

Sistem Kendali Lampu Otomatis Multisensor Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control* Inferensi Sugeno Berbasis Mikrokontroler

Andi Tenriawaru¹, Rizal Adi Saputra², Muhammad Yusril³

^{1,3}Ilmu Komputer, ²Teknik Informatika

Universitas Halu Oleo

Kendari, Indonesia

e-mail: ¹atenriawaru36@gmail.com, ²rizaladisaputra@uho.ac.id, ³yusrilmuhammad006@gmail.com

Diajukan: 24 September 2022; Direvisi: 13 Maret 2023; Diterima: 24 Agustus 2023

Abstrak

Pemborosan listrik sering disebabkan karena lupa mematikan lampu. Sakelar lampu rumah kebanyakan masih menggunakan sakelar manual yang terpasang pada masing-masing panel baik untuk mematikan maupun untuk menyalakan lampu. Jika rumah mempunyai daerah yang luas atau lantai bertingkat akan mengakibatkan kesulitan dan menghabiskan banyak waktu atau tenaga ketika akan menyalakan atau mematikan lampu, karena sakelarnya yang harus ditekan secara manual. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sistem kendali lampu otomatis multisensor menggunakan metode fuzzy logic control inferensi Sugeno berbasis mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan sensor Light Dependent Resistor (LDR) dan sensor ultrasonik. Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi cahaya sekitar yang disimulasikan dengan cara mendekatkan dan menjauhkan sumber cahaya ke sensor LDR, sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi gerakan yang memasuki ruangan. Masukan dari sensor diproses oleh mikrokontroler menggunakan metode fuzzy Sugeno yang melalui proses fuzzyfikasi, aplikasi fungsi implikasi dan defuzzyfikasi. kemudian hasil pengolahan data akan menghasilkan lampu padam atau menyala. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan intensitas cahaya yang berbeda-beda berdasarkan fungsi keanggotaan gelap, redup dan terang pada sensor LDR dan sensor ultrasonik melakukan gerakan berdasarkan fungsi keanggotaan dekat, sedang dan jauh yang telah dibuat. Dilakukan 90 percobaan terhadap rule yang telah dibuat dan diperoleh persentase keberhasilan 100%.

Kata kunci: Lampu otomatis, Sensor LDR, Sensor ultrasonik, Mikrokontroler, Fuzzy Sugeno.

Abstract

Waste of electricity is often caused by forgetting to turn off the lights. Most home light switches still use manual switches attached to each panel either turn off or turn on the lights. If the house has a large area or multilevel floors, it will cause difficulties and spend a lot of time or energy when turning on or turning off the lights, because the light switch must be pressed manually. This study aimed to produce a multisensor automatic light control system using the microcontroller-based Sugeno inference of fuzzy logic control method. This study uses a Light Dependent Resistor (LDR) and an ultrasonic sensor. The LDR sensor is adopted to detect the simulated ambient light by bringing the light source closer and further away from the LDR sensor. The ultrasonic sensor is required to detect movement entering the room. The input from the sensor is processed by the microcontroller using the Sugeno fuzzy method that goes through the fuzzification, implication function application, and defuzzification process. Besides, the results of data processing will produce lights off or on. The test is carried out by providing different light intensities based on the dark, dim, and bright membership functions on the LDR sensor also the ultrasonic sensor performs movements based on the near, medium, and far membership functions which have been established. According to 90 trials were carried out on the rules that had been made and a success percentage of 100% was obtained.

Keywords: Automatic light, LDR sensor, Ultrasonic sensor, Microcontroller, Fuzzy Sugeno.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 yang semakin canggih dapat menunjang hampir seluruh kegiatan masyarakat yang sedang beraktivitas baik di luar maupun di dalam rumah sehingga dapat mempermudah aktivitas masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa pentingnya kepraktisan dan efisiensi dalam berbagai bidang kehidupan manusia[1].

Manusia sangat membutuhkan daya listrik dalam kehidupannya. Sebagian besar peralatan elektronik membutuhkan daya listrik agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Namun, pengguna daya listrik itu tersebut sering kurang memperhatikan penggunaannya[2]. Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah penduduk yang sangat banyak, sehingga membutuhkan pasokan energi listrik yang tidak sedikit. Sedangkan persediaan pasokan listrik saat ini sangat terbatas. Hal ini memaksa penduduk untuk mengontrol penggunaan listrik. Pemborosan terbesar yang terjadi di rumah sendiri adalah penggunaan lampu yang tetap dihidupkan meski tidak dibutuhkan lagi. Padahal penggunaan lampu yang kurang efisien dapat menimbulkan pemborosan listrik yang pada akhirnya membuat tagihan listrik melonjak[3].

Microcontroller merupakan sebuah komputer kecil di dalam satu *Integrated Circuit* (IC) yang berisi *Central Processing Unit* (CPU), *timer*, memori, saluran komunikasi serial dan paralel, dan *Port input/output* (I/O). Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. *Microcontroller* dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk otomasi industri, pengendalian, telekomunikasi, dan akuisisi data. Keuntungan penggunaan mikrokontroler antara lain harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai yang diinginkan.

Arduino merupakan papan rangkaian sistem minimum mikrokontroler yang bersifat *open source*, berasal dari *wiring platform*, dirancang untuk mempermudah penggunaan alat elektronik dalam berbagai bidang. Arduino memiliki prosesor Atmel *Atmega* Risc (AVR) dan bahasa pemrograman sendiri. Arduino Uno R3 menggunakan ATMEGA328 sebagai mikrokontroler, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin *input* analog. Untuk pemrogramannya menggunakan koneksi *Universal Serial Bus* (USB) *type A to type B* seperti yang digunakan pada USB printer[4].

Penelitian yang berkaitan dengan sistem kendali lampu otomatis telah dilakukan oleh Mahardiananta, dkk (2021). Penelitian tersebut merancang sebuah alat yang berfungsi sebagai sakelar pemutus energi listrik secara otomatis saat orang meninggalkan ruangan. Alat tersebut menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) guna mengalirkan energi listrik saat orang memasuki ruangan dan memutus energi listrik saat orang meninggalkan ruangan[5]. Nano Sudin (2020) menghasilkan suatu alat yang memudahkan pengendalian lampu rumah dengan *smartphone* melalui koneksi *bluetooth* yang saling terhubung[6]. Sebelumnya, Imam Marzuki (2019) merancang sistem kendali menggunakan dua sensor, yaitu sensor PIR dan LDR[7]. Sementara itu sejauh ini peneliti belum menemukan penelitian mengenai sistem kendali lampu sensor LDR dan ultrasonik dengan metode Sugeno.

Fuzzy merupakan cabang dari logika yang menggunakan derajat keanggotaan pada himpunan sehingga keanggotaannya tidak hanya bersifat *true/false*. Secara bahasa, *fuzzy* berarti kabur, tidak pasti, atau tidak jelas. Secara istilah, *fuzzy* merupakan suatu bentuk representasi pengetahuan yang sesuai untuk masalah yang tidak dapat diselesaikan secara eksak, namun dapat disesuaikan dengan konteksnya. Logika *fuzzy* umumnya digunakan untuk masalah yang mengandung unsur ketidakpastian, ketidaktepatan, *noisy*, dan sebagainya. Salah satu metode *fuzzy* yaitu metode *fuzzy* Sugeno. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985[8]. Komputasi pada metode Sugeno efisien dan bekerja dengan baik untuk masalah optimasi dan teknik adaptif, sehingga metode ini menarik digunakan pada masalah kontrol, khususnya untuk sistem non linear dinamis[9].

Dengan adanya mikrokontroler dapat mempermudah seseorang dalam mengontrol sesuatu, sehingga penulis tertarik membuat sistem kendali lampu otomatis multisensor menggunakan *fuzzy* Sugeno untuk menggantikan sakelar manual jika ingin menyalakan atau mematikan lampu menggunakan mikrokontroler jenis arduino uno R3 yang berfungsi menjalankan suatu program berdasarkan nilai masukan dari sensor Ultrasonik dan sensor LDR.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode *fuzzy* inferensi Sugeno dalam membangun sistem kendali lampu otomatis multisensor. Metode ini dipilih karena komputasi pada metode Sugeno efisien dan bekerja dengan baik untuk masalah optimasi dan teknik adaptif. Teknik-teknik adaptif dapat digunakan untuk menyesuaikan fungsi keanggotaan[9].

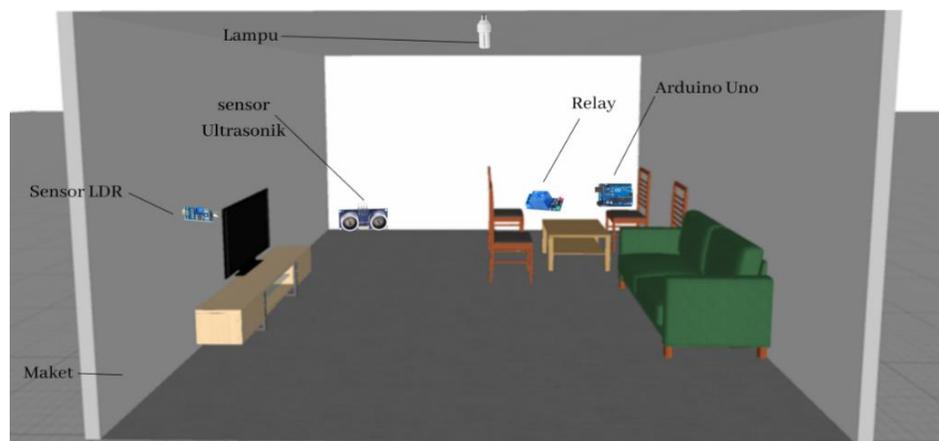
1. Fuzzifikasi
Pada tahapan fuzzifikasi, variabel *input (crisp)* dari sistem ditransfer ke dalam himpunan *fuzzy* agar dapat digunakan pada perhitungan nilai kebenaran dari premis untuk setiap aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Dengan kata lain, tahap ini adalah tahap pengambilan nilai-nilai *crisp* dan penentuan derajat keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai[10].
2. Aplikasi fungsi implikasi
Setiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* dihubungkan dengan sebuah relasi *fuzzy*. Bentuk umum aturan yang digunakan adalah IF x is X THEN y is Y dengan x dan y adalah skalar, X dan Y adalah himpunan *fuzzy*.
3. Penegasan (defuzzifikasi)
Suatu himpunan *fuzzy* yang didapat dari komposisi aturan *fuzzy* merupakan *input* dari proses defuzzifikasi. Sedangkan *output*-nya adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Relational Unified Process (RUP)* menggunakan pendekatan berulang atau *iterative* dengan urutan langkah-langkah tambahan. Untuk setiap iterasi terdiri dari sebagian fase pembangunan. Pada setiap iterasi yang berurutan dibangun dari hasil iterasi sebelumnya dengan tujuan memperbaiki sistem sampai produk akhir selesai[11].

Penelitian yang dilakukan terbagi atas beberapa prosedur penelitian yaitu *inception*, *elaboration*, *construction*, dan *transition*.

1. *Inception*
Pada tahap *inception*, ruang lingkup ditentukan dengan cara mengidentifikasi semua entitas eksternal yang akan berinteraksi dengan sistem. Hasil dari tahap ini adalah dokumen persyaratan dan model *uml*.
2. *Elaboration*
Pada tahap *elaboration*, secara keseluruhan sistem dianalisis dan dipahami, kemudian dibangun menjadi arsitektur. Hasil dari tahap ini adalah model desain konseptual, *prototype* arsitektur yang dapat dieksekusi. Rangkaian alat secara keseluruhan mulai dikerjakan berupa desain konseptual gambar. Pada Gambar 1 peneliti menampilkan rangkaian alat yang telah didesain dan akan diimplementasikan pada tahap selanjutnya.



Gambar 1. Rancangan Alat

3. *Construction*
Pada tahap *Construction* peneliti mulai merakit dan mengimplemetasikan logika *fuzzy* Sugeno unruk menghasillkan alat secara nyata dari implementasi perancangan yang dihasilkan pada fase sebelumnya (*Elaboration*). Tahap ini menyediakan spesifikasi untuk perancangan sesuai konseptual.

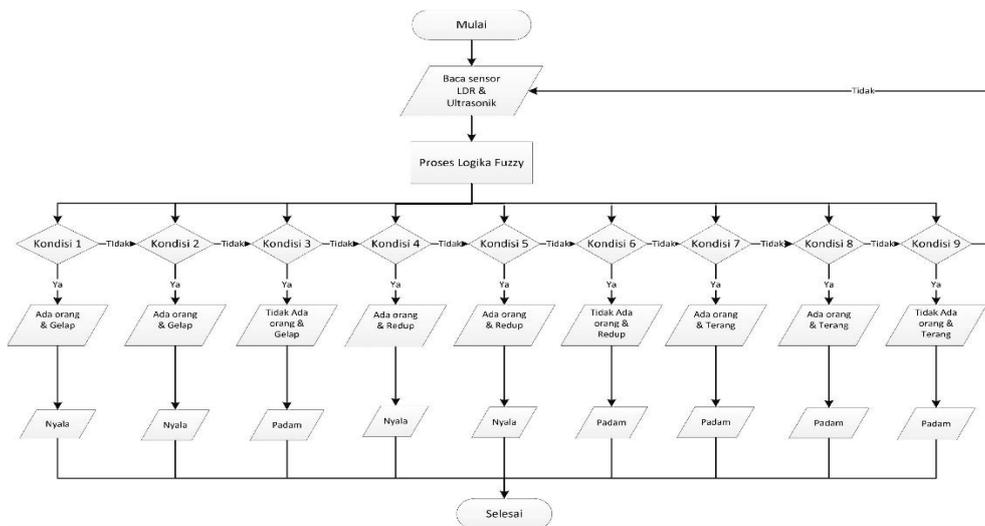
4. *Transition*

Tahap ini adalah tahap untuk merilis produk. Hasil dari fase ini adalah aktivitas yang diperlukan untuk menempatkan produk ke pengguna.

2.2. **Perancangan Alat**

Perancangan alat ini terbagi menjadi 2 tahap, yaitu perancangan mekanika dan perancangan elektronika. Perancangan mekanika merupakan tahapan awal dari seluruh perancangan agar mendapatkan gambaran mengenai pembangunan dan pengembangan alat ke depannya. Perancangan mekanika merupakan bagian dari realisasi desain produk. Perancangan elektronika adalah proses menghubungkan komponen-komponen pembangun alat.

Pada Gambar 3 ditunjukkan *flowchart* dari sistem lampu otomatis yang menggambarkan bagaimana sistem bekerja pada alat dengan menggunakan perangkat dan metode yang ada pada alat.

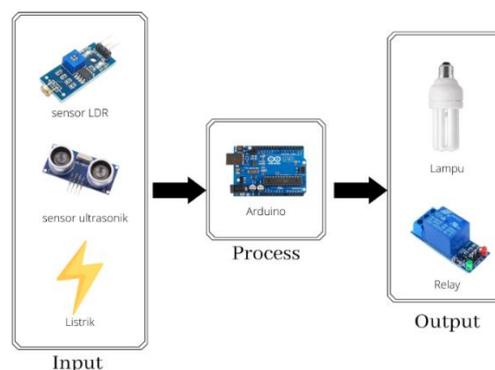


Gambar 2. Flowchart Proses Kerja Sistem Lampu Otomatis

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa saat alat menyala, sensor Ultrasonik dan *LDR* mengirim data ke arduino uno lalu data akan diproses menggunakan logika *fuzzy* dalam arduino uno. Berikut ini uraian pembacaan sensor ultrasonik dan sensor *LDR*.

- Jika pembacaan sensor Ultrasonik dekat dan pembacaan sensor *LDR* gelap maka lampu hidup.
- Jika pembacaan sensor Ultrasonik tidak dekat dan pembacaan sensor *LDR* tidak gelap, maka dilakukan lagi pengambilan data dari sensor Ultrasonik dan sensor *LDR*. Lalu data akan diproses menggunakan logika *fuzzy* dalam arduino uno, proses akan berjalan seperti sebelumnya sampai menemukan kondisi yang tepat.

Conceptual diagram antar perangkat pembangun produk sistem lampu otomatis ditunjukkan pada Gambar 3. *Conceptual diagram* tersebut menggambarkan alur dari komunikasi antar komponen.



Gambar 3. *Conceptual Diagram*

2.3. Rencana Pengujian Alat

Beberapa rencana pengujian alat yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Pengujian Alat

No.	Kondisi	Aksi
1	LDR gelap, ultrasonik dekat	Lampu nyala
2	LDR gelap, ultrasonik sedang	Lampu nyala
3	LDR gelap, ultrasonik jauh	Lampu padam
4	LDR redup, ultrasonik dekat	Lampu nyala
5	LDR redup, ultrasonik sedang	Lampu nyala
6	LDR redup, ultrasonik jauh	Lampu padam
7	LDR terang, ultrasonik dekat	Lampu padam
8	LDR terang, ultrasonik sedang	Lampu padam
9	LDR terang, ultrasonik jauh	Lampu padam

Setelah dilakukan pengujian terhadap alat, kemudian dihitung tingkat keberhasilan dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut. [10].

$$Tingkat\ Keberhasilan = \frac{jumlah\ pengujian\ yang\ berhasil}{jumlah\ total\ pengujian} \times 100. \tag{1}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perakitan (Construction)

Pada tahap perakitan peneliti mulai merakit dan mengimplementasikan logika *fuzzy* Sugeno untuk menghasilkan alat secara nyata dari implementasi perancangan yang dihasilkan pada fase sebelumnya (*Elaboration*). Tahap ini menyediakan spesifikasi untuk perancangan sesuai konseptual. Sebelum digunakan semua komponen alat diuji apakah berfungsi dengan baik atau tidak dan dijelaskan secara detail. Pada penelitian ini proses *construction* dibagi menjadi 2 tahap yaitu perancangan dan pengujian.

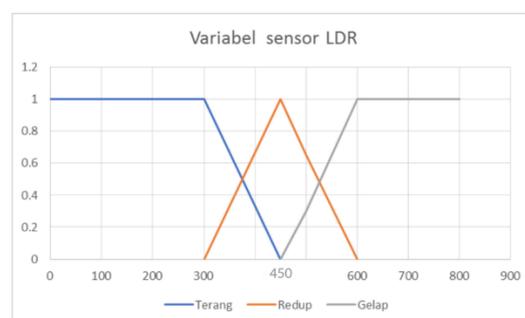
Dalam pengimplementasian logika *fuzzy* Sugeno ke dalam sebuah alat berbasis mikrokontroler, terdapat 3 proses yang harus dilakukan yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, dan defuzzifikasi.

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pengubahan nilai tegas yang ada, kedalam fungsi keanggotaan. Pada penelitian ini terdapat himpunan fuzzy yang akan ditentukan fungsi keanggotaannya yaitu himpunan fuzzy *LDR*, dan himpunan fuzzy Ultrasonik.

a. Himpunan *fuzzy* variabel *LDR*

Pada variabel *LDR* didefinisikan tiga himpunan fuzzy yaitu, fungsi keanggotaan terang yang memiliki rentang nilai 0-450, fungsi keanggotaan redup yang memiliki rentang nilai 300-600, dan fungsi keanggotaan gelap yang memiliki rentang nilai 450-1000. Gambar himpunan fuzzy *LDR* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Himpunan fuzzy *LDR*

Pada Gambar 4 terdapat sumbu horizontal yang merupakan nilai *input* dari variabel *LDR*, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*, dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

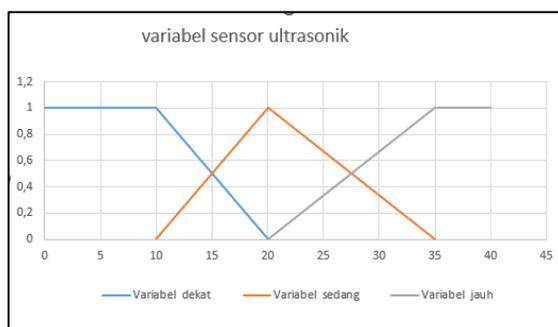
$$\mu_{\text{terang}} = \begin{cases} 0 & ; x \geq 450 \\ \frac{450-x}{450-300} & ; 300 \leq x \leq 450 \\ 1 & ; x \leq 300 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{redup}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 300 \text{ or } x \geq 600 \\ \frac{x-300}{450-300} & ; 300 \leq x \leq 450 \\ \frac{600-x}{600-450} & ; 450 \leq x \leq 600 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{gelap}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 450 \\ \frac{x-450}{600-450} & ; 450 \leq x \leq 600 \\ 1 & ; x \geq 600 \end{cases} \quad (4)$$

b. Himpunan *fuzzy* variabel Ultrasonik

Pada variabel Ultrasonik didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu, Dekat, Sedang, dan Jauh. fungsi keanggotaan dekat yang memiliki rentang nilai 0-20 cm, fungsi keanggotaan sedang yang memiliki rentang nilai 10-35 cm, dan fungsi keanggotaan jauh yang memiliki rentang nilai 20-50 cm. Gambar himpunan *fuzzy LDR* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Himpunan Fuzzy Ultrasonik

Pada Gambar 5 terdapat sumbu horizontal yang merupakan nilai *input* dari variabel Ultrasonik, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*, dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{dekat}} = \begin{cases} 0 & ; x \geq 20 \\ \frac{20-x}{20-10} & ; 10 \leq x \leq 20 \\ 1 & ; x \leq 10 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{sedang}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 10 \text{ or } x \geq 35 \\ \frac{x-10}{20-10} & ; 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{35-x}{35-20} & ; 20 \leq x \leq 35 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{\text{jauh}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 20 \\ \frac{x-20}{35-20} & ; 20 \leq x \leq 35 \\ 1 & ; x \geq 35 \end{cases} \quad (7)$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan. Pada penelitian ini nilai yang akan dinalarkan adalah nilai masukan dari sensor *LDR*, dan sensor ultrasonik yang telah ditentukan fungsi keanggotaannya. *Fuzzy rules* yang ditetapkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Fuzzy Rules

		Kondisi Sensor Ultrasonik		
		Dekat	Sedang	Jauh
Sensor LDR	Terang	Lampu padam	Lampu padam	Lampu padam
	Redup	Lampu hidup	Lampu hidup	Lampu padam
	Gelap	Lampu hidup	Lampu hidup	Lampu padam

Berikut adalah penjelasan *fuzzy rules* pada Tabel 2.

1. IF *LDR*_Gelap AND Ultrasonik_Dekat, THEN LampuHidup
2. IF *LDR*_Gelap AND Ultrasonik_Sedang, THEN LampuHidup
3. IF *LDR*_Gelap AND Ultrasonik_Jauh, THEN LampuPadam
4. IF *LDR*_Redup AND Ultrasonik_Dekat, THEN LampuHidup
5. IF *LDR*_Redup AND Ultrasonik_Sedang, THEN LampuHidup
6. IF *LDR*_Redup AND Ultrasonik_Jauh, THEN LampuPadam
7. IF *LDR*_Terang AND Ultrasonik_Dekat, THEN LampuPadam
8. IF *LDR*_Terang AND Ultrasonik_Sedang, THEN LampuPadam
9. IF *LDR*_Terang AND Ultrasonik_Jauh, THEN LampuPadam

3. Deffuzifikasi

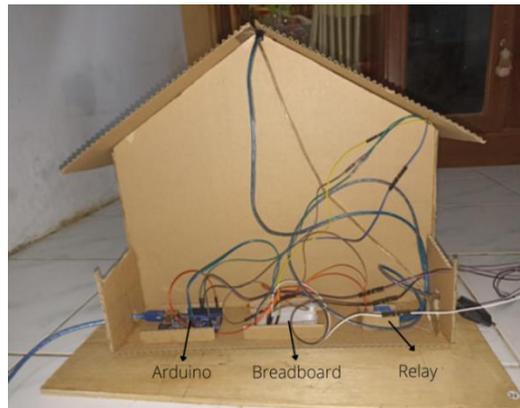
Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa suatu himpunan *fuzzy* yang didapat dari komposisi aturan *fuzzy* merupakan *input* dari proses defuzzifikasi. Sedangkan *output*-nya adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dengan *range* tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Metode Sugeno menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (*weighted average*) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2).

3.2. Pengkodean (Coding)

Pada proses pengkodean, *software* yang digunakan yaitu arduino IDE, berfungsi sebagai editor untuk mengetik dan mengedit *Coding* yang akan dibuat dan bahasa pemrograman yang digunakan yaitu C++. Tujuan dari pembuatan *Coding* atau pengkodean adalah mentransfer bahasa alami manusia ke bahasa yang dapat dipahami oleh komputer.

3.3. Pengujian

Prototipe terdiri dari sebuah rumah yang terbuat dari kardus yang digunakan sebagai simulasi dari ruangan, sensor *LDR* di luar rumah, dan sensor ultrasonik yang diletakkan di dalam rumah. Pengujian dilakukan di ruangan tertutup. Tampilan belakang dan atas maket masing-masing ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Belakang Maket

Pada Gambar 6 terdapat Arduino, *breadboard*, dan *relay*. Arduino berfungsi untuk memproses nilai masukan sensor. *Breadboard* berfungsi untuk membuat rangkaian elektronik sementara yang bertujuan untuk uji coba atau prototipe tanpa harus melakukan penyolderan. *Relay* berfungsi untuk mengendalikan dan mengalirkan listrik, serta menyalurkan listrik dari tegangan kecil ke tegangan yang lebih besar. Pada Gambar 7 terdapat sensor *LDR*, sensor ultrasonik, dan lampu yang masing-masing berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya, untuk mendeteksi gerakan yang ada di depan sensor, dan sebagai penerangan.



Gambar 7. Atas Maket

Pengujian dilakukan dengan memberikan cahaya dengan intensitas yang berbeda-beda terhadap sensor *LDR* dan pada sensor ultrasonik melakukan gerakan yang mendekati dan menjauhi sensor yang hasil nilai pembacaan digunakan sebagai masukan terhadap arduino uno. Berikut merupakan hasil pengujian dari setiap *rule* yang telah dibuat:

1. Pengujian *rule* 1 yaitu jika sensor *LDR* gelap dan sensor ultrasonik dekat maka *output* lampu adalah nyala. Hasil pengujian *rule* 1 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Rule* 1

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Defuzzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	508	7	1	Lampu Nyala	Sesuai
2	506	10	1	Lampu Nyala	Sesuai
3	554	10	1	Lampu Nyala	Sesuai
4	555	14	1	Lampu Nyala	Sesuai
5	795	18	1	Lampu Nyala	Sesuai
6	510	14	1	Lampu Nyala	Sesuai
7	503	11	1	Lampu Nyala	Sesuai
8	456	19	1	Lampu Nyala	Sesuai

9	477	14	1	Lampu Nyala	Sesuai
10	464	3	1	Lampu Nyala	Sesuai

2. Pengujian *rule 2* yaitu jika sensor *LDR* gelap dan sensor ultrasonik sedang maka *output* lampu adalah nyala. Hasil pengujian *rule 2* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Rule 2*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	462	14	1	Lampu Nyala	Sesuai
2	463	19	1	Lampu Nyala	Sesuai
3	468	22	0,8	Lampu Nyala	Sesuai
4	470	24	0,68	Lampu Nyala	Sesuai
5	594	24	0,72	Lampu Nyala	Sesuai
6	663	15	1	Lampu Nyala	Sesuai
7	659	17	1	Lampu Nyala	Sesuai
8	626	24	0,73	Lampu Nyala	Sesuai
9	560	22	0,79	Lampu Nyala	Sesuai
10	689	26	0,60	Lampu Nyala	Sesuai

3. Pengujian *rule 3* yaitu jika sensor *LDR* gelap dan sensor ultrasonik jauh maka *output* lampu adalah padam. Hasil pengujian *rule 3* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Rule 3*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	558	28	0,48	Lampu Padam	Sesuai
2	696	34	0,07	Lampu Padam	Sesuai
3	704	36	0	Lampu Padam	Sesuai
4	682	28	0,47	Lampu Padam	Sesuai
5	572	31	0,33	Lampu Padam	Sesuai
6	671	35	0	Lampu Padam	Sesuai
7	684	37	0	Lampu Padam	Sesuai
8	573	28	0,48	Lampu Padam	Sesuai
9	669	38	0	Lampu Padam	Sesuai
10	555	37	0	Lampu Padam	Sesuai

4. Pengujian *rule 4* yaitu jika sensor *LDR* redup dan sensor ultrasonik dekat maka *output* lampu adalah nyala. Hasil pengujian *rule 4* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Rule 4*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	379	9	0,53	Lampu Nyala	Sesuai
2	453	10	1	Lampu Nyala	Sesuai
3	448	10	0,99	Lampu Nyala	Sesuai
4	432	10	0,88	Lampu Nyala	Sesuai
5	449	15	0,99	Lampu Nyala	Sesuai
6	446	13	0,95	Lampu Nyala	Sesuai
7	456	18	1	Lampu Nyala	Sesuai
8	443	14	0,91	Lampu Nyala	Sesuai
9	555	13	1	Lampu Nyala	Sesuai
10	424	13	0,74	Lampu Nyala	Sesuai

5. Pengujian *rule 5* yaitu jika sensor *LDR* redup dan sensor ultrasonik sedang maka *output* lampu adalah nyala. Hasil pengujian *rule 5* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Rule 5*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	452	17	1	Lampu Nyala	Sesuai
2	466	21	0,88	Lampu Nyala	Sesuai
3	447	16	0,96	Lampu Nyala	Sesuai

4	518	22	0,79	Lampu Nyala	Sesuai
5	485	21	0,88	Lampu Nyala	Sesuai
6	512	25	0,60	Lampu Nyala	Sesuai
7	506	24	0,65	Lampu Nyala	Sesuai
8	453	20	1	Lampu Nyala	Sesuai
9	491	26	0,56	Lampu Nyala	Sesuai
10	444	25	0,62	Lampu Nyala	Sesuai

6. Pengujian *rule 6* yaitu jika sensor *LDR* redup dan sensor ultrasonik jauh maka *output* lampu adalah padam. Hasil pengujian *rule 6* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Rule 6*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	417	27	0,37	Lampu Padam	Sesuai
2	449	29	0,39	Lampu Padam	Sesuai
3	393	32	0,14	Lampu Padam	Sesuai
4	430	34	0,06	Lampu Padam	Sesuai
5	450	30	0,33	Lampu Padam	Sesuai
6	399	35	0	Lampu Padam	Sesuai
7	432	30	0,27	Lampu Padam	Sesuai
8	414	28	0,32	Lampu Padam	Sesuai
9	399	25	0,40	Lampu Padam	Sesuai
10	371	23	0,34	Lampu Padam	Sesuai

7. Pengujian *rule 7* yaitu jika sensor *LDR* terang dan sensor ultrasonik dekat maka *output* lampu adalah padam. Hasil pengujian *rule 7* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian *Rule 7*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	332	9	0,21	Lampu Padam	Sesuai
2	327	5	0,18	Lampu Padam	Sesuai
3	338	10	0,25	Lampu Padam	Sesuai
4	348	13	0,39	Lampu Padam	Sesuai
5	359	12	0,42	Lampu Padam	Sesuai
6	371	14	0,49	Lampu Padam	Sesuai
7	310	9	0,07	Lampu Padam	Sesuai
8	281	12	0	Lampu Padam	Sesuai
9	162	10	0	Lampu Padam	Sesuai
10	244	11	0	Lampu Padam	Sesuai

8. Pengujian *rule 8* yaitu jika sensor *LDR* terang dan sensor ultrasonik sedang maka *output* lampu adalah padam. Hasil pengujian *rule 8* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian *Rule 8*

No	Nilai <i>LDR</i>	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	<i>Output</i>	Hasil
1	327	21	0,16	Lampu Padam	Sesuai
2	333	18	0,30	Lampu Padam	Sesuai
3	342	25	0,18	Lampu Padam	Sesuai
4	334	21	0,20	Lampu Padam	Sesuai
5	338	25	0,17	Lampu Padam	Sesuai
6	228	25	0	Lampu Padam	Sesuai
7	403	27	0,33	Lampu Padam	Sesuai
8	324	15	0,24	Lampu Padam	Sesuai
9	351	21	0,30	Lampu Padam	Sesuai
10	394	27	0,31	Lampu Padam	Sesuai

9. Pengujian *rule 9* yaitu jika sensor *LDR* terang dan sensor ultrasonik jauh maka *output* lampu adalah padam. Hasil pengujian *rule 9* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian *Rule 9*

No	Nilai LDR	Nilai Ultrasonik (cm)	Hasil Deffuzifikasi	Output	Hasil
1	291	24	0	Lampu Padam	Sesuai
2	276	31	0	Lampu Padam	Sesuai
3	298	37	0	Lampu Padam	Sesuai
4	301	29	0,01	Lampu Padam	Sesuai
5	327	37	0	Lampu Padam	Sesuai
6	321	29	0,11	Lampu Padam	Sesuai
7	271	33	0	Lampu Padam	Sesuai
8	267	23	0	Lampu Padam	Sesuai
9	311	33	0,06	Lampu Padam	Sesuai
10	383	37	0	Lampu Padam	Sesuai

Hasil dari pengujian kemudian dihitung tingkat keberhasilan dengan menggunakan persamaan (1). Dari total 90 pengujian, terdapat 90 pengujian yang berhasil sehingga perhitungan tingkat keberhasilan pengujian yaitu:

$$\frac{90}{90} \times 100 = 100\%$$

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, metode *fuzzy* Sugeno yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dalam menentukan padam dan nyala lampu berdasarkan masukan sensor *LDR* dan sensor Ultrasonik. Berdasarkan hasil pengujian, sensor *LDR* yang membaca intensitas cahaya, sensor ultrasonik yang membaca ada tidaknya orang berdasarkan jarak objek yang bergerak mendekati/menjauhi sensor, arduino yang memproses nilai masukan sensor dan *relay* yang mengendalikan/mengalirkan listrik, komponen tersebut yang saling terhubung dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang telah diprogram pada arduino. Pengujian yang dilakukan dengan cara menguji setiap *rule*, dari 90 percobaan yang dilakukan, semua percobaan berhasil dengan persentase keberhasilan mencapai 100%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, metode *fuzzy* Sugeno yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dalam menentukan padam dan nyala lampu berdasarkan masukan sensor *LDR* dan sensor Ultrasonik. Berdasarkan hasil pengujian, sensor *LDR* yang membaca intensitas cahaya, sensor ultrasonik yang membaca ada tidaknya orang berdasarkan jarak objek yang bergerak mendekati/menjauhi sensor, arduino yang memproses nilai masukan sensor dan *relay* yang mengendalikan/mengalirkan listrik, komponen tersebut yang saling terhubung dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang telah diprogram pada arduino. Pengujian yang dilakukan dengan cara menguji setiap *rule*, dari 90 percobaan yang dilakukan terdapat 90 percobaan yang berhasil dengan persentase keberhasilan mencapai 100%.

Daftar Pustaka

- [1] T. Darmanto, Antonius, dan T. Sutrisno, "Penerapan Sensor *LDR* Dan Sensor Pir Pada Prototype Penerangan Lampu Rumah," *J. InTekSis*, vol. 7, no. 1, hal. hal. 72-79, 2020.
- [2] N. I. Ganggalia, A. Junaidi, dan F. M. Wibowo, "Prototype Alat Pengendali Lampu dengan Perintah Suara menggunakan," *Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 3, hal. 389–394, 2019.
- [3] A. Fitriansyah dan M. R. Suryanto, "Teknologi Kontrol Lampu dan Kunci Rumah Berbasis IoT," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 7, no. 1, hal. 88–96, 2021, doi: 10.37012/jtik.v7i1.505.
- [4] S. Suhaeb *et al.*, *Mikrokontroler dan Interface*. makassar, 2017.
- [5] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, P. A. R. Arimbawa, dan D. N. G. T. Prayoga, "Sakelar Otomatis Berbasis Mikrokontroler Untuk Mengurangi Penggunaan Energi Listrik," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 1, hal. 59–66, 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.759.
- [6] N. Sudin, I. Djufri, M. Kasyif, dan G. Umar, "Rancang Bangun Sistem Pengontrol Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Smartphone," *J. Ilm. Ilk.*, vol. 3, hal. 2621–4970, 2020.
- [7] Imam Marzuki, "Perancangan dan Pembuatan Sistem Penyalan Lampu Otomatis Dalam Ruangan Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Gerak dan Sensor Cahaya," *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terap.*, vol. 10, no. 1, hal. 9–16, 2019, doi: 10.48056/jintake.v10i1.48.
- [8] A. J. Rindengan dan Y. A. R. Langi, *Alien J. Rindengan Yohanes A.R. Langi*. 2019.
- [9] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam

-
- Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur,” *Infoman's*, vol. 11, no. 1, hal. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [10] P. Simanjuntak, C. Suharyanto, dan R. Khairiyah, “Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Penilaian Kompetensi Karyawan PT. Schneider Batam,” *Inf. Syst. Dev.*, vol. 3, no. 2, hal. 97–103, 2018.
- [11] T. K. Tia, I. Nuryasin, dan Maskur, “Model Simulasi Rational Unified Process (RUP) Pada Pengembangan Perangkat Lunak,” *J. Repos.*, vol. 2, no. 4, hal. hal. 485-494, 2020, doi: 10.22219/repositor.v2i4.390.