

Implementation of Fuzzy Logic as Pedestrian Lighting Control

Implementasi Fuzzy Logic Sebagai Kendali Lampu Penerangan Pedestrian

M. Aan Rudi Alfian¹, Fajar Yumono², Royb Fatkhur Rizal³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri Kediri
E-mail: *¹aanrudi22@gmail.com, ²fajaryumono@uniska-kediri.ac.id,
³fatkhurizal15@gmail.com

Abstract – Pedestrian lighting is one of the facilities and infrastructure for pedestrian spaces. However, currently users who still use the conventional control system are deemed less effective and efficient because the lights will turn on optimally even though there are no road users on the pedestrian, resulting in a waste of electrical energy. Therefore, in this study, a prototype tool was designed that was able to control the level of lighting of the pedestrian lamp based on the conditions around the lamp point. This pedestrian lighting prototype uses an LDR sensor as a determinant of system operational time with human movement input using the RCWL 0516 sensor, distance input from the PING Ultrasonic sensor and processed using an integrated microcontroller on the Arduino UNO board using the Sugeno fuzzy logic programming algorithm. From the test results on miniature pedestrian lighting lamps that have been made, this prototype pedestrian lighting lamp can streamline the use of electrical energy by 0.149 kWh. Optimization of distance and motion readings as system control inputs, depending on the placement of the PING and RCWL 0516 Ultrasonic sensors used.

Keywords — pedestrian lights, control, fuzzy logic

Abstrak – Lampu penerangan pedestrian adalah salah satu sara dan prasarana bagi ruang pejalan kaki. Namun saat ini penggunaanya yang masih menggunakan sistem kendali konvensional dirasa kurang efektif dan efisien karena lampu akan menyala secara optimal meskipun tidak ada pengguna jalan pada pedestrian tersebut, sehingga terjadi pemborosan energi listrik. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancanglah sebuah *prototype* alat yang mampu mengontrol tingkat penerangan lampu pedestrian berdasarkan keadaan disekitar titik lampu tersebut. *Prototype* lampu penerangan pedestrian ini menggunakan sensor LDR sebagai penentu waktu operasional sistem dengan *input* pergerakan manusia dengan menggunakan sensor RCWL 0516, *input* jarak dari sensor Ultrasonik PING dan diproses menggunakan mikrokontroler yang terintegrasi pada papan Arduino UNO menggunakan algoritma pemrograman logika *fuzzy* Sugeno. Dari hasil pengujian pada miniatur lampu penerangan pedestrian yang telah dibuat, *prototype* lampu penerangan pedestrian ini dapat mengoptimalkan penggunaan energi listrik sebesar 0.149 kWh. Optimasi pembacaan jarak dan gerak sebagai *input control* sistem, tergantung dari penempatan sensor Ultrasonik PING dan RCWL 0516 yang digunakan.

Kata Kunci — lampu pedestrian, control, fuzzy logic

1. PENDAHULUAN

Jalur pedestrian merupakan sebuah jalur pejalan kaki yang dibuat terpisah dari jalur kendaraan umum, biasanya terletak bersebelahan atau berdekatan, diberi lapis permukaan, diberi elevasi lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan dan pada umumnya sejajar dengan jalur lalu lintas kendaraan [1]. Fungsi utama dari jalur pedestrian adalah untuk memberikan pelayanan kepada pejalan kaki sehingga dapat meningkatkan kelancaran, keamanan, dan kenyamanan pejalan kaki [2].

Salah satu sarana dan prasana pada jalur pedestrian adalah lampu penerangan. Dimana saat malam hari lampu penerangan pedestrian difungsikan mempermudah pejalan kaki untuk melihat medan yang akan dilaluinya pada saat malam hari [3]. Lampu penerangan pedestrian yang saat ini masih menggunakan sistem kendali konvensional dirasa kurang efektif dan efisien. Lampu penerangan pedestrian akan tetap menyala terang meskipun tidak ada objek/manusia yang melintas di jalan pedestrian tersebut, sehingga terjadinya pemborosan energi listrik [4].

Untuk mengoptimalkan fungsi penghematan energi pada sistem kendali lampu penerangan pedestrian diperlukan suatu sistem yang dapat mengendalikan intensitas cahaya pada lampu penerangan pedestrian. Penelitian dalam rangka melakukan pengendalian intensitas cahaya telah dilakukan dalam upaya melakukan penghematan konsumsi energi listrik [5]–[7].

Pada penelitian ini dibuat suatu perancangan sistem untuk mengatur intensitas pada lampu penerangan pedestrian menggunakan *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* sendiri merupakan logika yang dapat menangani suatu kondisi yang memiliki ambiguitas [8]. Dari kendali tersebut jika terdeteksi oleh sensor dengan adanya pengguna atau objek yang melintas pada pedestrian, maka intensitas penerangan penyalaaan lampu akan mengikuti posisi perubahan jarak antara pengguna jalan dengan pengaturan intensitas kecerahan lampu penerangan pedestrian, atau dibuat semakin dekat jarak objek yang terdeteksi maka intensitas kecerahan lampu akan berubah sesuai dengan fuzzyfikasi sistem *fuzzy logic* yang dibuat tanpa mengurangi kenyamanan dari pengguna pedestrian. Deteksi objek dilakukan dengan menggunakan sensor jarak ultrasonik PING dan sensor gerak gelombang mikro sensor RCWL 0516 [9]. Sensor RCWL 0516 merupakan suatu modul sensor gerak gelombang mikro radar *doppler* yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk sensor gerak PIR.

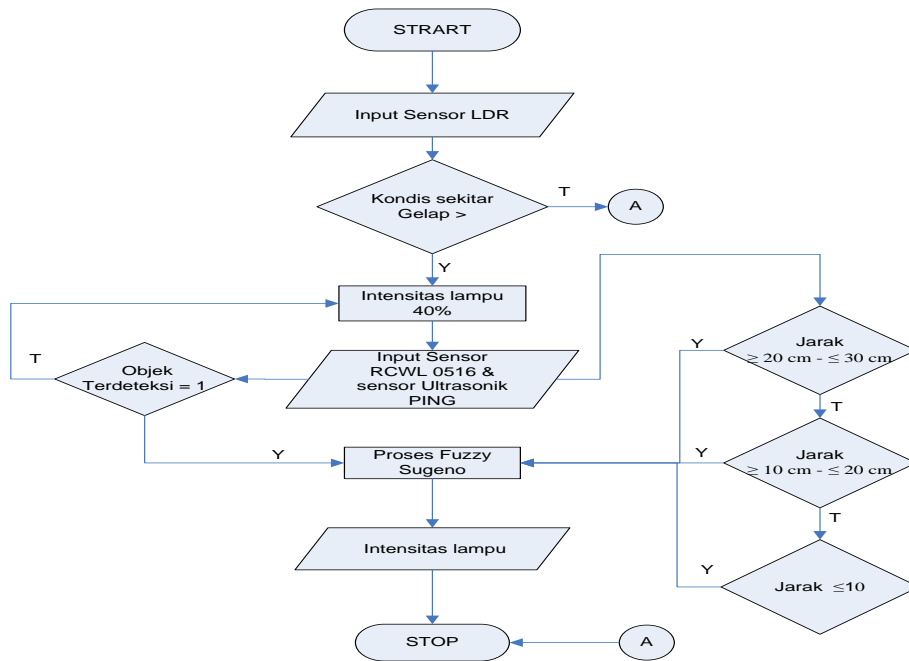
Sistem pengendali lampu penerangan pedestrian ini akan diujicobakan pada sebuah miniatur yang mempresentasikan keadaan lampu penerangan jalan pedestrian serta peletakan sensor-sensor yang digunakan. Hasil ujicoba pada miniatur ini, diharapkan dapat dijadikan tolak ukur dalam mengefektifkan dan mengefisienkan penggunaan energi listrik lampu penerangan pada pedestrian dibandingkan dengan sistem konvensional yang sudah ada.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu melakukan studi literatur, analisa kebutuhan, perancangan, pengujian dan analisa, terakhir adalah Hasil dan pembuatan laporan. studi literatur untuk mengembangkan pengetahuan yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dengan cara mencari, mempelajari dan mengkaji teori-teori yang mendukung. Analisa kebutuhan yaitu dalam melakukan penelitian ini, penulis membutuhkan beberapa perangkat atau alat yang digunakan sebagai bahan penelitian. Perancangan yaitu desain sistem yang dilakukan untuk menentukan bagaimana sistem kendali lampu penerangan pedestrian akan memenuhi tujuan yang diharapkan, perancangan terdiri atas perancangan elektronik, miniatur dan perancangan kendali *fuzzy logic*. Tahap pengujian dan analisa dilakukan pada miniatur yang telah dibuat, dengan tahap pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tiap sensor yang digunakan oleh sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada sistem kendali lampu penerangan pedestrian akan dibahas dan disimpulkan berdasarkan perbandingan hasil pengamatan dalam perancangan yang dilakukan oleh penulis.

2.1. Perancangan Sistem

Tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat kendali lampu penerangan pedestrian ini terdiri dari beberapa komponen perangkat keras/*hardware* yang sistem kerjanya dikendalikan oleh perangkat lunak/*software* yang ditanamkan didalam mikrokontroler pada papan Arduino UNO sehingga semua sistem dapat saling berhubungan antara satu sama lainnya. Secara garis besar sistem kerja dari rangkaian kendali lampu penerangan pedestrian yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1

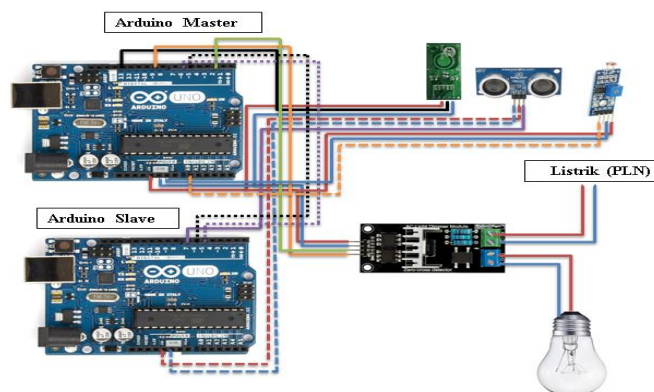


Gambar 1. Flowchart Perancangan Sistem

Gambar 1 menunjukkan proses kerja sistem, dimana sistem ini akan mulai bekerja saat pembacaan sensor LDR, sensor LDR bekerja hanya sebagai saklar otomatis yang jika kondisi sekitar gelap dengan asumsi nilai LDR >300 , maka intensitas lampu akan menyala 40%. Selanjutnya sensor Ultrasonik PING akan membaca jarak objek dari titik lampu lalu sensor RCWL 0516 akan mendeteksi ada atau tidak adanya objek di sekitar titik lampu. Kemudian hasil pembacaan kedua sensor tersebut akan diolah pada Arduino UNO menggunakan algoritma pemrograman logika *fuzzy* Sugeno yang telah dibuat sebelumnya. Setelah dilakukan perhitungan maka sistem akan defuzzyfikasikan untuk memperoleh hasil akhir *fuzzy* berupa persentase dalam *range* 0% - 100% yang diteruskan ke *dimmer* yang akan mengatur intensitas lampu. Apabila tidak ada objek yang terdeteksi oleh sensor RCWL 0516 maka lampu akan ke mode *standby* dengan intensitas cahaya 40%, sistem akan tetap berjalan selama sensor LDR masih membaca kondisi sekitar titik lampu gelap.

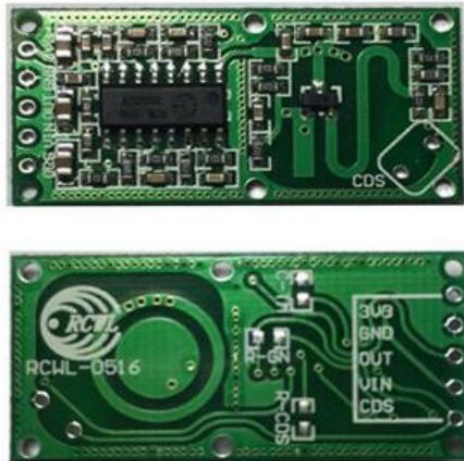
2.2. Perancangan Hardware

Rangkaian keseluruhan sistem elektronika dari sistem kendali lampu pedestrian ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Desain Hardware

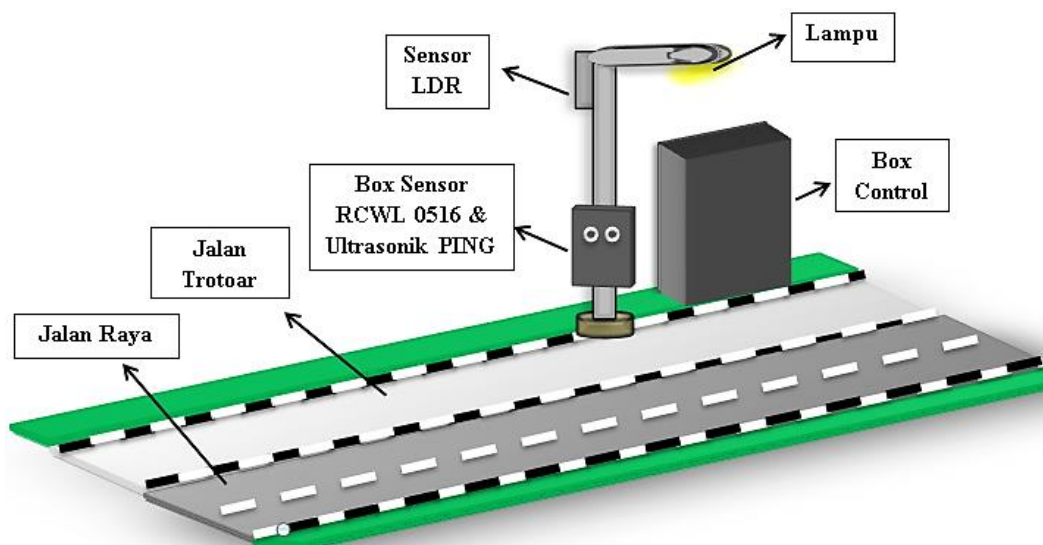
Pada Gambar 2 menunjukan desain elektronik sistem yang dibuat dengan komponen utama rangkaian ini adalah 2 buah papan Arduino UNO sebagai pemroses program. Arduino UNO merupakan papan kendali berbasis mikrokontroler AT Mega 328 [10]. Penggunaan Arduino UNO 1 arduino sebagai *slave* yaitu pemroses komponen pendukung sensor Ultrasonik Ping sebagai masukan (*input*) dan 1 Arduino UNO sebagai *master* yaitu pusat pengendali baik *input* dari Arduino *slave* dan komponen pendukung lain yaitu sensor LDR, RCWL 0516 sebagai masukan (*input*) dan *dimmer* sebagai pengatur intensitas cahaya lampu sebagai keluaran (*output*). Modul sensor RCWL 0516 diperlihatkan oleh Gambar 3 sebagai berikut [11].



Gambar 3. Modul RCWL 0516

2.3. Perancangan Miniatur

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan model skala kecil dalam bentuk miniatur. Miniatur ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam mempresentasikan serta dalam pengujian sistem dengan desain sedemikian rupa, agar merepresentasikan keadaan serta peletakan sensor-sensor yang digunakan sebagai *input*, mikrokontroler sebagai pengendali dan lampu yang mempresentasikan lampu jalan pada pedestrian sebagai *output* dengan hasil sesuai dengan tujuan penelitian yang dibuat. Dimana miniatur yang dibuat masih dalam bentuk replika atau buka bentuk sebenarnya. Desain miniatur lampu penerangan jalan pedestrian digambarkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Desain Miniatur

Miniatur jalan pedestrian terbuat dari bahan kayu dengan ukuran 70 cm x 30 cm dan telah dirancang sedemikian rupa, agar mengoptimalkan proses kerja sistem dan penghematan kabel pada proses pengkabelan (*wiring*). Dengan *box control* yang berada disamping tiang lampu sebagai pusat kendali, *box* sensor RCWL dan ultrasonik yang menempel pada tiang lampu menghadap ke arah jalan pedestrian sesuai dengan Gambar 4 dan sensor LDR ditempatkan di atas tiang lampu atau lebih tinggi dari lampu agar LDR tidak terhalang dari datangnya sinar (matahari) dan terganggu dari sumber cahaya lain termasuk lampu pedestrian itu sendiri.

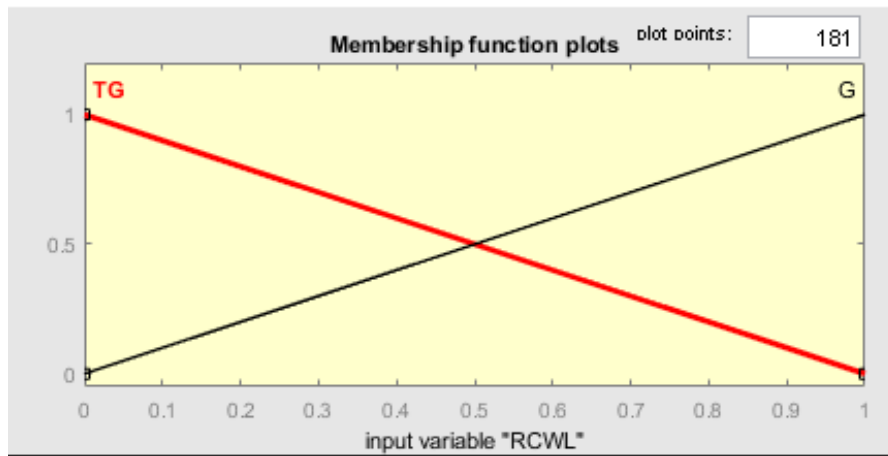
2.4. Perancangan kontrol Logika Fuzzy

Sistem logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini adalah *fuzzy* sugeno yang diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi Sugeno dan merupakan varian dari model mamdani [12]. Terdapat 2 *input fuzzy* yang digunakan yaitu input gerak dari sensor RCWL 0516 dan *input* jarak dari sensor ultrasonik PING dan *output* perubahan intensitas cahaya lampu. Pemetaan keanggotaan *input* dan *output fuzzy* masing-masing ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pemetaan Keanggotaan *Input* dan *Output fuzzy*

No	Variabel	Nilai Variabel
1	Ada Gerak (G)	1
2	Tidak Gerak (TG)	0

Dari Tabel 1 diatas maka didapat diagram himpunan kondisi gerak sebagaimana diperlihatkan oleh Gambar 5 sebagai berikut.



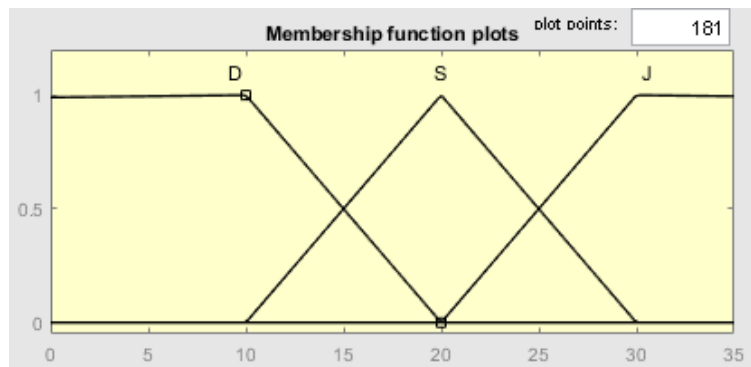
Gambar 4. Fungsi keanggotaan Gerak

Pemetaan variabel dan nilai variabel dari himpunan jarak disajikan oleh Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Himpunan Jarak

No	Variabel	Nilai Variabel
1	Dekat (D)	0 – 10 cm
2	Sedang (S)	10 – 20 cm
3	Jauh (J)	20 – 30 cm

Dari data variabel dan nilai variabel pada himpunan jarak yang disajikan oleh Tabel 2 diatas maka didapat diagram himpunan kondisi gerak sebagai berikut :



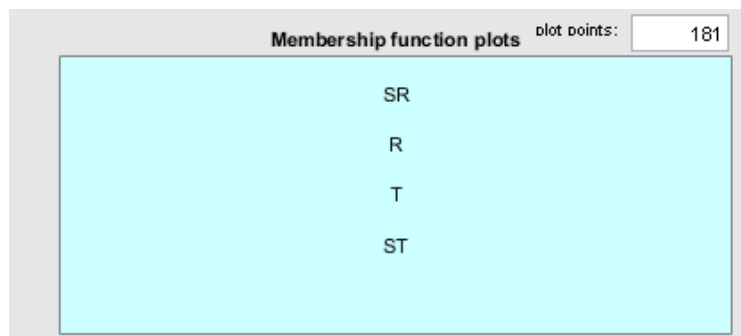
Gambar 5. Fungsi keanggotaan Jarak

Pemetaan variabel, nilai variabel dan intensitas cahaya dari himpunan intensitas cahaya disajikan oleh Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Himpunan Intensitas Cahaya

No	Variabel	Nilai Variabel (%)	Intensitas Cahaya (lux)
1	Sangat Terang (ST)	100	383
2	Terang (T)	80	368
3	Redup (R)	60	241
4	Sangat Redup (SR)	40	53

Dari tabel himpunan intensitas cahaya yang disajikan oleh Tabel 3 diatas maka diperoleh diagram himpunan kondisi gerak sebagai berikut :



Gambar 6. Fungsi keanggotaan ouput intensitas cahaya

Dikarenakan adanya 2 *input fuzzy* yang digunakan terbagi atas 2 fungsi keanggotaan gerak dan 3 fungsi keanggotaan jarak maka terdapat *rule* sebanyak 6 *rule*. Berikut tabel evaluasi *rule* yang ditunjukkan pada Tabel 4.

. Tabel 4. Tabel Evaluasi Rule

RCWL \ Ultrasonik	Dekat (D)	Sedang (S)	Jauh (J)
Gerak (G)	Sangat Terang (ST)	Terang (T)	Redup (R)
Tidak Gerak (TG)	Sangat Redup (SR)	Sangat Redup (SR)	Sangat Redup (SR)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Akurasi Jarak Sensor Ultrasonik

Pengujian akurasi jarak sensor ultrasonik ini dilakukan untuk mencari *error* yang terjadi pada sensor Ultrasonik Ping ini terhadap jarak yang sebenarnya. Percobaan yang dilakukan dengan cara memberi penghalang berupa *box* kardus berukuran 16 cm x 6,5 cm x 9 cm dengan permukaan rata yang berhadapan langsung dengan sensor dengan jarak 1 cm – 30 cm, kemudian jarak yang sebenarnya dibandingkan dengan yang tertera pada serial monitor.

. Tabel 5. Tabel Percobaan Jarak Sensor Ultrasonik PING

Percobaan	Jarak Sebenarnya (S)	Jarak dimonitor (J)	Error (%)
1	1	3	66,6
2	2	3	33,3
3	3	3	0
4	4	4	0
5	5	5	0
6	6	6	0
7	7	7	0
8	8	8	0
9	9	9	0
10	10	10	0
11	11	11	0
12	12	12	0
13	13	13	0
14	14	14	0
15	15	15	0
16	16	16	0
17	17	17	0
18	18	18	0
19	19	19	0
20	20	20	0
21	21	21	0
22	22	22	0
23	23	23	0
24	24	24	0
25	25	25	0
26	26	26	0
27	27	27	0
28	28	28	0
29	29	29	0
30	30	30	0
Rata-rata error			3,33

Dari data pengujian sensor ultrasonik yang disajikan oleh Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa rata-rata *error* yang didapatkan oleh sensor ultrasonik cukup kecil kurang lebih 3%, nilai relatif *error* diakibatkan oleh sensor hanya dapat membaca jarak optimal dengan batas ukur minimum sensor adalah 3 cm.

3.2. Pengujian Sensor RCWL 0516

Percobaan pada sensor RCWL 0516 ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat sensor tersebut dalam mendeteksi pergerakan Objek (manusia). Pengujian sensor RCWL 0516 ini dilakukan dengan membandingkan kondisi nyata di tempat uji dengan hasil pembaca yang tertera pada serial monitor. Pengujian terhadap sensor RCWL 0516 ini dilakukan sebanyak 10 kali pengujian.

. Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor RCWL 0516

No	Variabel	Nilai Variabel (%)	Kesesuaian	Akurasi (%)
1	Ada	Ada	Sesuai	100
2	Ada	Tidak ada	Tidak Sesuai	0
3	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai	100
4	Ada	Ada	Sesuai	100
5	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai	100
6	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai	100
7	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai	100
8	Ada	Ada	Sesuai	100
9	Ada	Ada	Sesuai	100
10	Ada	Ada	Sesuai	100

Hasil pengujian sensor RCWL 0516 memiliki akurasi yang baik yaitu dengan rata-rata akurasi 90% dari 10 kali pengujian. Terdapat satu output tidak sesuai yang dapat disebabkan adanya *delay* dari pembacaan sensor. Sensor dapat mendeteksi pergerakan kecil seperti ayunan tangan dan langkah kaki yang dilakukan oleh manusia.

3.3. Pengujian Sistem

Sistem logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini adalah *fuzzy logic* sugeno. Terdapat 2 *input fuzzy* yang digunakan yaitu *input* gerak dari sensor RCWL 0516 dan *input* jarak dari sensor ultrasonik PING dan *output* perubahan Intensitas cahaya lampu. Pemetaan keanggotaan *input* dan *output fuzzy* masing-masing ditunjukkan pada Tabel 7 dibawah.

. Tabel 7. Hasil Pengujian Sistem

No	Skenario Uji	Hasil Diharapkan		Hasil Pengujian		Kesimpulan
		Intensitas Lampu (%)	Lux	Intensitas Lampu (%)	Lux	
1	Ada gerak dengan jarak 30 cm (jauh)	60 (redup)	241	60 (redup)	221	Valid
2	Tidak gerak dengan jarak 30 cm (jauh)	40 (sangat redup)	53	40 (sangat redup)	55	Valid
3	Ada gerak dengan jarak 20 cm (sedang)	80 (terang)	368	80 (terang)	356	Valid
4	Tidak gerak dengan jarak 20 cm (sedang)	40 (sangat redup)	53	40 (sangat redup)	53	Valid
5	Ada gerak dengan jarak 10 cm (dekat)	100 (sangat redup)	383	100 (sangat redup)	385	Valid
6	Tidak gerak dengan jarak 10 cm (dekat)	40 (sangat redup)	53	40 (sangat redup)	55	Valid

Pada Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan aturan atau *rule* yang telah dibuat dan diimplementasikan. Sensor RCWL dan ultrasonik dapat mendeteksi untuk menentukan kondisi dan jarak objek dengan titik lampu, sehingga *dimmer* dapat mengatur intensitas cahaya sesuai dengan *input* kedua sensor. Intensitas cahaya yang dihasilkan (lux) mengalami sedikit perbedaan dari yang diharapkan dengan hasil uji, hal ini dikarenakan adanya pengaruh dengan kondisi cahaya disekitar tepat saat uji coba dilakukan.

3.4. Analisa Penghematan Energi

Analisa penghematan energi bertujuan untuk mencari perbandingan efisiensi penggunaan energi listrik sistem yang telah buat dengan sistem konvensional dengan 2 lampu 12 watt.

Daya total yang digunakan dengan sistem konvensional saat menyala terang selama 12 jam adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{(kWH)} &= \text{Jumlah}_{\text{lampu}} \times P_{\text{lampu}} \times \text{Waktu} \\ &= 2 \times 15 \times 12 \\ &= 360 \text{ watt} \\ &= 0.36 \text{ kWH}\end{aligned}$$

Daya yang digunakan saat menggunakan sistem diasumsikan proses terang redup lampu pada jam 18:00 WIB sampai dengan jam 00:00 WIB. Daya diambil dari rata-rata daya yang terukur saat kondisi terang dan redup. Sedang pada jam 00:00 WIB sampai 6:00 WIB lampu diasumsikan dengan keadaan redup 40%. Perhitungan daya yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Daya dengan sistem *fuzzy* yang di buat saat lampu terang:

$$\begin{aligned}P &= \text{Jumlah}_{\text{lampu}} \times P_{\text{lampu}} \\ &= 2 \times 14.91 \\ &= 29.82 \text{ watt}\end{aligned}$$

- b. Daya kedua lampu saat kondisi redup 40% yang telah di lakukan pengukur sebelumnya pada Tabel 4.5 adalah sebesar 13.4537 watt. Maka daya rata-rata yang terpakai dengan sistem fuzzy adalah:

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_{\text{terang}} + P_{\text{redup}}}{2} \\ &= \frac{29.82 \times 13.4537}{2} \\ &= 21.636 \text{ watt}\end{aligned}$$

- c. Daya lampu saat menyala terang dan redup pada jam 18:00 WIB sampai dengan jam 00:00 WIB atau selam 6 jam adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P &= P_{\text{redup \& terang}} \times \text{Waktu} \\ &= 21.636 \times 6 \\ &= 129.816 \text{ watt}\end{aligned}$$

- d. Daya lampu saat menyala redup pada jam 00:00 WIB sampai 6:00 WIB atau selama 6 jam lampu diasumsikan dengan keadaan redup 40 % adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}P &= P_{\text{redup}} \times \text{Waktu} \\ &= 13.4537 \times 6 \\ &= 80.722 \text{ watt}\end{aligned}$$

Maka daya total dengan sistem *fuzzy* adalah:

$$\begin{aligned}P_{\text{total}} &= 129.816 + 80.722 \\ &= 210.538 \text{ watt} \\ &= 0.210 \text{ kWH}\end{aligned}$$

Efesisensi daya yang dapat dihemat adalah:

$$\text{Perkiraan hemat energi} = P_{\text{konvensional}} - P_{\text{sistem}}$$

$$= 0.36 - 0.21$$

$$= 0.149 \text{ kWh}$$

Dari perhitungan daya diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan energi dengan sistem *fuzzy* dapat menghemat penggunaan energi listrik sebesar 0.149 kWh.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem kendali lampu pedestrian dapat berjalan secara otomatis sesuai dengan keadaan sekitar titik lampu dan mampu mengefisienkan penggunaan energi listrik sebesar 0.149 kWh. Implementasi dari logika *fuzzy* sugeno untuk mengatur intensitas lampu dilakukan setelah tahap perancangan sistem logika *fuzzy*, yang terdiri dari beberapa tahap yaitu menentukan keanggotaan variabel *input* jarak dan gerak, variabel *output* berupa intensitas dengan *range* presentase 0-100%, membentuk aturan *fuzzy (rule)* selanjutnya mencari α -predikat minimum pada masing-masing *rule*, terakhir mencari hasil. Pembacaan sensor Ultrasonik Ping dan RCWL 0516 digunakan sebagai *input* dari kendali logika *fuzzy*, yang mempresentasikan sebagai variabel *input* jarak dan gerak dengan Arduino UNO sebagai papan kendali sistem tersebut. Optimasi pembacaan jarak dan gerak dari *input* sensor sangat tergantung dari penempatan sensor yang dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yuliana, "Perancangan Jalur Pedestrian di jalan Prof. Abdurahman Basalamah Makassar," 2016.
- [2] S. Ersina, I. Rahayu, and others, "PERANCANGAN JALUR PEDESTRIAN DI JALAN PROF. ABDURAHMAN BASALAMAH MAKASSAR," *Nat. Natl. Acad. J. Archit.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–65, 2017.
- [3] A. Effendi and A. Suryana, "Evaluasi Sistem Pencahayaan Lampu Jalan Di Kecamatan Sungai Bahar," *J. Tek. Elektro ITP ISSN 2252-3472*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [4] M. A. S. Rizal, S. B. Utomo, and others, "Perancangan Controlling and Monitoring Penerangan Jalan Umum (PJU) Energi Panel Surya Berbasis Fuzzy Logic Dan Jaringan Internet," *ReTII*, 2016.
- [5] J. Lianda and J. Custer, "Aplikasi Programable Logic Control (PLC) Pada Penerangan Jalan Umum yang Hemat Energi," 2015.
- [6] Y. A. Suryo, "PERANCANGAN SISTEM KONTROL OTOMATIS LAMPU BALAI DESA DAN JALAN BERBASIS RELAY TIMER DI DESA WOTANSARI BALONG PANGGANG," *DedikasiMU J. Community Serv.*, vol. 2, no. 1, pp. 189–196, 2020.
- [7] N. Kasan, "RANCANG BANGUN MODUL KONTROL OTOMATIS DENGAN KOMPARATOR CLOSED-LOOP AMPLIFIER UNTUK LAMPU PENERANGAN JALAN," in *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)*, 2017, no. 3.
- [8] P. Sudibyo, Y. Shalahuddin, and M. Yahya, "Single Axis Tracking PV Panel Using Fuzzy Logic Control," *JTECS J. Sist. Telekomun. Elektron. Sist. Kontrol Power Sist. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [9] P. A. Fisabila, "PENGEMBANGAN ALAT KONTROL PENDINGIN RUANGAN DAN LAMPU MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266," Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, 2020.
- [10] A. M. Khafi, D. Erwanto, and Y. B. Utomo, "Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT," *Gener. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 37–45, 2019.
- [11] Q. Aini, U. Rahardja, H. Madiistriyatno, and A. Fuad, "Rancang bangun alat monitoring pergerakan objek pada ruangan menggunakan modul RCWL 0516," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 41–46, 2018.
- [12] M. A. Fikri, D. Erwanto, and D. E. Yuliana, "Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno," 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jis/article/view/3409>.