

Perancangan Awal *Dual Axis Solar Tracking System* dengan Penambahan Reflektor dan *Water Treatment*

Alvin Rinaldi Wiharja¹, Levin Halim^{1*}

^{1st} Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

*Email: halimlevin@unpar.ac.id

Abstract—Renewable energy is obtained by utilizing energy sources from nature that will not run out if used continuously. One renewable energy is solar energy, and one way to use it requires a tool that can convert solar energy into electrical energy, namely solar panels. In this study, an initial design of a dual axis solar tracking system was made with the fuzzy logic method and the addition of a reflector and water treatment. The design made in this research is in the form of a CAD design using SolidWorks software. All designs are made, taken from several references combined. While the parameters used are only the angle between the reflector and the solar panel

Index Terms—renewable energy, solar panel, solar tracking system, reflector

Abstrak—Energi terbarukan didapat dengan memanfaatkan sumber energi dari alam yang tidak akan habis jika digunakan terus-menerus. Salah satu energi terbarukan adalah energi matahari, dan salah satu cara untuk memanfaatkannya dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik, yaitu panel surya. Pada penelitian ini, dibuat rancangan awal *dual axis solar tracking system* atau sistem penjejak matahari dengan metode *fuzzy logic* dan penambahan reflektor serta *water treatment*. Rancangan yang dibuat pada penelitian kali ini berupa desain CAD menggunakan *software SolidWorks*. Semua rancangan yang dibuat, diambil dari beberapa referensi yang digabungkan. Sedangkan parameter yang digunakan hanya besar sudut antara reflektor dan panel surya

Kata Kunci— energi terbarukan, panel surya, sistem penjejak matahari, reflektor

I. PENDAHULUAN

Energi adalah kunci kemajuan dan kemakmuran manusia. Dengan perkembangan peradaban, konsumsi energi terus meningkat. Untuk mempertahankan arus pembangunan manusia, diperlukan lebih banyak energi dalam waktu dekat. Solusi utamanya adalah membakar lebih banyak bahan bakar fosil [1]. Namun saat ini, ketersediaan bahan bakar fosil semakin menurun [2]. Hal ini mengakibatkan harga dari sumber daya tersebut semakin meningkat. Serta, dengan membakar maka akan menimbulkan banyak polusi yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi baru yang ramah lingkungan dan terus dapat diperbaharui. Energi terbarukan merupakan solusi untuk masalah ini. Energi terbarukan dihasilkan dengan memanfaatkan sumber energi dari alam dan akan habis dalam jangka waktu yang sangat lama. Energi matahari,

energi angin, dan energi tenaga air merupakan bagian dari energi terbarukan [3]. Energi matahari atau yang disebut dengan energi surya adalah energi yang berasal dari matahari dan jumlahnya sangat berlimpah. Indonesia merupakan salah satu negara khatulistiwa, sehingga cahaya matahari yang masuk ke Indonesia sangat maksimal. Untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi tersebut. Alat tersebut adalah panel surya.

Panel surya berdasarkan sistem pergerakannya dibagi mejadi dua yaitu statis dan aktif [4]. Panel surya statis memiliki kekurangan, karena panel surya tersebut tidak dapat bergerak, sedangkan matahari bergerak dari timur menuju ke barat. Sehingga pada waktu tertentu panel surya tidak akan mendapatkan energi yang efisien. Untuk mendapatkan energi matahari yang maksimum maka panel surya harus selalu menghadap kepada matahari. Posisi matahari pada setiap waktunya akan berbeda dikarenakan rotasi matahari, maka panel surya harus dapat mengikuti 1 pergerakan matahari. Kemudian pada panel surya aktif terbagi menjadi dua macam pergerakan yaitu *single axis* dan *dual axis* [5]. Dimana *single axis* berarti hanya memiliki 1 penggerak yang dapat menggerakkan solar panel secara bebas (360°), sedangkan *dual axis* memiliki 2 penggerak dimana terdapat 2 aktuator yang menggerakkan secara mendatar dan vertikal.

Selain menggunakan *solar tracking system*, peningkatan efisiensi daya keluaran juga dapat menggunakan reflektor. Berdasarkan jurnal [5] dengan penggunaan reflektor cermin dapat meningkatkan efisiensi sebesar 24%. Selain itu, reflektor cermin digunakan untuk meningkatkan efisiensi dengan biaya seminimal mungkin. Berdasarkan penelitian [6] juga menyatakan bahwa dengan menambahkan reflektor berupa *aluminium foil* dapat meningkatkan daya dari 4.87 W menjadi 6.9 W, data itu diambil dari rata-rata daya *output* yang dihasilkan dari jam 7 pagi hingga jam 5 sore. Kemudian pada penelitian [7] didapat bahwa *chrome* stiker dapat dijadikan sebuah reflektor untuk memantulkan cahaya matahari dengan koefisien reflektif sebesar 70.6%. Berdasarkan jurnal [8] sudut reflektor yang digunakan agar patulan matahari maksimal adalah 112.5° dengan solar panel.

Pada penelitian [3] telah dibuat sistem yang berguna untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan metode *solar tracking dual axis* berbasis *fuzzy logic* dan

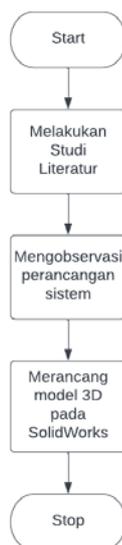
penambahan *water treatment*. Sudah terbukti bahwa dengan metode yang digunakan pada penelitian [3] dapat meningkatkan efisiensi panel surya.

Berdasarkan pemaparan jurnal diatas, pada penelitian ini akan dilakukan perancangan awal *dual axis solar tracking system* dengan penambahan *water treatment* dan reflektor menurut [7] yang diimplementasikan pada perancangan [3] dan dengan metode *fuzzy logic* Sugeno. Kemudian metode *water treatment* yang digunakan sedikit dirubah yang awalnya menurut [3] menggunakan selang dan mengucur cukup deras, menjadi menggunakan *nozzle sprayer*. Perancangan awal yang dibuat adalah desain dari sistem menggunakan SolidWorks, penentuan komponen yang digunakan, analisis reflektor berdasarkan harga dan output (kWh) dari sistem dengan beberapa contoh kasus.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, terdapat beberapa metodologi yang dilakukan, yaitu :

- Melakukan studi literatur.
Sebagai tahap awal , literatur terkait dengan pembangkit listrik tenaga surya , pengembangan dari panel surya yang dilakukan dan parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian yang berasal dari buku dan jurnal dipelajari.
- Mengobservasi perancangan sistem.
Setelah mempelajari parameter dan desain, parameter dan perancangan sistem diobservasi.
- Merancang model 3D pada SolidWorks.
Desain dan perancangan yang telah diobservasi diimplementasikan dalam bentuk model 3D pada *software* SolidWorks.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

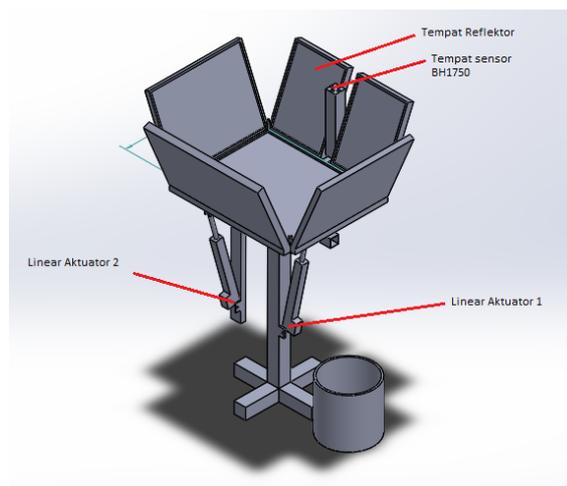
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem terdiri dari desain sistem, rincian desain, perancangan sistem, perhitungan efisiensi awal

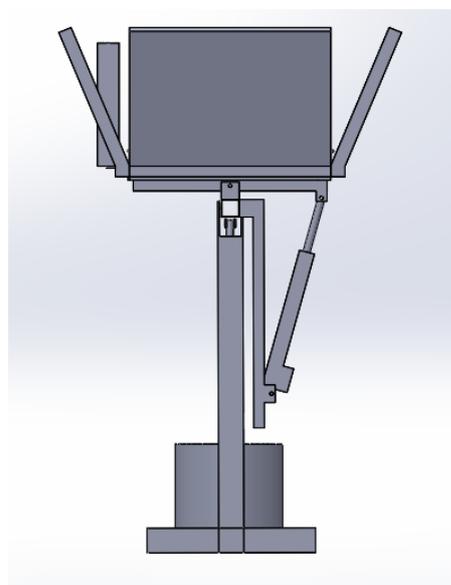
panel surya, perhitungan cooling rate model, fuzzy logic modeling, dan perhitungan harga reflektor per kWh.

A. Desain Sistem

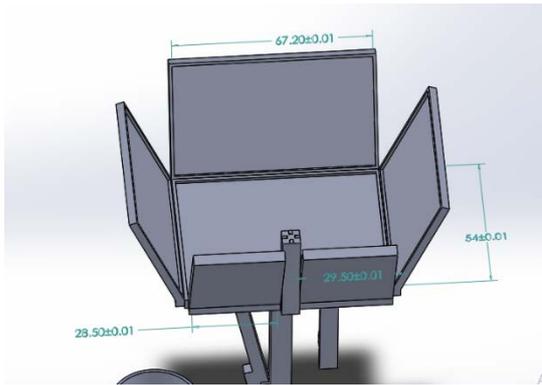
Sistem yang dirancang terdiri dari panel surya, 4 buah sensor cahaya, 2 buah linear aktuator, sistem *water treatments*, dan reflektor. Masing-masing sensor akan diposisikan dari empat posisi yang berbeda yaitu timur, barat, utara, dan selatan. Linear aktuator yang pertama sesuai Gambar 2 akan digunakan untuk menggerakkan panel surya secara horizontal dengan cara membandingkan intensitas cahaya pada bagian timur dan barat. Linear aktuator yang kedua akan digunakan untuk menggerakkan panel surya secara vertikal dengan cara membandingkan intensitas cahaya pada bagian utara dan selatan. Metode *water treatments* yang digunakan adalah menyemprotkan air pada permukaan panel surya melalui 4 *nozzle spray* seperti pada Gambar 5 yang ditempatkan pada setiap sudut panel surya. Reflektor dipasang dengan parameter lebar 40,6cm dan panjang disesuaikan dengan panjang dari panel surya yaitu 670mm, Gambar 4 merupakan keterangan panjang dan lebar dari reflektor yang digunakan.



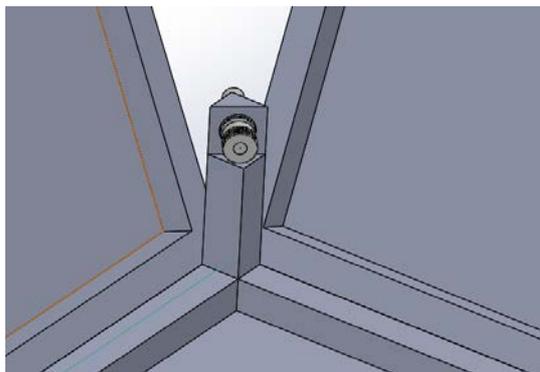
Gambar 2. Tampak Isometrik Perancangan



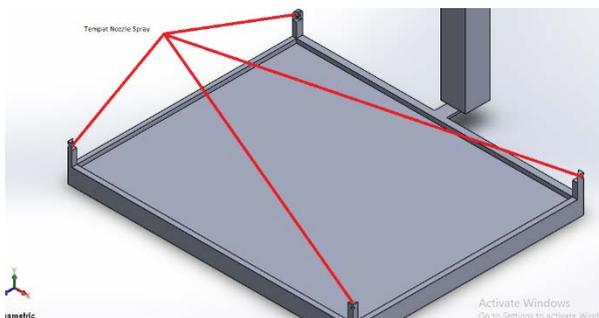
Gambar 3. Tampak Samping Perancangan



Gambar 4. Dimensi Reflektor



Gambar 5. Penempatan Nozzle Spray



Gambar 6. Detail Penempatan Nozzle Spray

B. Rincian Desain

1) Panel Surya

Panel surya yang digunakan adalah panel surya GH solar Tipe GH50M-18 Monocrystalline. Panel surya ini berdimensi 67cm x 54cm x 30cm dengan massa 4.3 kg dengan detail yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

2) Sensor Temperatur NTC 10k

Sensor temperatur yang digunakan adalah sensor berjenis thermistor NTC 10k. Ukurannya yang kecil menjadi kelebihan untuk mendapatkan output dengan cepat.

TABEL 1. SPESIFIKASI PANEL SURYA

Model	GH50M-18
Rated Maximum Power (P _m)	50 W
Tolerance	3%
Voltage at P _{max} (V _{mp})	18.0 V
Current at P _{max} (I _{mp})	2.78 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	22.4 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	3.24 A
Normal Operating Cell Temp (NOCT)	47 +/- 2°C
Maximum System Voltage	1000 VDC
Maximum Series Fuse Rating	15 A
Operating Temperature	-40 to 85°C
Application Class	Class A
Cell Technology	Mono-Si
Weight	4.3 kg
Dimension (mm)	540*670*30

3) Sensor Tegangan DC dan Arus DC

Sensor ini digunakan untuk mengukur tegangan dan arus keluaran dari panel surya. Tegangan yang diukur dapat mencapai 25V dan arus yang diukur dapat mencapai 30A.

4) Pompa Air DC 12V

Pompa air DC dengan spesifikasi 12V 19W dapat dilihat pada Gambar 7. Pompa ini dapat dipasang di dalam air karena mempunyai sifat submersible.



Gambar 7. Pompa DC 12V [8]

5) Linear Actuator

Linear aktuator merupakan sebuah aktuator yang arah gerakannya linear atau lurus. Pergerakan dari alat ini berupa memanjang dan memendeknya batang atau silinder. Gerakan linear yang dihasilkan dari alat ini disebabkan oleh baut atau lebih sering disebut dengan *lead-screw* [9]. Baut ini dapat berputar dengan arah jarum jam maupun berlawanan dengan arah jarum jam dan ini yang menyebabkan porosnya berputar, yang pada dasarnya adalah mur pada sekrup yang berkerja untuk menaikan dan menurunkan sekrup saat sekrup sedang berputar.

Linear aktuator 12 V DC dengan *rated power* 20W dan *max* 30W dapat dilihat pada Gambar 8. *Linear aktuator* ini memiliki *max load* 1000N/push , 800N/pull dengan *speed* 14mm/s dan *stroke length* 18 inches (450mm).



Gambar 8 Linear Aktuator [10]

6) Baterai 12V DC

Baterai 12 V DC berjenis *rechargeable sealed lead acid* dapat dilihat pada Gambar 9. Baterai ini digunakan untuk memberikan daya pada pompa air dan *linear actuator*. Baterai ini dapat diisi dengan menggunakan *solar charge controller* dengan cara mengendalikan arus dan tegangan yang masuk ke baterai.

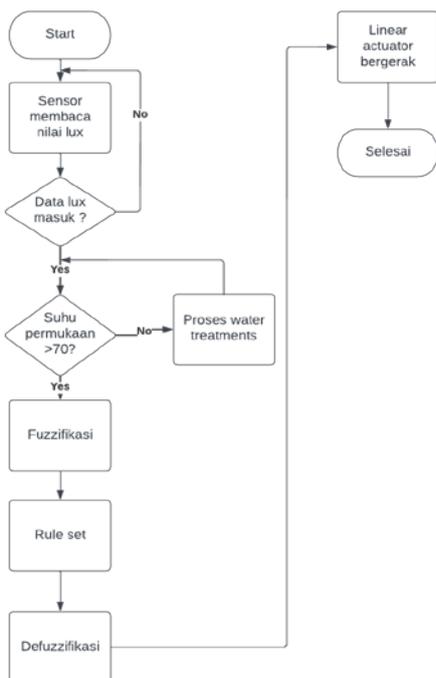


Gambar 9. Baterai 12V DC [11]

C. Perancangan Awal Sistem

Pada perancangan sistem akan dibahas mengenai diagram alir dan perhitungan-perhitungan yang akan digunakan untuk perancangan dan juga contoh kasus untuk melihat reflektor mana yang memiliki nilai harga per kWh yang paling rendah.

Sistem mempunyai diagram alir seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Sistem

1) Fill Factor dan Efisiensi Awal

Efisiensi adalah parameter yang paling sering digunakan untuk membandingkan kinerja dari panel surya. Salah satu besaran yang menjadi parameter untuk efisiensi panel surya adalah *fill factor* [12]. Perhitungan *fill factor* akan menunjukkan perbandingan daya maksimum yang didapat dari panel surya terhadap perkalian V_{oc} dan I_{sc} , berdasarkan persamaan berikut [12]:

$$Fill\ Factor = \frac{V_{mp}I_{mp}}{V_{oc}I_{sc}} \quad (1)$$

Dimana :

- V_{MP} : Tegangan saat daya maksimal (V)
- I_{MP} : Arus saat daya maksimal (A)
- V_{OC} : Tegangan maksimal panel surya saat open circuit (V)
- I_{SC} : Arus maksimal panel surya saat *open circuit* (A)

Efisiensi diartikan sebagai perbandingan keluaran (output) energi dari panel surya dan energi masukan (input) dari matahari. Efisiensi panel surya juga bergantung pada spektrum dan intensitas sinar matahari pada panel surya, maka dari itu, penggunaan satu perangkat dan perangkat lainnya harus digunakan secara cermat untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Efisiensi panel surya dapat definisikan sebagai:

$$\eta = \frac{V_{oc}I_{sc}FF}{SIA} \quad (2)$$

Dimana :

- V_{OC} : Tegangan *Open Circuit* Panel Surya
- I_{SC} : Arus *Short Circuit* Panel Surya
- FF : *Fill Factor*
- SI : Radiasi Matahari
- A : Luas permukaan Panel Surya

Berdasarkan spesifikasi data sheet yang ada, didapat nilai dari V_{mp} , I_{mp} , I_{sc} , dan V_{oc} . Sehingga dapat dicari nilai *fill factor* dan efisiensi awal dari panel surya. Nilai *fill factor* adalah sebagai berikut:

$$Fill\ Factor = \frac{18V\ 2,78A}{22,4V\ 3,24A} = 0,689 \quad (3)$$

Setelah mendapat nilai *fill factor* sebesar 0,689, nilai efisiensi dapat dicari dengan persamaan dibawah:

$$Efisiensi = \frac{22,4V\ 3,24A\ 0,689}{1000W/m^2\ 0,67m\ 0,54m} 100\% = 13,8\% \quad (4)$$

Nilai *fill factor* 0,689 menunjukkan seberapa banyak cahaya matahari yang dapat diserap oleh panel surya dengan *STC (Standart Test Condition)*. Nilai efisiensi 13,8% menunjukkan seberapa besar energi matahari yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan *STC (Standart Teset Condition)* dimana temperatur panel surya 25°C, radiasi matahari 1000W/m², dan *air mass* 1.5. *STC* adalah standar yang dipakai oleh perusahaan

panel surya untuk mengetahui efisiensi panel surya.

2) Cooling Rate Model

Pendinginan panel surya menjadi faktor yang penting untuk meningkatkan performansi. *Cooling rate* model dapat dihitung berdasarkan kesetimbangan energi [13], untuk menunjukkan laju pendinginan dari panel surya dibutuhkan persamaan [13]:

$$Q_{in} = Q_{out} \quad (4)$$

$$\dot{m}_{water} \times C_{water} \times \Delta T_{water} \times t = m_{glass} \times C_{glass} \times \Delta T_{glass} \quad (5)$$

$$t = \frac{m_{glass} \times C_{glass} \times \Delta T_{glass}}{\dot{m}_{water} \times C_{water} \times \Delta T_{water}} \quad (6)$$

Dimana :

- q_{in} : Kalor yang diterima oleh air dari panel surya
- q_{out} : Kalor yang diterima oleh air dari panel surya
- m_{water} : Laju alir massa air (kg/s)
- C_{water} : Kapasitas kalor air (J/kg°C)
- ΔT_{water} : Perbedaan temperatur air sebelum dan sesudah pendinginan (°C)
- t : waktu pendinginan panel surya (s)
- m_{glass} : massa kaca panel surya (kg)
- C_{glass} : Kapasitas kalor gelas (J/kg°C)
- ΔT_{glass} : Perbedaan temperatur panel surya sebelum dan sesudah pendinginan (°C)

Massa kaca panel surya dapat diketahui dengan cara mencari terlebih dahulu nilai dari massa jenis kaca panel surya, luas permukaan kaca panel surya dan ketebalan kaca panel surya. Massa kaca panel surya dan laju alir massa air diperoleh dari persamaan ini:

$$\dot{m}_{water} = \rho_{water} \times Q_{water} \quad (7)$$

Dimana :

- ρ_{water} = Massa jenis air (kg/m³)
- Q_{water} = Debit air (L/min)

$$m_{glass} = \rho_{glass} \times A_{glass} \times X_{glass} \quad (8)$$

Dimana :

- ρ_{glass} = Massa jenis kaca panel surya (kg/m³)
- A_{glass} = Luas permukaan kaca panel surya (m²)
- X_{glass} = Ketebalan kaca panel surya (m)

Cooling rate model perlu diperhitungkan untuk mengetahui lama durasi pendinginan panel surya yang dibutuhkan dengan memanfaatkan *water treatment*. Dalam perhitungan *cooling rate model* dibutuhkan laju alir massa air (\dot{m}_{water}), massa kaca panel surya (m_{glass}), dan perbedaan temperatur air dan panel surya sebelum serta sesudah pendinginan. Berikut adalah perhitungan massa kaca panel surya dan laju alir massa air.

$$m_{glass} = 2500 \times 0.54 \times 0.67 \times 0.003 = 2.71 \text{ kg} \quad (9)$$

$$\dot{m}_{water} = 1 \times 0.067 = 0.067 \text{ kg/s} \quad (10)$$

Debit air yang digunakan pada rumus \dot{m}_{glass} merupakan debit pompa 12V yang digunakan dengan ujung berupa *nozzle spray* sebanyak 4 buah. Setelah mendapatkan nilai dari m_{glass} dan \dot{m}_{water} , dapat dihitung lama dari waktu pendinginan panel surya dengan perbedaan temperatur panel surya dan air berturut-turut 28.8 dan 1.3.

$$t = \frac{2.71 \times 840 \times 28.8}{0.067 \times 4200 \times 1.3} = 179.21 \text{ s} \quad (11)$$

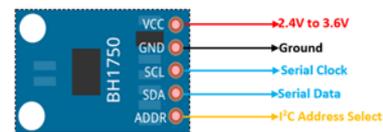
3) Fuzzy Logic Modelling

Logika fuzzy dapat disebut juga menjadi logika samar. Menurut [14], dalam logika *Boolean* nilai yang diperoleh berupa 1 atau 0. Logika *fuzzy* biasa disebut logika samar karena mempunyai tujuan untuk mencari nilai diantara 1 dan 0. Probabilitas dan logika *fuzzy* tidak dapat diartikan sama, karena probabilitas menentukan kemungkinan yang akan terjadi, sedangkan logika *fuzzy* dapat mendapatkan nilai sesuai dengan prediksi [15]. Berdasarkan diagram FLC (*Fuzzy Logic Controller*) dibagi menjadi 3 langkah yang berupa:

1. *Fuzzifikasi*
2. *Inference Mechanism*
3. *Defuzzifikasi*

Model yang dirancang memiliki 4 buah sensor cahaya yang menjadi input. Sensor cahaya yang digunakan adalah BH1750, sehingga output yang dikeluarkan akan berupa lux.

Sensor BH1750 merupakan sensor cahaya yang menghasilkan pengukuran 16 bit dari cahaya dan menghasilkan output dalam satuan Lux yang merupakan satuan SI dari intensitas cahaya [16]. Sensor BH1750 memiliki 5 pin yaitu *POWER*, *GROUND*, *SCL* atau *serial clock*, *SDA* atau *serial data*, dan *ADR* atau *address*. Sensor BH1750 bekerja pada tegangan 2.4-3.6V. Bentuk sensor BH1750 ditunjukkan oleh Gambar 11 [17].

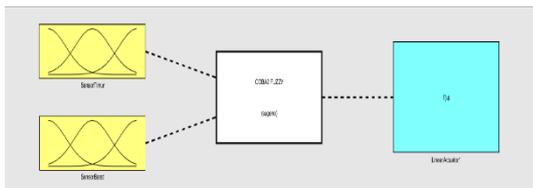


Gambar 11. Sensor BH1750 [17]

Model sugeno digunakan untuk merancang sistem, karena efisiensi dan akurasi dari komputasi lebih akurat dibandingkan metode *fuzzy* lainnya.

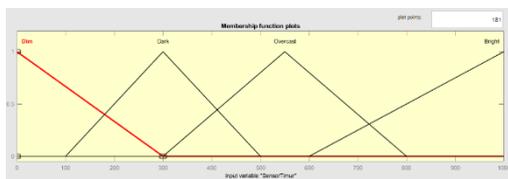
Perancangan panel surya *dual-axis* disimulasi menggunakan *fuzzy logic designer toolbox* pada *software* Matlab. Logika *fuzzy* diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno, dengan output logika *fuzzy* adalah pergerakan *linear actuator*. Desain *fuzzy logic* pada bidang horizontal dapat dilihat pada Gambar 12. Antara bagian horizontal dan vertikal memiliki desain *fuzzy logic* yang sama karena mempunyai nilai *input* dan

output yang sama.



Gambar 12. Bidang Horizontal

Hal pertama yang dilakukan saat membuat *fuzzy logic* adalah membuat *input* dan *output* dalam *membership function*. *Input* dari sensor cahaya dinamakan dengan Sensor Timur dan Sensor Barat. *Membership function* sensor cahaya dibagi menjadi 4 buah himpunan *fuzzy*, yaitu: *dim*, *dark*, *overcast*, dan *bright*. Setiap himpunan mempunyai *range* data masing-masing seperti pada Gambar 13 sebagai *input* dari sistem dan Gambar 14 sebagai *output* dari sistem.



Gambar 13. Input Sensor Timur



Gambar 14. Output Variabel

Setiap *output* yang direpresentasikan pada Tabel 2 memiliki *range* masing - masing. Nilai dari *output* tersebut adalah seberapa panjang *linear actuator* akan bergerak. Berikut adalah keterangan dari setiap *output variabel*.

1. NB = *Negative Big* (37.5)
2. NM = *Negative Medium* (75)
3. NS = *Negative Small* (112.5)
4. Zero = (150)
5. PS = *Positive Small* (187.5)
6. PM = *Positive Medium* (262.5)
7. PB = *Positive Big* (300)

TABEL 2. PERATURAN HORIZONTAL

		Barat			
		Dim	Dark	Overcast	Bright
Timur	Dim	Zero	PS	PM	PB
	Dark	NS	Zero	PS	PM
	Overcast	NM	NS	Zero	PS
	Bright	NB	NM	NS	

4) Penambahan Reflektor

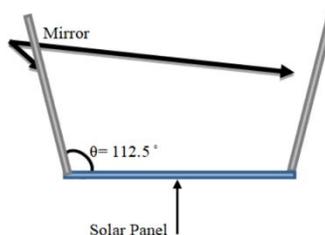
Reflektor pada penelitian ini berfungsi untuk memantulkan cahaya matahari yang tidak mengenai panel surya, sehingga radiasi yang diterima oleh panel surya lebih maksimal. Jenis bahan dari reflektor yang akan dibandingkan adalah cermin datar, *aluminium foil*,

dan *chrome sticker*. Masing-masing dari bahan reflektor memiliki koefisien reflektif, koefisien reflektif adalah seberapa banyak radiasi matahari yang dipantulkan oleh suatu objek [18]. Perbedaan koefisien reflektif masing-masing bahan dijabarkan oleh Tabel 3.

TABEL 3. PERBANDINGAN KOEFISIEN REFLEKTIF [19]

Reflector	ρ_m = Reflection coefficient (%)	γ = Intercept factor
Acrylic Mirror	81.64	0.186
Chrome Sticker	70.60	0.231
Aluminium Foil Tape	69.41	0.172

Reflektor yang dipakai pada penelitian ini akan dipasang pada setiap sisi panel surya dengan parameter seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Parameter peletakan *reflector* [20]

Analisis yang dilakukan adalah membandingkan daya *output* dan menentukan harga reflektor per kWh *output* panel surya, sehingga dapat menentukan reflektor mana yang paling ideal digunakan. Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan harga reflektor per kWh.

Penambahan reflektor dianalisis dengan menggunakan contoh kasus. Pada contoh kasus ini akan dihitung perkiraan harga reflektor per kWh dari output panel surya, maka dibutuhkan perkiraan harga reflektor yang disesuaikan dengan luas reflektor yang digunakan pada sistem dan dibutuhkan perhitungan tegangan output awal panel surya sebelum ditambah reflektor dan menghitung kWh nya dengan mengalikan *output* panel surya dengan PSH (*Peak Solar Hours*). Contoh kasus ini bertujuan agar dapat menggambarkan metode dari analisis yang akan diterapkan di lapangan.

Diasumsikan nilai dari radiasi DNI (*Direct Normal Irradiation*) berdasarkan [21] pada lokasi sekitar Ciumbuleuit adalah 2,863 kWh/m². Dari nilai DNI dapat dihitung menggunakan rumus yang sudah ada yaitu:

$$PSH = \frac{2,863kWh/m^2}{1kW/m^2} = 2,863jam \quad (12)$$

Nilai 2,863 adalah nilai lamanya matahari menyinari secara langsung. Lalu diasumsikan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya tipe GH50M-18 yaitu hanya 40% dari maksimal dengan tegangan 7,2V dan arus 1,12A.

$$P = 7,2V * 1,12A = 8,0064W \quad (13)$$

$$Nilai kWh = (8,0064/1000) * 2,863 = 0,0229kWH$$

Sebelumnya, berdasarkan harga reflektor yang beredar di marketplace, diasumsikan biaya untuk memenuhi

kebutuhan *dual axis solar panel* adalah :

1. Cermin datar = Rp 250.869
2. Aluminium Foil = Rp 4.229
3. Scotlight = Rp 160.804

Kemudian diasumsikan berdasarkan jurnal, besar dari peningkatan *output* pada masing-masing reflektor adalah :

1. Cermin datar : 24%
2. Aluminium foil : 70%
3. Scotlight : 20%

Maka dari asumsi data peningkatan *output* panel surya diatas didapat *output* panel surya dengan masing-masing reflektor :

1. Cermin datar = 124% * 8 = 9.928W
2. AluminiumFoil = 170% * 8 = 13.61W
3. Scotlight = 120% * 8 = 9.607W

Perhitungan diatas didapat dari besar dari peningkatan *output* masing-masing reflektor berdasarkan jurnal, lalu dikalikan dengan hasil dari *output* panel surya pada perhitungan 3.6. Maka didapat harga per penambahan kWh setiap reflektor adalah :

$$Cermindatar = \frac{Rp250.869}{1,928W * 2,863jam} = Rp45.448/kWH$$

$$AluminiumFoil = \frac{Rp4229}{5,61W * 2,863jam} = Rp263/kWH$$

$$Scotlight = \frac{Rp160.804}{1,607W * 2,863jam} = Rp34.951/kWH$$

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil adalah berupa perancangan awal dari *dual axis solar tracking system* dengan metode *fuzzy logic* dan penambahan reflektor berupa cermin datar, *aluminium foil* dan *chrome sticker (scotlight)*. Dimana pada penelitian selanjutnya akan dianalisis reflektor yang paling baik dari sisi harga dan performa jika diimplementasikan pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. J. Sangster, "Engineering the early demise of fossil fuels," *Int. J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 3, no. 6, pp. 115–122, 2014
- [2] M. I. M. Fardani, "Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel," *Skripsi*, 2018.
- [3] S. E. Gun, *Peningkatan Efisiensi Panel Surya Monocrystalline dengan Menggunakan Metode Water Treatments dan Solar Tracking Dual-Axis Metode Fuzzy Logic*, no. 2016630027. Universitas Katolik Parahyangan, 2020.
- [4] N. Nam, "Solar Tracking System," *SSRN Electron. J.*, no. May, 2022, doi: 10.2139/ssrn.4032309
- [5] D. T. P. Wijesuriya, K. D. S. H. Wickramathilaka, L. S. Wijesinghe, D. M. Vithana, and H. Y. R. Perera, "Reduction of Solar PV Payback Period Using Optimally Placed Reflectors," *Energy Procedia*, vol. 134, pp. 480–489, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.606.
- [6] S. Ahmed, M. Mahmudul, A. Mia, S. Acharjee, and A. A. Ansary, "More Efficient Use Of Photovoltaic Solar Panel Using Multiple Fixed Directed Mirrors Or Aluminum Foils Instead Of Solar Trackers In Rural Perspective Of Bangladesh.," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 294–298, 2014.
- [7] S. E. Ghasemi and A. A. Ranjbar, "Thermal performance analysis of solar parabolic trough collector using nanofluid as working fluid: A CFD modelling study," *J. Mol. Liq.*, vol. 222, pp. 159–166, 2016, doi: 10.1016/j.molliq.2016.06.091
- [8] <https://bibitbunga.com/product/pompa-air-high-pressure-dc-12v-mini-diaphragm-pump-> [Online; accessed 11-06-2022]
- [9] R. Dickson, "Linear Actuator basics - How does a Linear Actuator work?" <https://www.firgelliauto.com/blogs/actuators/how-does-a-linear-actuator-work>, 2019, [Online; accessed 24-04-2022]
- [10] <https://www.ubuy.co.id/en/product/1J15K4SKI-> [Online; accessed 11-06-2022].
- [11] <https://elektrologi.iptek.web.id/accu-12v-6ah-berapa-watt/>, [Online; accessed 11-06-2022]
- [12] K. Fadhullullah, "Solar tracking system berbasis arduino," Repositori UIN Alauddin, 2017
- [13] K. A. Moharram, M. Abd-Elhady, H. Kandil, and H. El-Sherif, "Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 4, no. 4, pp. 869–877, 2013.
- [14] F. Wahab, A. Sumardiono, A. R. A. Tahtawi, and A. F. A. Mulayari, "Desain dan purwarupa fuzzy logic control untuk pengendalian suhu ruangan," 2017.
- [15] M. M. Zakariah, "Logika fuzzy," <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/masduki-zakariah-mt/fuzzy-sets-compatibility-mode.pdf>, [Online; accessed 24-04-2022].
- [16] B. Siefert, "Adafruit BH1750 Ambient Light Sensor," <https://learn.adafruit.com/adafruit-bh1750-ambient-light-sensor>, 2020, [Online; accessed 24-04-2022].
- [17] Components101, "BH1750 - Ambient Light Sensor," <https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor>, 2019, [Online; accessed 24-04-2022].
- [18] T.-D. Wu, K.-S. Chen, J. Shi, and A. K. Fung, "A transition model for the reflection coefficient in surface scattering," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 39, no. 9, pp. 2040–2050, 2001.
- [19] B. H. UPADHYAY, "Design optimization and performance analysis of solar parabolic trough collector," Ph.D. dissertation, GUJARAT TECHNOLOGICAL UNIVERSITY AHMEDABAD, 2020
- [20] M. Alif Ismail, K. A. Ramanathan, M. Hafizi Idris, K. Ananda-Rao, M. Mazlan, and N. Fairuz, "Improving the performance of solar panels by the used of dual axis solar tracking system with mirror reflection," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1432, no. 1, 2020
- [21] <https://globalsolaratlas.info/map?c=6.863709,107.609837,11&s=-6.863709,107.609837&m=site>, [Online; accessed 14-06-2022].