

PERANCANGAN ALAT PREDIKSI CUACA UNTUK KENDALI SUMBER DAYA AKUARIUM TENAGA SURYA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

PLANNING OF WEATHER PREDICTION TOOLS TO CONTROL SOLAR POWERED AQUARIUM RESOURCES USING FUZZY LOGIC METHOD

Rafli Maisyadiva¹, Hilal Hudan Nuha², Rio Guntur Utomo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknologi Informasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom

¹braflibizink@student.telkomuniversity.ac.id, ²hilalnuha@telkomuniversity.ac.id,

³riogunturutomo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Di dalam zaman yang semakin maraknya inovasi ini, perkembangan teknologi sangat pesat. Teknologi merupakan suatu hal yang diimplementasikan menjadi alat untuk menunjang berbagai kegiatan manusia. Dalam kegiatan pembudidayaan sumber daya air, banyak teknologi yang dimanfaatkan untuk memudahkan aktivitas pembudidayaan. Sebagai contoh dalam hal kendali sumber daya surya dan listrik pada akuarium berdasarkan kondisi perkiraan cuaca. Dengan kemajuan teknologi di bidang IoT (Internet of Things) yang cukup pesat, dapat diciptakan suatu alat untuk mengendalikan sumber daya akuarium dengan cara dan kalkulasi yang efektif dan presisi. Agar pergantian sumber daya berdasarkan cuaca yang digunakan akuarium lebih akurat diperlukan metode Fuzzy Logic. Digunakan tiga parameter untuk dapat menentukan kondisi cuaca yaitu suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya yang ketiganya dapat dijadikan sebagai masukan dari proses Fuzzy Logic. Sehingga dari proses dan aturan pada fuzzy diperoleh hasil yang dapat menentukan perkiraan cuaca. Dari perkiraan cuaca, alat menentukan sumber daya surya atau listrik yang sebaiknya digunakan pada akuarium. Tingkat akurasi alat ini dalam mendeteksi cuaca memiliki minimal nilai akurasi 60%.

Kata kunci : *Fuzzy Logic*, *Akuarium*, *Perkiraan Cuaca*

Abstract

In this era of increasingly widespread innovations, technological developments are very rapid. Technology is something that is implemented as a tool to support various human activities. In water resources cultivation activities, many technologies are used to facilitate cultivation activities. For example, in the case of controlling solar and electrical resources in an aquarium based on forecasted weather conditions. With the rapid technological advances on the Internet of Things field, a tool can be created to control aquarium resources in an effective and precise way and calculation. So that the change of resources based on the weather used by the aquarium is more accurate, a Fuzzy Logic method is needed. Three parameters are used to determine weather conditions, namely temperature, humidity, and light intensity, all of which can be used as input for the Fuzzy Logic process. So, from the processes and rules on fuzzy results obtained that can determine the weather forecast. From the weather forecast, the tool determine which solar or electrical power resource should be used in the aquarium. The accuracy of this tool in detecting the weather has a minimum accuracy value of 60%.

Keywords: *Fuzzy Logic*, *Aquarium*, *Weather Forecast*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Semakin majunya perkembangan dalam bidang TI (Teknologi Informasi) memberi peranan yang sangat penting di segala aspek kehidupan. Dengan kemajuan perkembangan TI pada saat ini sangat memudahkan setiap manusia dalam memenuhi berbagai kebutuhan mereka. TI yang ada pada saat ini, dapat melakukan pengolahan data dan menghasilkan suatu informasi yang bermanfaat dengan sangat mudah, akurat, dan efisien, sehingga juga dapat menghemat biaya yang dikeluarkan.

Salah satu pencapaian dalam perkembangan TI adalah di sektor pembudidayaan air. Dalam pebudidaya air seperti akuarium, sumber daya sangatlah penting demi menjaga mesin dan alat-alat akuarium lainnya tetap berjalan dengan baik dalam memelihara akuarium. Penggunaan sumber daya yang tidak stabil dan tidak sesuai dapat menyebabkan kerugian seperti tidak bekerjanya peralatan akuarium dengan baik dan mahal biaya yang digunakan oleh akuarium.

Sumber daya yang ada pada saat ini sudah banyak asalnya, salah satunya yang banyak digunakan adalah tenaga surya dan listrik. Keduanya terdapat kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Tenaga surya sangat murah untuk digunakan karena tenaga yang dihasilkan diperoleh dari matahari. Akan tetapi, tenaga surya perlu memperhatikan kondisi cuaca dan waktu untuk dapat digunakan. Ketika cuaca sedang mendung bahkan hujan lebat, sinar matahari tertutup oleh awan, sehingga aliran tenaga surya tidak dapat digunakan. Sedangkan tenaga listrik sangat mudah digunakan karena dapat digunakan dalam kondisi apapun. Tetapi, dengan terusnya menggunakan tenaga listrik, biaya yang harus dibayar juga menjadi sangat mahal tergantung pemakaian.

Dengan memanfaatkan kedua sumber daya, keefisienan penggunaan dan penghematan biaya dapat diperoleh. Dalam perancangan ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat mengubah aliran sumber daya pada akuarium. Alat yang dibuat mengidentifikasi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic yang kemudian menentukan akuarium untuk menggunakan tenaga surya atau aliran listrik. Sehingga, akuarium yang terdapat pada SEIN farm (Skemalala Integrated Farming) dapat berjalan stabil di semua kondisi dan biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan akuarium juga dapat dikurangi.

1.2 Topik dan Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut merupakan rumusan masalah yang akan dievaluasi oleh penulis yaitu, Bagaimana alur proses pengidentifikasian cuaca menggunakan metode *Fuzzy Logic* dan mengaplikasikannya pada alat IoT. Kemudian bagaimana alat menentukan sumber daya pada akuarium berdasarkan pengidentifikasian cuaca yang telah dihitung. Selain itu, bagaimana proses perakitan alat yang akan dibuat.

1.3 Batasan Masalah

Mengacu terhadap rumusan masalah, adapun tujuan dari penulisan ini yaitu, mengimplementasikan alur pengidentifikasian cuaca menggunakan metode *Fuzzy Logic* ke dalam alat yang akan dibuat. Serta memprogram alat untuk menentukan dan mengubah aliran daya pada akuarium. Selain itu, menjelaskan perancangan dan skema lat perkiraan cuaca yang akan dibuat.

2. Dasar Teori

2.1 Fuzzy Logic (Sistem Fuzzy)

Fuzzy Logic atau Logika fuzzy merupakan salah satu pola berpikir dalam komputasi yang melakukan pendekatan berdasarkan “derajat kebenaran” melainkan pada logika biner (benar atau salah). Logika fuzzy sudah banyak diterapkan dalam algoritma komputasi modern dalam memecahkan masalah yang rumit. Cara kerja pada logika ini pada umumnya dengan menghitung spektrum data dan menilainya secara heuristik yang kemudian akan diolah menjadi berbagai kesimpulan yang akurat [1].

Logika fuzzy berfokus pada studi matematika tentang logika multinilai. Sedangkan logika biasa hanya berdasarkan pada kebenaran mutlak. Logika fuzzy bekerja dengan menangani himpunan data dengan definisi relatif atau subjektif. Seperti dengan pemikiran subjektif manusia, logika ini menganalisis suatu masalah dan mengambil keputusan dari masalah tersebut dengan mengandalkan nilai-nilai yang samar atau kurang tepat daripada kebenaran atau kesalahan mutlak [2].

2.2 Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler Arduino adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip yang dirancang untuk mengerjakan satu atau beberapa tugas yang spesifik. Mikrokontroler Arduino juga merupakan sebuah sistem mikroprosesor yang terdiri dari CPU (Central Processing Unit), ROM (Read-only Memory), RAM (Random Access Memory), Input/Output, Clock, dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan teralamatasi dengan baik oleh pabrik pembuatannya. Sehingga, pengguna hanya tinggal memprogram mikrokontrollernya untuk melaksanakan tugas sesuai kemauannya [3].

Mikrokontroler yang umum digunakan adalah mikrokontroler berbasis ATmega328, yaitu Arduino Uno. Arduino Uno memiliki 14 pin input di mana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse-width modulation) dan 6 pin input analog. Setiap 14 pin digital pada

Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output yang dapat diimplementasikan menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead() [3].

2.3 Sensor DHT22

DHT22 merupakan suatu komponen tambahan dalam mikrokontroler yang berfungsi sebagai sensor pendeteksi kelembaban dan temperatur. DHT sendiri merupakan singkatan dari digital (D), humidity (H), dan temperature (T). Sensor ini sangat murah dan praktis sehingga banyak sekali digunakan dalam analisis cuaca [4].

DHT22 juga merupakan suksesor dari versi dahulunya DHT11. Dibanding dengan pendahulunya, DHT22 memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan interval nilai kelembaban dan suhu yang lebih luas.

2.4 Sensor LDR

LDR (Light Dependant Resistant) merupakan salah satu komponen resistor yang nili resistansinya akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenai sensor ini. LDR dibentuk dari CDS (Cadium Sulfide) yang dapat ditemukan pada keramin-keramin. Prinsip kerja LDR ini pada saat mendapatkan cahaya tahanannya akan turun, sehingga saat LDR mendapatkan kuat cahaya terbesar maka tegangan yang dihasilkan adalah yang tertinggi [5].

2.5 Cuaca

Cuaca merupakan suatu keadaan yang terjadi di atmosfer, langit, atau udara di bumi. Cuaca meliputi perubahan suhu, angin, curah hujan, dan sinar matahari. Cuaca terjadi karena suhu dan kelembaban yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya [6].

Perubahan cuaca sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor di sekitar daerah tersebut. Salah satunya adalah sudut pandang matahari dan kemiringan sumbu bumi yang memengaruhi kondisi udara di setiap daerah berbeda-beda [6].

3. Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor DHT22

Dalam melakukan pengujian DHT22, peneliti menggunakan alat uji OneMed Thermo-hygrometer Clock type HTC 2 (HTC) yang juga menangkap parameter suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban (%Rh). Kelebihan yang dimiliki alat ini adalah menampilkan data parameter dalam digital juga memiliki fitur alarm yang dapat berfungsi sebagai pengingat pengambilan data dalam pengamatan.

a. Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil ukur suhu dalam Celsius dari HTC. Data yang diuji terdapat sebanyak 10 data yang diambil setiap 10 menit di luar ruangan. Dalam pencatatan, sensor DHT22 terkoneksi dengan internet dan data suhu diteruskan ke Firebase. Sedangkan untuk HTC dilakukan pengamatan dan pencatatan secara manual.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Suhu antara Sensor DHT 22 dan HTC

No.	Waktu	DHT22 ($^{\circ}\text{C}$)	HTC ($^{\circ}\text{C}$)	Error (%)
1	16:28	27.80	27.50	1.09
2	16:38	26.70	26.30	1.52
3	16:48	26.50	26.10	1.53
4	16:58	26.20	26.10	0.38
5	17:08	26.50	26.30	0.76
6	17:18	26.30	25.90	2.31
7	17:28	26.50	26.50	0
8	17:38	25.80	25.40	1.57
9	17:48	25.70	25.50	0.78
10	17:58	25.90	25.50	1.56
Rata-rata				1.15

b. Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban dilakukan dengan membandingkan hasil ukur kelembaban dalam persentase RH dari HTC. Data yang diuji terdapat sebanyak 10 data yang diambil setiap 10 menit di luar ruangan. Dalam pencatatan, sensor DHT22 terkoneksi dengan internet dan data kelembaban diteruskan ke Firebase. Sedangkan untuk HTC dilakukan pengamatan dan pencatatan secara manual.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Kelembaban antara Sensor DHT22 dan HTC

No.	Waktu	DHT22 (%Rh)	HTC (%RH)	Error (%)
1	16:28	77	82	6.09
2	16:38	72	84	14.28
3	16:48	72	85	15.29
4	16:58	73	85	14.11
5	17:08	71	85	16.47
6	17:18	72	86	16.27
7	17:28	72	82	12.19
8	17:38	70	81	13.58
9	17:48	69	85	18.82
10	17:58	73	86	15.11
Rata-rata				15.33

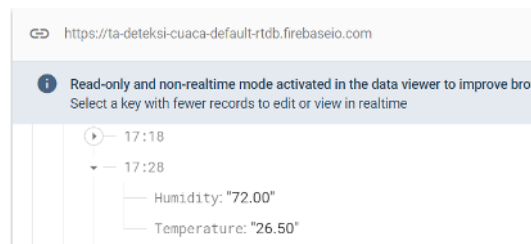
Persentase error antara DHT22 dan HTC dalam menangkap nilai suhu memiliki nilai tertinggi 2,31% dan nilai terendah 0%. Sedangkan, dalam menangkap nilai kelembaban memiliki nilai tertinggi 18.82% dan nilai terendah 6.09%. Error terjadi dikarenakan terdapat perbedaan nilai antara alat yang diukur dengan alat ukur. Perbedaan tersebut dikarenakan tingkat akurasi pada tiap sensor berbeda-beda. Dilihat dari spesifikasi HTC dijelaskan bahwa mungkin terjadinya perbedaan data alat ukur sebesar ± 1 °C untuk suhu dan $\pm 5\%$ RH untuk kelembaban. Dari data yang telah diuji menunjukkan bahwa perbedaan DHT22 dan HTC dalam mengambil data suhu hanya berbeda ± 1 °C. Sedangkan perbedaan pengambilan data kelembaban berbeda $\pm 12\%$ RH. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu $>90\%$ untuk mengukur suhu dan $>80\%$ untuk mengukur kelembaban.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Pengujian Sensor DHT22

(a) HTC-2 pada Jam 17.28

(b) Mikrokontroler dan Sensor DHT22

(c) Data dari DHT22 pada Jam 17.28 di *Firebase*

3.2 Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan dengan cara mengamati LED D0 yang terdapat pada modul sensor. Pengujian dilakukan dalam ruangan gelap dan menggunakan lampu flash yang ada pada smartphone. Sensitivitas cahaya pada sensor LDR disetel pada putaran tertinggi searah jarum jam.

Selain itu, jarak antara LDR dan smartphone beserta tingkat kecerahan lampu flash diatur sedemikian rupa. Hasil pengujian sensor dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Pengujian Sensor LDR

Tingkat Kecerahan	Jarak (cm)	LED D0 (Nyala/Tidak)	Nilai bit
Tidak Menyala	30	Tidak	1024
Level 1	30	Nyala	450
Level 1	40	Tidak	550
Level 2	40	Nyala	400
Level 2	50	Tidak	500
Level 3	50	Nyala	360
Level 3	70	Tidak	480
Level 4	70	Nyala	415
Level 4	80	Tidak	480

Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sensor LDR mendeteksi cahaya dengan baik. LED D0 mengindikasikan bahwa sensor menerima cahaya yang cukup terang. Dari tabel di atas menunjukkan bahwa interval nilai analog untuk klasifikasi terang adalah 0 – 479. Sedangkan untuk klasifikasi gelap, nilai minimumnya dimulai dari 480 hingga 1024.



Gambar 2. Pengujian Sensor LDR

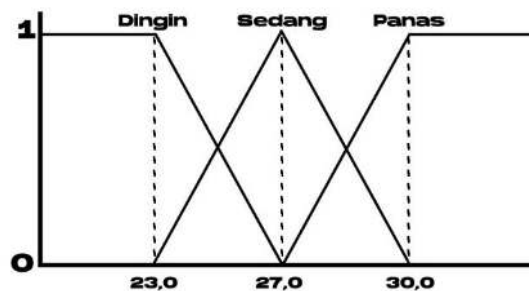
3.3 Perancangan Logika Fuzzy

a. Fuzzifikasi

Tahap ini bertujuan untuk merubah nilai masukan yang bersifat crisp ke dalam himpunan fuzzy serta menentukan model fuzzy masing-masing variabel. Sistem ini memiliki tiga variabel masukan yang akan difuzzifikasi ke dalam himpunan fuzzy. Ketiga variabel masukan itu antara lain adalah suhu, kelembaban, dan cahaya. Setiap masukan memiliki tiga kategori nilai keanggotaan. Penentuan model fuzzy digunakan kurva segitiga dengan domain nilai masing-masing variabel diambil berdasarkan hasil observasi. Berikut adalah model fuzzy dari setiap variabel masukan.

- Model Fuzzy Suhu

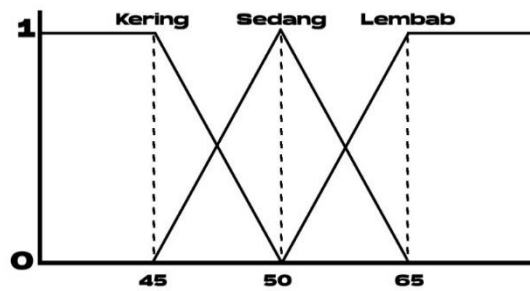
Bentuk model fuzzy suhu dapat dilihat pada Gambar 3.



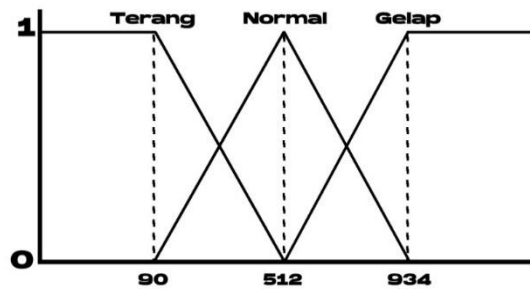
Gambar 3. Model Fuzzy Suhu

- Model Fuzzy Kelembaban

Bentuk model fuzzy suhu dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Model *Fuzzy* Kelembaban

- Model *Fuzzy* Cahaya
Bentuk model *fuzzy* suhu dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Model *Fuzzy* Cahaya

b. Basis Aturan

Aturan logika *fuzzy* dibuat berdasarkan banyaknya kategori nilai keanggotaan dari variabel masukan. Dari ketiga variabel masing-masing memiliki tiga kategori nilai keanggotaan yang membentuk 27 aturan. Aturan dibuat berfungsi untuk menghubungkan antara masukan dan keluaran dengan menggunakan operator AND. Beberapa contoh aturan logika *fuzzy* dalam prediksi cuaca dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini:

Tabel 4. Basis Aturan yang Digunakan

No.	Aturan
1	IF Suhu dingin AND Kelembaban kering AND Cahaya terang → Cerah
2	IF Suhu dingin AND Kelembaban kering AND Cahaya normal → Mendung
3	IF Suhu dingin AND Kelembaban kering AND Cahaya gelap → Hujan

c. Inferensi

Metode inferensi yang digunakan adalah Fungsi Implikasi, di mana fungsi mengambil nilai luaran dari nilai terkecil yang berada di dalam himpunan. Fungsi Implikasi dapat dituliskan dengan $\text{MIN}(x_1 \text{ AND } x_2 \text{ AND } x_n)$.

d. Defuzzifikasi

Pada proses defuzzifikasi dihasilkan tiga buah nilai linguistik untuk menentukan kondisi cuaca dalam model fuzzy singleton. Model fuzzy nilai linguistik kondisi cuaca dapat dilihat pada Gambar 6. di bawah ini:

Gambar 6. Model *Fuzzy* Cuaca

3.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Setelah melakukan pengujian sensor-sensor dan menentukan proses Fuzzy Logic, selanjutnya dilakukan pengujian secara keseluruhan terhadap alat pendeteksi cuaca. Adapun tahapan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan semua sensor-sensor dan perangkat yang digunakan seperti DHT22, Modul LDR, dan Relay pada mikrokontroler.
2. Menghubungkan mikrokontroler dengan sumber daya listrik melalui port micro-usb ke PC yang digunakan.
3. Mengunggah algoritma yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler dengan menggunakan Arudino IDE
4. Pengujian alat dilakukan di ruangan terbuka SEIN Farm (Kabupaten Cibiru) selama lima hari. Saat pengujian ini, mikrokontroler disambungkan dengan sumber daya listrik dari router Wi-Fi SEIN Farm.
5. Alat akan menjalankan algoritma yang sudah terpasang pada mikrokontroler. Sensor DHT22 dan sensor LDR akan melakukan pengambilan data suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya di sekitar alat untuk dijadikan parameter masukan dalam perhitungan fuzzy logic.
6. Parameter masukan yang telah diambil oleh sensor kemudian diproses menggunakan fuzzy logic yang sebelumnya sudah terpasang pada mikrokontroler.
7. Setelah pemrosesan fuzzy logic selesai, akan didapatkan hasil keluaran berupa kondisi cuaca yang sedang terjadi di daerah sekitar SEIN Farm. Data-data masukan dan keluaran dikirim dan disimpan ke Firebase untuk dilakukan perbandingan antara kondisi cuaca yang dikeluarkan alat dengan kondisi cuaca terjadi pada daerah SEIN Farm.

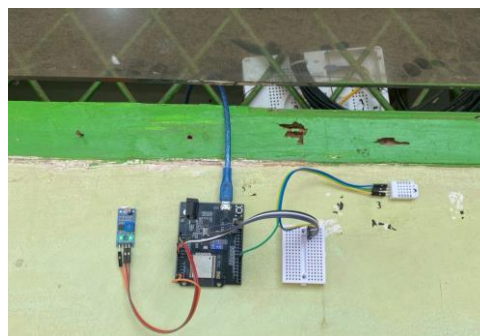
Hasil perbandingan sistem tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kondisi Cuaca

No	Jam	Data Sensor			Perbandingan Kondisi Cuaca		Hasil
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Cahaya	Alat	Aktual	
1	9.00	24.5	74	4	Mendung	Cerah	TS
2	9.30	25.1	70	3	Mendung	Cerah	TS
3	10.00	25.7	67	8	Cerah	Cerah	S
4	10.30	26.3	62	3	Cerah	Cerah	S
5	11.00	26.8	60	7	Cerah	Cerah	S
6	11.30	28.7	56	0	Cerah	Cerah	S
7	12.00	29.7	51	0	Cerah	Cerah	S
8	12.30	29.9	49	1	Cerah	Cerah	S
9	13.00	30.0	50	0	Cerah	Cerah	S
10	13.30	30.3	49	0	Cerah	Cerah	S

Dari keseluruhan 100 data yang telah diambil, diolah, dan dibandingkan. Dari 100 data yang dikeluarkan oleh alat, sebanyak 61 data yang sesuai dengan kondisi cuaca yang dirilis oleh freeweather.co.id. Kesesuaian data yang diperoleh menyimpulkan bahwa alat memiliki nilai akurasi 61%. Dengan demikian, alat sudah dapat memprediksi cuaca dengan cukup baik.

3.5 Implementasi Alat



Gambar 7. Alat Prediksi Cuaca

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa alat prediksi cuaca diletakkan di luar ruangan untuk mengambil data parameter secara akurat. Alat ditempel menggunakan double-tape pada semua komponen dan mikrokontroler disambungkan menggunakan aliran daya dari router Wi-Fi SEIN Farm. Hasil pengambilan parameter dan prediksi cuaca dapat dipantau pada laman firebase.



Gambar 8. Relay Pengganti Arus Sumber Daya

Hasil prediksi cuaca oleh alat kemudian diteruskan ke relay untuk menentukan sumber daya yang digunakan oleh akuarium. Pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwa lampu sebelah kanan menyala hijau yang berarti relay telah mengganti sumber daya akuarium menjadi menggunakan tenaga surya. Jika lampu sebelah kiri menyala hijau, artinya relay telah mengganti sumber daya akuarium menjadi menggunakan aliran listrik.

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian alat pendeteksi cuaca untuk kendali sumber daya akuarium dapat digunakan tiga parameter untuk memprediksi cuaca dan menentukan sumber daya akuarium, yaitu suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Semua parameter itu dibaca oleh sensor DHT22 dan LDR kemudian diolah menggunakan algoritma fuzzy logic oleh mikrokontroler. Hasil perancangan algoritma dan alat menghasilkan tingkat akurasi 61% dalam memprediksi cuaca.

Adapun saran dari penulis untuk perancangan dan pengembangan kedepannya untuk meningkatkan hasil yang maksimal yaitu:

1. Sensor untuk membaca suhu dan kelembaban dapat diganti menggunakan sensor AHT20 yang di mana memiliki tingkat akurasi yang sama dengan DHT22 namun dengan konektor I2C (*Inter-Integrated Circuit*) yang dapat meneruskan data dengan lebih baik.
2. Parameter intensitas cuaca yang dibaca oleh sensor LDR dapat diganti dengan parameter lain agar alat dapat memprediksi cuaca selama 24 jam. LDR hanya membaca gelap secara konsisten pada malam hari sehingga perhitungan *fuzzy logic* menjadi kurang optimal.
3. Dapat ditambahkan parameter lain seperti kecepatan angin, arah angin, dan tekanan udara untuk meningkatkan tingkat akurasi alat.

Daftar Pustaka:

- [1] W. Chai, "What is Fuzzy Logic?," Jun. 01, 2021. <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/fuzzy-logic#:~:text=Fuzzy%20logic%20is%20an%20approach,at%20Berkeley%20in%20the%201960s>. (accessed Apr. 08, 2022).
- [2] G. Scott, "Fuzzy Logic," Nov. 02, 2021. <https://www.investopedia.com/terms/f/fuzzy-logic.asp> (accessed Apr. 08, 2022).
- [3] A. Ardiansyah and O. Hiadayatama, "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino ATmega 328P," vol. 4, no. 3, 2013.
- [4] Y. A. W. Putra, "Kontroler Lengan Robot berbasis Smartphone Android," 2015.
- [5] E. Fahad, "DHT11 Vs DHT22, LM35, and DS18B20: Arduino Interfacing and Programming," Apr. 11, 2021. <https://www.electronicclinic.com/dht11-vs-dht22-lm35-and-ds18b20-arduino-interfacing-and-programming/> (accessed Apr. 09, 2022).
- [6] Y. Mirza and A. Firdaus, "LIGHT DEPENDENT RESISTANT (LDR) SEBAGAI PENDETEKSI WARNA," JUPITER, vol. 8, no. 1, pp. 39–45, Apr. 2016.
- [7] S. A. Ackerman and J. Martin, "What makes the weather," May 18, 2020. <https://wxguys.ssec.wisc.edu/2020/05/18/sun-makes-weather/> (accessed Apr. 12, 2022).

- [8] F. T. Nugroho, "Pengertian Cuaca, Unsur-Unsur, Jenis, dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan," Jan. 14, 2021. <https://www.bola.com/ragam/read/4457203/pengertian-cuaca-unsur-unsur-jenis-dan-pengaruhnya-terhadap-kesehatan> (accessed Apr. 12, 2022).
- [9] C. Henson, "All the Different Types of Weather," Jul. 16, 2021. <https://www.tomorrow.io/weather/blog/types-of-weather/> (accessed Apr. 12, 2022).
- [10] G. Hemalatha, K. S. Rao, and D. A. Kumar, "Weather Prediction using Advanced Machine Learning Techniques," in *Journal of Physics: Conference Series*, Nov. 2021, vol. 2089, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/2089/1/012059.
- [11] A. M. Harahap, "ANALISA TEKNIK FUZZY LOGIC MAMDANI UNTUK MENENTUKAN PERKIRAAN CUACA," Medan, Dec. 2020.
- [12] V. Kurniati, D. Triyanto, T. Rismawan, J. Sistem Komputer, and F. H. MIPA Universitas Tanjungpura Jl Hadari Nawawi, "PENERAPAN LOGIKA FUZZY DALAM SISTEM PRAKIRAAN CUACA BERBASIS MIKROKONTROLER [1]," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 05, no. 2, pp. 119–128, 2017.
- [13] F. Hidayat, "IMPLEMENTASI FUZZY PADA SISTEM PENGIDENTIFIKASI CUACA DI TEMPAT WISATA BERBASIS ARDUINO UNO DAN LABVIEW," Yogyakarta, Aug. 2018.
- [14] I. H. Wele, N. D. Rumlaklak, and M. Boru, "Sistem Peramalan Cuaca dengan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: BMKG Lasiana)," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 163–169, Oct. 2020, doi: 10.35508/jicon.v8i2.2883.
- [15] P. S. Peramalan..., E. S. Puspita, and L. Yulianti, "PERANCANGAN SISTEM PERAMALAN CUACA BERBASIS LOGIKA FUZZY," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, no. 1, Feb. 2016.