Gelap dan Kiri adalah Normal maka Servo Putar Ke kiri
3. Jika Kanan adalah Gelap dan Kiri adalah Terang maka Servo Putar Ke kiri
4. Jika Kanan adalah Normal dan Kiri adalah Gelap maka Servo Putar Ke kanan
5. Jika Kanan adalah Normal dan Kiri adalah Normal maka Servo Putar *Off*
6. Jika Kanan adalah Normal dan Kiri adalah Terang maka Servo Putar Ke Kiri
7. Jika Kanan adalah Terang dan Kiri adalah Gelap maka Servo Putar Ke Kanan
8. Jika Kanan adalah Terang dan Kiri adalah Normal maka Servo Putar Ke kanan
9. Jika Kanan adalah Terang dan Kiri adalah Terang maka Servo Putar *Off*
10. Jika Atas adalah Gelap dan Bawah adalah Gelap maka Servo Panel *Off*
11. Jika Atas adalah Gelap dan Bawah adalah Normal maka Servo Panel Ke Bawah
12. Jika Atas adalah Gelap dan Bawah adalah Terang maka Servo Panel Ke Bawah
13. Jika Atas adalah Normal dan Bawah adalah Gelap maka Servo Panel Ke Atas
14. Jika Atas adalah Normal dan Bawah adalah Normal maka Servo Panel *Off*
15. Jika Atas adalah Normal dan Bawah adalah Terang maka Servo Panel Ke Bawah
16. Jika Atas adalah Terang dan Bawah adalah Gelap maka Servo Panel Ke Atas
17. Jika Atas adalah Terang dan Bawah adalah Normal maka Servo Panel Ke Atas
18. Jika Atas adalah Terang dan Bawah adalah Terang maka Servo Panel *Off*



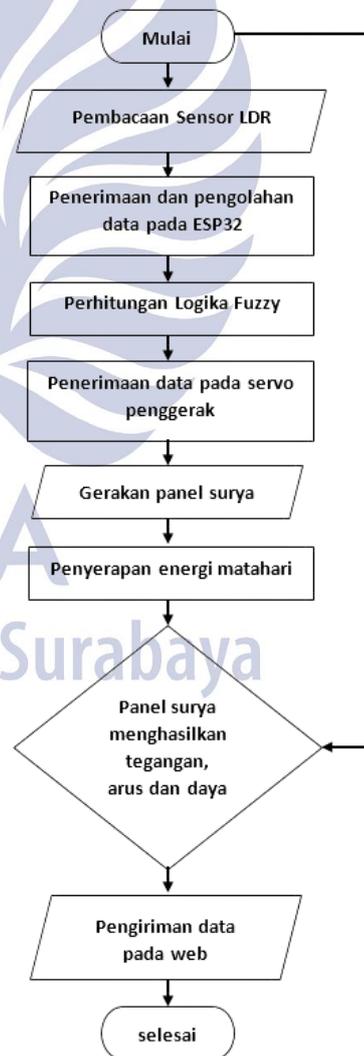
Gambar 14. Rule Viewer Kendali Logika Fuzzy

c. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi yang akan dipakai pada penelitian ini yaitu dengan penalaran metode mamdani. Digunakan metode ini karena pada sistem membutuhkan proses yang berlangsung kontinyu dan cepat.

Perancangan Program

Flowchart pada Gambar 15 merupakan *Flowchart* rancangan program pada *tracking* panel surya. Perancangan *software* yang dimaksud ini dimulai dari cahaya matahari akan diterima sensor cahaya yaitu LDR, selanjutnya sensor akan mengirimkan nilai pada ESP32 untuk diolah dengan sistem kotrol fuzzy. Kemudian ESP32 memerintahkan servo untuk mengarahkan panel surya untuk mendapatkan cahaya matahari yang maksimal dengan begitu panel surya bisa mendapatkan sumber energi matahari dengan maksimum dan panel surya akan memproduksi energi listrik. Proses dilanjutkan ke pengisian baterai/aki. Baterai disuplai oleh tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya.



Gambar 15. Flowchart alat *tracking* panel surya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian awal merupakan pengujian dari perancangan program yang mempunyai tujuan agar memastikan algoritma pada pemrograman yang digunakan telah sesuai dan dapat menggerakkan motor servo pada sistem *tracking* panel surya. Pengujian metode tidak menggunakan kontrol dan percobaan metode dengan menggunakan kontrol logika fuzzy. Hal ini bertujuan agar memastikan apakah metode dengan menggunakan kendali logika fuzzy berfungsi untuk meningkatkan nilai efisien dari sebuah panel surya yang diam (tidak memakai kontrol) atau tidak. Untuk mendapatkan persamaan data maka waktu pengujian dilakukan pada jam yang sama yakni mulai jam 09.00 WIB dan berakhir pada jam 15.00 WIB, namun di hari yang berbeda pada bulan Maret 2022. Pengujian dilakukan di tempat tinggal peneliti yang beralamatkan Perumahan Permata Sukodono raya, kota Sidoarjo, Jawa Timur.

Sesudah perancangan sistem *hardware* dan *software* pada alat, untuk hasil jadi pada rancangan alat pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Mekanik Solar Tracker

Pada Gambar 16 menunjukkan posisi panel surya pada saat awal untuk memproses pelacakan arah cahaya matahari. Pada posisi *default* awal posisi panel surya dihadapkan ke atas untuk mempermudah pelacakan arah datangnya matahari.



Gambar 17. Hardware Solar Tracker

Gambar 17 menunjukkan bentuk *hardware* pada *tracking* panel surya, untuk nilai cahaya matahari yang diterima dan nilai daya serap energi yang didapatkan oleh panel surya dapat ditunjukkan dalam LCD yang tersedia pada alat. Posisi LDR pada bagian atas, bawah, kanan dan kiri serta nilai daya yang didapatkan oleh panel surya beserta nilai tegangan dan arus yang telah di deteksi oleh sensor INA219 ditampilkan pada LCD.



Gambar 18. Nilai V_{out} pada LDR

Gambar 18 menunjukkan nilai V_{out} LDR pada saat cahaya matahari terang dan gelap. Hasil nilai LDR kemudian diproses dalam perhitungan logika fuzzy dan hasil keluarannya berupa perintah gerak pada motor servo. Nilai hasil kalkulasi menggunakan logika fuzzy diproses dalam *microcontroller* ESP32 yang selanjutnya berfungsi untuk mengendalikan motor servo pada *tracker* panel surya dapat diarahkan hingga posisi lurus menuju arah datangnya cahaya matahari. Nilai tegangan keluaran (V_{OUT}) serta arus dibaca menggunakan sensor INA219 lalu diproses perhitungan sehingga didapat nilai daya yang dihasilkan.

Pengujian Sistem Tanpa Kendali dan Menggunakan Tracking Kontrol Logika Fuzzy

Pada pengujian metode panel surya tanpa menggunakan kendali, posisi panel surya diletakkan menghadap keatas agar langsung menghadap sinar matahari. Untuk pengambilan data dilakukan dalam waktu 3 hari pada jam 09.00 WIB dan berakhir pada jam 15.00 WIB dan dicatat setiap 15 menit lalu lakukan rata-rata.

Untuk hasil pengambilan data pengujian panel surya tanpa menggunakan kendali ditampilkan 3 diagram parameter dengan garis berwarna biru yaitu pada Gambar 19 merupakan diagram parameter untuk nilai tegangan, Gambar 20 merupakan diagram parameter untuk nilai arus dan Gambar 21 merupakan diagram parameter untuk nilai daya. Dari hasil pengambilan data pengujian panel surya tanpa menggunakan kendali yang ditampilkan dengan garis berwarna biru dapat diketahui bahwa hasil nilai rata-rata

tegangan sebesar 17V, rata-rata arus sebesar 0,883A, dan rata-rata daya yaitu 14,28W. Pada hasil percobaan tersebut didapat pada jam 9 hingga jam 11 mendapatkan nilai daya terbesar. Hal tersebut terjadi karena posisi panel surya tepat dibawah sinar matahari Dan grafik daya turun signifikan karena sudut arah datang cahaya matahari berbeda beda pada setiap waktunya.

Pada pengujian panel surya menggunakan sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy, sistem kendali dapat melakukan pencarian sinar matahari dari berbagai arah. Untuk pengambilan data sama seperti pengambilan data tanpa kendali yaitu dilakukan dalam waktu 3 hari pada jam 09.00 WIB dan berakhir pada jam 15.00 WIB dan dicatat setiap 15 menit lalu lakukan rata-rata namun dilakukan pada hari yang berbeda.

Untuk hasil pengambilan data pengujian panel surya menggunakan sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy ditampilkan 3 diagram parameter dengan garis berwarna jingga yaitu pada Gambar 19 merupakan diagram parameter untuk nilai tegangan, Gambar 20 merupakan diagram parameter untuk nilai arus dan Gambar 21 merupakan diagram parameter untuk nilai daya. Dari hasil pengambilan data pengujian panel surya menggunakan sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy yang ditampilkan dengan garis berwarna jingga dapat diketahui bahwa hasil nilai rata-rata tegangan yaitu 14V, rata-rata arus yaitu 1,699A, dan rata-rata daya yaitu 23,71W. Pada pengujian menggunakan sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy menghasilkan daya yang sedikit mengalami penurunan karena sistem melacak keberadaan matahari dan sedikit penurunan daya yang tersebut diakibatkan adanya selisih nilai cahaya matahari pada setiap waktunya. Pada perbedaan intensitas cahaya matahari ditunjukkan dengan parameter 4 (atas, bawah, kanan dan kiri) posisi sensor LDR pada Gambar 22.



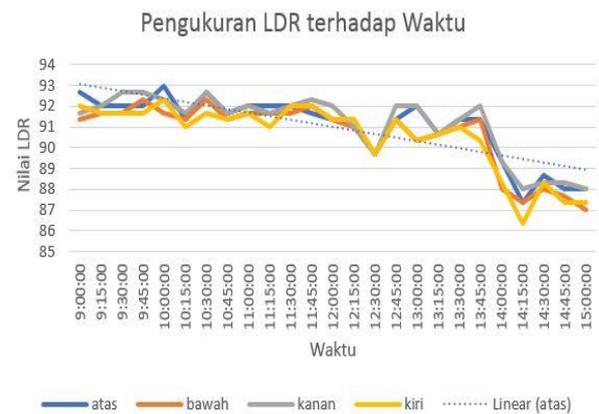
Gambar 19. Data Perbandingan Tegangan Tanpa Kontrol Dan Tegangan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy



Gambar 20. Data Perbandingan Arus Tanpa Kontrol Dan Arus Menggunakan Kendali Logika Fuzzy



Gambar 21. Data Perbandingan Daya Tanpa Kontrol Dan Daya Menggunakan Kendali Logika Fuzzy



Gambar 22. Data Intensitas Cahaya Pada LDR

Berdasarkan Gambar 19 dapat diketahui bahwa sistem tanpa memakai *tracking* kontrol mendapatkan nilai tegangan yang lebih baik dibandingkan dengan metode yang menggunakan sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy. Dengan metode yang tanpa memakai *tracking* kontrol mendapatkan rata-rata dari tegangan sebesar 17V, namun pada sistem dengan memakai sistem *tracking* dengan kontrol logika fuzzy menghasilkan rata-rata tegangan 14V. Selisih yang dihasilkan adalah 3V terdapat

penurunan tegangan yang didapat sebesar 17%. Pada diagram dengan metode yang memakai sistem *tracking* dengan kendali logika fuzzy mengarah lebih *linear* hal tersebut terjadi akibat panel surya selalu lurus dengan cahaya matahari.

Namun untuk perbedaan nilai arus pada Gambar 20 terlihat bahwa metode yang menjalankan sistem *tracking* dengan kendali logika fuzzy mendapatkan nilai arus yang lebih baik dengan rata-rata arus = 1,699A, tetapi pada metode yang tidak menggunakan *tracking* kontrol menghasilkan nilai rata-rata arus sebesar 0,883A. Perbedaan yang diperoleh sebesar 0,816A, dari hasil percobaan tersebut arus didapat peningkatan arus dalam satu hari sebesar 48%. Pada *tranline* arus (Gambar 20) yang menjalankan sistem *tracking* dengan metode kendali logika fuzzy terlihat penurunan arus yang lebih sedikit dan nilai arus yang lebih tinggi dibandingkan sistem tanpa menggunakan *tracking* kontrol karena panel surya selalu mengikuti cahaya matahari. Namun pada jam 10.15 dan 14.15 nilai arus pada metode *tracking* dengan kendali logika fuzzy lebih kecil dibandingkan tanpa sistem *tracking* kontrol dikarenakan dengan hari yang berbeda intensitas berawan juga berbeda sehingga dapat mempengaruhi hasil data yang didapatkan.

Namun untuk hasil daya adalah hasil dari perkalian arus dan tegangan dengan begitu didapatlah nilai daya. Pada Gambar 21 yang menjalankan sistem *tracking* dengan kendali logika fuzzy lebih baik yaitu menghasilkan rata-rata daya sebesar 23,71W dibandingkan ketika tidak menggunakan *tracking* kontrol rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 14,28W. Perbedaan yang didapatkan sebesar 9,14W, ditampilkan pada Gambar 21, didapat peningkatan daya dalam sebesar 39,77%. Untuk daya yang menggunakan sistem *tracking* dengan kendali logika fuzzy pada Gambar 21 garis berwarna jingga terlihat penurunan daya yang lebih sedikit dibandingkan sistem tanpa menggunakan kontrol.

PENUTUP

Simpulan

Dari pengkajian yang selesai dilakukan dapat disimpulkan, bahwa perhitungan sistem kendali logika fuzzy dapat digunakan dalam pencarian posisi terbaik untuk panel surya dengan demikian sistem *tracking* berjalan dengan baik. Pada perbedaan hasil percobaan metode tanpa menggunakan *tracking* kendali logika didapat tegangan = 17V, arus 0.883A, dan daya = 14,28W, namun pada percobaan sistem *tracking* dengan metode kendali logika fuzzy didapatkan tegangan = 14V, arus 1,699A dan daya = 23,71W. Hasil daya yang dihasilkan ini lebih besar dibanding dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan MATLAB yang hanya menghasilkan 10,5W. Peningkatan daya pada percobaan

sistem *tracking* dengan metode kendali logika fuzzy meningkat sebesar 39,77%. Presentase tersebut lebih besar dibanding dengan penelitian sebelumnya menggunakan sistem PID yaitu 4,981%. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pada saat melakukan percobaan salah satunya adalah cuaca dan sistem penggerak pada alat tersebut.

Saran

Saran yang ingin penulis berikan kepada penelitian selanjutnya untuk dapat dilakukan perbaikan percobaan dalam keadaan yang berbeda seperti perbedaan suhu dan kelembapan, serta tolok ukur lainnya. Dengan demikian akan diketahui seberapa besar pengaruhnya terhadap hasil penangkapan energi yang didapat dan mendapat dapat hasil data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmi. Jhefri, dan Candra. Oriza. 2020. *Prototype Solar Tracker dua sumbu berbasis Microcontroller Arduino Nano dengan sensor LDR*. Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional Universitas Negeri Padang, Vol. 6, No.02
- Away. Yuwaldi, Suriadi, Rahman. Aulia, Isman. Teuku Reza Auliandra, dan Firdaus. Muhammad. 2017. *Penerapan Logika Fuzzy pada Sun Tracker Dual Axis Berbasis Sensor Tetrahedron Geometri*. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala, pp.74-80.
- Azmy. Achmad Ulul, Sumardi, dan Riyadi. Munawar Agus. 2015. *Sistem Tracking Panel Surya Untuk Pengoptimalan Daya Menggunakan Metode Kontrol Self-Tuning PID Dengan JST Jenis Perceptron*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, Vol.1, pp.35-41.
- Fatoni, I. 2015. *Makalah Energi Terbarukan (Renewable Energi)*. Universitas Muhammadiyah Malang, Fakultas Teknik, Malang.
- Fishbane. P., Gasirowicz. S., dan Thornton. S. 1996. *Physics For Scientists and engineers*, 2nd edition, Prentice-hall, New Jersey.
- Hidayanti. Afni Nur, Handayani. Peni, dan R. Indra Chandra J. 2018. *Pemanfaatan Metode Single Axis Tracker dan Maximum Power Point Tracker (MPPT) PID untuk Mengoptimalkan Daya Keluaran Panel Surya*. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
- Jatmiko. Eko, dan M. Elang Derdian. 2020. *Sistem Kendali PID Tracking Posisi Matahari dan Monitoring Kinerja Panel Berbasis Android*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 1, No. 1.
- Kusmantoro. 2019. *Use Of Inverter Off Grid 2000 Watt For Household With Battery Storage Use Of Inverter Off Grid 2000 Watt For Household With Battery Storage*. Journal of Physics Conference Series, pp.1-7

- Midiatmoko, Febin, Shalahuddin, Yanu, dan Yahya. Mochtar. 2021. *Pv Solar Tracker Berbasis Matlab / Simulink Untuk Optimasi Daya*. Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem & Komputer Universitas Islam Kediri, Vol. 1, No. 1
- Nugraha. A. (2017). *Implementasi Teknik Maximum Power Point Tracking (Mppt) Pada Sistem Penjejak Matahari Berbasis Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya.
- Permatasari. K. (2015). *Perancangan Sistem Pengendalian Sudut Pitch dan Yaw Pada Panel Surya Menggunakan Metode PSO-Fuzzy*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya.
- Pramono, Wati, dan Yakada. 2013. *Simulasi Maximum Power Point Tracking Pada Panel Surya Menggunakan Simulink MATLAB*. Seminar nasional ke-9, rekayasa teknologi industri dan informasi, Vol.1, pp. 176-183
- Suarda. Made, dan Wirawan. I Ketut Gede. 2009. *Kajian teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya di desa sanapahaan kecamatan kediri*. Laporan penelitian dana dipa Universitas Udayana
- Suwarti, Wahyono, dan Prasetyo. Budhi. 2018. *Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah terhadap Kinerja Panel Surya*. EKSERGI Jurnal Teknik Energi POLINES Vol 14 No. 3 September 2018, pp.78 – 85.
- Usta. M. A., Akyaz. O., dan Altaş. I. H. 2011. *Systems Design and Performance of Solar Tracking System with Fuzzy Logic Controller*. Karadeniz Technical University, Elazığ jurnal, Turkey. pp.16-17.