

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU OTOMATIS MENGUNAKAN SKEMA *TIME DELAY* BERBASIS FUZZY

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC LAMP CONTROL SYSTEM USING FUZZY BASED TIME DELAY SCHEME

Bima Ilham Naufal¹, Asep Suhendi², Endang Rosdiana³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

bimailhamn@student.telkomuniversity.ac.id¹, suhendi@telkomuniversity.ac.id²,

endangr@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pemborosan daya listrik sering kali menjadi masalah di zaman yang masih serba manual ini. Banyak pengguna yang lalai akan betapa pentingnya pengelolaan waktu pemakaiannya. Dalam rangka untuk mengatasinya dibuatlah sistem kendali untuk lampu otomatis berbasis sensor *Passive Infra Red* (PIR). Sensor PIR tidak bisa mendeteksi pengguna yang cenderung diam, oleh sebab itu aplikasi *time delay* akan sangat cocok diterapkan di ruangan dengan sedikit aktivitas. Untuk semakin menunjang dalam pemakaian waktu lampu, maka ditambahkan skema *time delay* pada sistem pengendali tersebut, dimana *time delay* akan menutupi kekurangan dari sistem pengendali berbasis Sensor PIR yang terlalu cepat lepas dari sistem deteksi jika orang cenderung tidak bergerak meskipun masih dalam daerah kerja sensor. Oleh karena itu akan dilakukan perancangan sistem kendali dengan metode *time delay* berbasis logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan *time delay* berdasarkan jumlah aktivitas yang terdeteksi oleh sensor. Sedangkan representasi *time delay* merupakan hasil observasi penelitian yang mempunyai kriteria rentang himpunan antara *input* dengan *output* adalah dari *short* (0-10) menit, *medium* (5-20) menit, sampai *long* (15-25) menit. Secara keseluruhan pengoprasian sistem pengendali berhasil jika dilihat dari faktor alur kerjanya, dimana hasil analisis data menunjukkan sistem memiliki persentase efektifitas penerapan dan akurasi *output* pada *time delay* sebesar 58,33% dan 95,55%.

Kata Kunci: Sistem kendali lampu otomatis, *time delay*, Sensor PIR, *fuzzy*

Abstract

Waste of electric power is often a problem in this era that is still completely manual. Many users are unaware of the importance of managing lamp usage time. In order to overcome this, an automatic light control system based on the Passive Infra Red (PIR) sensor was created. The PIR sensor cannot detect users who tend to be silent, therefore the time delay application will be very suitable to be applied in a room with little activity. To further support the use of lamp time, a time delay scheme is added to the control system, where the time delay will cover the shortcomings of the PIR Sensor-based control system which is too quickly separated from the detection system if people tend not to move even though it is still in the sensor working area. Therefore, a control system design will be carried out using the time delay method based on fuzzy logic. Fuzzy logic is used to determine the time delay based on the number of activities detected by the sensor. While the time delay representation is the result of research observations which have set range criteria between input and output is from short (0-10) minutes, medium (5-20) minutes, to long (15-25) minutes. Overall the operation of the control system was successful when viewed from the workflow factor, where the results of data analysis show the system has a percentage of implementation effectiveness and output accuracy at time delay of 58.33% and 95.55%.

Keywords: Automatic light control system, *time delay*, PIR sensor, *fuzzy*

I. PENDAHULUAN

Saat ini berbagai piranti listrik kebanyakan masih dikendalikan secara manual dengan menekan tombol saklar *on/off*. Untuk mewujudkan kepraktisan dan efisiensi, dibutuhkan sistem yang berjalan secara otomatis guna menghindari kelalaian pengguna yang sudah banyak menimbulkan indikasi borosnya pemakaian listrik [1]. Pemborosan pemakaian listrik menjadi salah satu penyebab

kerugian dalam hal pengelolaan sumber daya listrik, baik pada sebuah bangunan, tempat wisata, maupun fasilitas umum. Peralatan listrik yang seringkali lupa dimatikan mengakibatkan energi listrik terbuang dengan percuma. Pemborosan dalam pengelolaan peralatan listrik salah satunya adalah pada waktu penggunaan lampu yang terlalu lama [2].

Penelitian tentang sistem pengendali lampu telah dilakukan [3]. Pada penelitian sebelumnya, sistem tidak menggunakan skema *time delay* pada suatu ruangan dengan sedikit aktivitas dimana objek areanya adalah kamar mandi yaitu pada saat seseorang yang masih menggunakan atau masih berada di dalam kamar mandi, karena aktivitas seseorang tersebut cenderung diam atau kurangnya pergerakan yang terdeteksi oleh sensor PIR maka lampu dikamar mandi tersebut akan langsung mati [4]. Penggunaan *time delay* merupakan solusi baru dalam permasalahan ini. Dalam hal ini penggunaan sistem dengan *time delay* cocok untuk diterapkan dimana program yang bekerja sebagai pengatur waktu setelah sinyal dari sensor terbaca *off* maka sistem akan benar benar bertindak *off* pada waktu yang telah ditentukan oleh *time delay*.

Perbedaan lainnya terletak pada pemodelan dasar sistem dimana pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan pemodelan dasar boolean sedangkan pada penelitian ini akan menggunakan pemodelan dasar fuzzy untuk memecahkan masalah yang lebih rumit. Sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis [5]. Dalam hal ini logika fuzzy digunakan untuk menentukan *time delay* berdasarkan jumlah aktivitas yang terdeteksi oleh sensor pada sistem yang terdiri dari *mikrokontroler* dan sensor PIR.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendali lampu toilet dengan pengaturan *time delay* berbasis logika fuzzy. Mengoptimalkan sistem pengendali dengan mengidentifikasi hasil observasi, serta menganalisis data efektifitas dan akurasi dari *time delay*.

II. KAJIAN TEORI

A. Sensor Passive InfraRed Receiver (PIR)

PIR merupakan sebuah sensor dengan prinsip kerja pada *infrared*. Berbeda dengan sensor *infrared* pada umumnya, PIR tidak memancarkan, melainkan merespon pancaran. Dalam hal ini sensor PIR bersifat pasif yaitu, hanya merespon pancaran sinar inframerah dari setiap benda yang terdeteksi oleh sensor PIR [6]

B. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu kontroler yang digunakan untuk mengontrol suatu proses atau pekerjaan terhadap aspek-aspek lingkungan, salah satu contoh aplikasi dari *mikrokontroler* adalah untuk mengendalikan lampu rumah secara otomatis yaitu ketika malam hari lampu otomatis akan menyala dan ketika siang hari lampu akan otomatis mati [7]

C. Relay

Relay menggunakan prinsip dasar elektromagnetik untuk menggerakkan kontak pada saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik dengan tegangan lebih besar. Sebagai salah satu komponen elektronika, *relay* mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik, yaitu untuk menghidupkan suatu perangkat yang

memerlukan arus besar tanpa harus terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian *relay* dapat berfungsi sebagai pengaman pada komponen elektronika. [8]

D. Time Delay

Time delay didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menunda suatu kondisi ke suatu kondisi sesudahnya, terjadi secara alami maupun buatan. Pada yang buatan biasanya digunakan untuk mencapai suatu tujuan tertentu pada sistem. Pengaplikasian *time delay* berfungsi dalam upaya mencapai suatu nilai yang sesuai dengan nilai *set point*-nya. [9]

E. NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah *board* elektronik dengan kemampuan menjalankan fungsi *mikrokontroler* dan juga koneksi internet (*WiFi*). NodeMCU dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi *monitoring* maupun *controlling* pada proyek IOT, karena memiliki kemampuan *on-board processing* dan *storage* yang mudah diintegrasikan dengan sensor-sensor[10]

F. Logika fuzzy

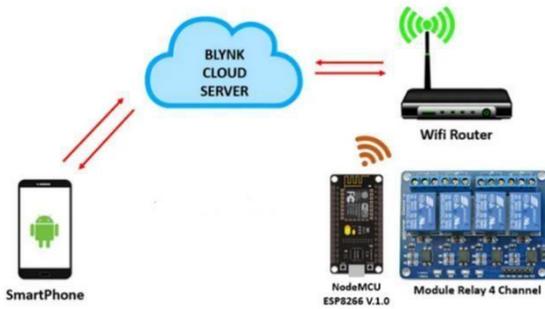
Logika *fuzzy* diaplikasikan untuk mengubah suatu besaran fisis kedalam suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*) sebelum nantinya diterjemahkan kembali melalui suatu aturan-aturan, misalkan besaran suhu ruangan yang diekspresikan dengan dingin, sedang, hangat, dan panas. Secara umum dalam sistem logika fuzzy terdapat empat buah elemen dasar, yaitu [5] :

1. Basis kaidah (*rule base*), yang berisi aturan-aturan berbahasa *linguistic* yang menyatakan suatu kondisi.
2. Proses fuzzyfikasi (*fuzzification*), yang mengubah besaran tegas (*crisp*) kebesaran linguistik yang mengandung suatu fungsi keanggotaan.
3. Mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*), pemetaan nilai *input* terhadap nilai *output* melalui suatu proses perumusan.
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), proses perubahan data-data *fuzzy* dari *inference engine*, menjadi besaran tegas (*crisp*).

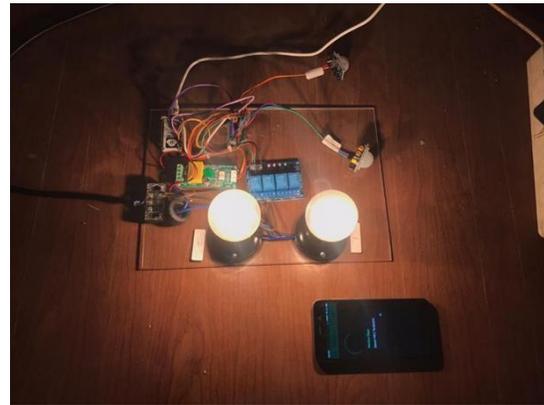
III. METODE

A. Alur Kerja Sistem

NodeMCU merupakan komponen utama untuk mengatur serangkaian proses pada sistem. *Input* dari NodeMCU ini berasal dari dua Sensor PIR berupa nilai dalam bentuk data yaitu durasi terdeteksi. Nilai data yang masuk ke NodeMCU akan disimpan di *database* lalu diproses sehingga menjadi *output* berupa data informasi. Data informasi tersebut adalah perintah untuk *Relay* agar dapat menekan tombol *On/off* arus kepada lampu berdasarkan *delay*, dimana *delay* merupakan representasi dari *output fuzzy*. Hasil dari *output* data tersebut yaitu durasi *delay*, tegangan, arus, daya, dan energi akan dimonitoring menggunakan perangkat lunak *Blynk*.



GAMBAR 1
ALUR KERJA SISTEM



GAMBAR 3
PERANCANGAN SISTEM

B. Desain Pemodelan

Sistem pengendali lampu diimplementasikan di toilet kantor Asparagus dengan pemasangan 2 sensor PIR di 2 titik yang berbeda



GAMBAR 2
TAMPAK SENSOR PADA TOILET :
(A) SENSOR PIR 1, (B) SENSOR PIR 2

Pada proses ini pemasangan 2 sensor PIR bertujuan untuk memperoleh data terdeteksinya sensor. Ketika sensor mendeteksi maka informasi akan diterima lewat notifikasi di *Smartphone*. Deretan notifikasi yang masuk akan di *list* berdasarkan *timeline* kejadian, yang nantinya akan menjadi masukan pada nilai tegas agar dapat diestimasi nilainya menjadi parameter waktu pada *time delay*.

C. Perancangan Sistem

Perancangan alat yang menjadi sistem kendali utama dalam mengontrol hidup-matinya lampu terdiri dari hasil perancangan perangkat keras dan perangkat lunak penelitian

Gambar 3 menunjukkan perancangan sistem dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. NodeMCU
NodeMCU yang digunakan adalah Versi 1.0 Amica yang memiliki *System On Chip* ESP8266, *firmware* menggunakan bahasa pemrograman *scripting* Lua. Jalur komunikasi bisa melalui akses ke jaringan *Wifi* dan juga akses ke *chip USB to serial*.
2. Sensor PIR
Sensor PIR yang digunakan adalah tipe HC-SR501 yang mempunyai *time delay* dan *sensitivity adjustment*. Memiliki 3 Pin komunikasi utama yaitu *Input DC Power*, *Output Digital*, dan *ground*.
3. Relay
Relay yang digunakan adalah Relay modul 4 channel yang mempunyai arus dan tegangan operasi maksimal sebesar 10A /250VAC atau 10A / 30VDC. Modul ini juga dilengkapi dengan *optocoupler isolation* yang berfungsi untuk melindungi perangkat dari arus berlebih.
4. PZEM-004T
Modul PZEM-004T yang digunakan adalah Versi 3.0 yang merupakan *Upgrade* dari versi 2.0 sehingga memiliki akurasi yang lebih tinggi dan kecepatan waktu pembacaan yang lebih cepat, pada versi 3.0 fungsi untuk *reset energi* menggunakan *software*. Selain itu model yang akan digunakan adalah model 100 *Ampere*.
5. Blynk
Project pada *blynk* yang akan dibuat bernama monitor daya. Dengan konfigurasi yaitu : 4 *Display Setting* dan 1 *Notification Setting*.

D. Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian kali ini analisis mengenai keakuratan, efektifitas, dan efisiensi pada pengimplementasian sistem adalah bertujuan untuk mengetahui apakah sistem ini layak untuk diterapkan atau tidak. Untuk itu dilakukan pengambilan dan analisis data yang terdiri dari 2 metode.

1. Efektivitas penerapan sistem pengendali menggunakan *time delay* membandingkan laju energi dengan laju frekuensi terhadap waktu di

setiap jam selama 12 jam. Data-data yang didapatkan akan dianalisa.

- Keakuratan *time delay* pada sistem pengendali membandingkan *delay* pada sistem dengan *delay* perhitungan secara manual menggunakan metode pengambilan keputusan *fuzzy*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Logika Fuzzy

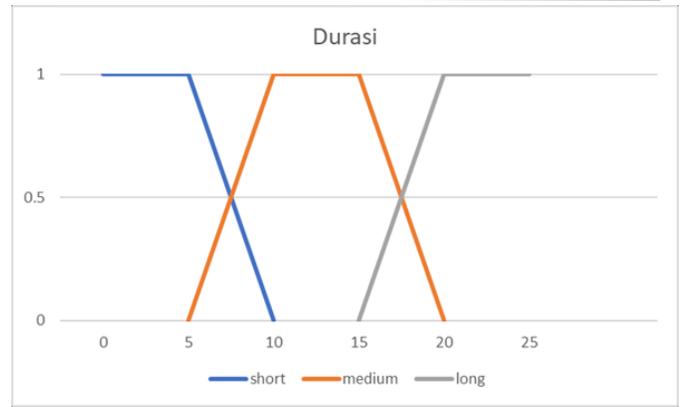
Nilai masukan tegas akan didefinisikan kedalam bentuk himpunan *fuzzy* dengan variabel, yaitu : *Short*, *Medium*, *Long*. Hasil data yang diperoleh akan dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam interval waktu dimana durasi Sensor PIR 1 dan durasi Sensor PIR 2 sebagai *input* dan *time delay* sebagai *output*.

Letak Q1, Q2, Q3 berturut turut berada di kelas (5–10), (10–15), (15–20). Menggunakan cara yang sama maka akan diperoleh Q1, Q2, Q3 pada *input* Sensor PIR 2 dan *output Time Delay* yaitu berturut turut (5–10), (10–15), (15–20). Dari kelas interval tersebut dapat ditentukan domain pada himpunan fungsi keanggotaan Fuzzy.

TABEL 1
DOMAIN FUNGSI KEANGGOTAAN FUZZY

Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Durasi Sensor PIR 1	<i>Short</i>	(0 -10)
	<i>Medium</i>	(5-20)
	<i>Long</i>	(15-25)
Durasi Sensor PIR 2	<i>Short</i>	(0 -10)
	<i>Medium</i>	(5-20)
	<i>Long</i>	(15-25)
Durasi <i>time delay</i>	<i>Short</i>	(0 -10)
	<i>Medium</i>	(5-20)
	<i>Long</i>	(15-25)

Variabel fuzzy akan membentuk fungsi keanggotaan agar dapat mempresentasikan nilai-nilai dalam himpunan *fuzzy*, dimana fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat-derajat keanggotaan pada interval nol tertutup sampai satu (0, 1). Untuk itu berdasarkan domain pada tabel 1 dan letak kuartil yang sudah didapatkan maka himpunan *fuzzy* yaitu : *short*, *medium*, *long* pada variabel durasi Sensor PIR 1, durasi sensor PIR 2, durasi *time delay* seluruhnya dapat digambarkan melalui grafik representasi kurva trapesium. Berikut adalah gambaran dari representasi kurva trapesium berturut-turut.



GAMBAR 4
FUZZYFIKASI HIMPUNAN DURASI 1

Bentuk persamaan derajat keanggotaan untuk input Sensor PIR 1 akan menjadi

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

$$\mu_{medium}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 5 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{(x-5)}{5} & ; 5 \leq x \leq 10 \\ 1 & ; 10 \leq x \leq 15 \\ \frac{(20-x)}{5} & ; 15 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{long}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \\ \frac{(x-15)}{5} & ; x \geq 20 \\ 1 & ; 15 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \leq 15 \end{cases} \quad (3)$$

Secara keseluruhan antara variabel *input* Durasi 1, Durasi 2, dan *output time delay* mempunyai bentuk kurva dan nilai interval yang sama sehingga bentuk penyajiannya akan menjadi seperti berikut.

TABEL 2
PEMETAAN HIMPUNAN TERHADAP VARIABEL

	Durasi 1	Durasi 2	Time Delay
Short	<= 10 Menit	<= 10 Menit	<= 10 Menit
Medium	5 - 20 Menit	5 - 20 Menit	5 - 20 Menit
Long	>= 15 Menit	>= 15 Menit	>= 15 Menit

B. Efektifitas *Time Delay*

Efektifitas dari *time delay* dapat diketahui melalui perbandingan laju energi dengan laju frekuensi terhadap waktu. Jika hasil data frekuensi lebih kecil daripada energi yang dihasilkan maka, bisa dikatakan penerapan sistem menggunakan *time delay* efektif dilihat dari hasil tabel dan rumus yang digunakan.

Pada penelitian ini proses pengambilan data akan melalui uji coba, dimana uji coba dilakukan di toilet kantor Asparagus yang memiliki sistem penerangan 2 buah lampu dengan daya masing masing 60 Watt.

Data-data yang diperoleh dipetakan berdasarkan jam jam kejadian yang akan dilakukan selama 12 jam dimulai dari pukul 06.00. Berikut adalah perolehan data yang

disusun kedalam bentuk tabel berdasarkan waktu kejadiannya.

TABEL 3

PEROLEHAN DATA ENERGI DAN FREKUENSI KUMULATIF

Waktu (Jam)	Energi (Kwh)	Frekuensi Kumulatif
06.00-07.00	0,02	4
07.00-08.00	0,05	6
08.00-09.00	0,078	11
09.00-10.00	0,114	13
10.00-11.00	0,131	14
11.00-12.00	0,141	22
12.00-13.00	0,195	25
13.00-14.00	0,22	27
14.00-15.00	0,261	28
15.00-16.00	0,284	34
16.00-17.00	0,294	35
17.00-18.00	0,341	44

Selanjutnya untuk dapat menggambarkannya dalam bentuk suatu kelajuan terhadap waktu maka dicari terlebih dahulu nilai selisih energi dan frekuensinya. Dimana selisih energi jika didefinisikan dalam bentuk persamaan adalah,

$$\Delta W = W_n - W_{n-1} \quad (4)$$

ΔW = Selisih Energy

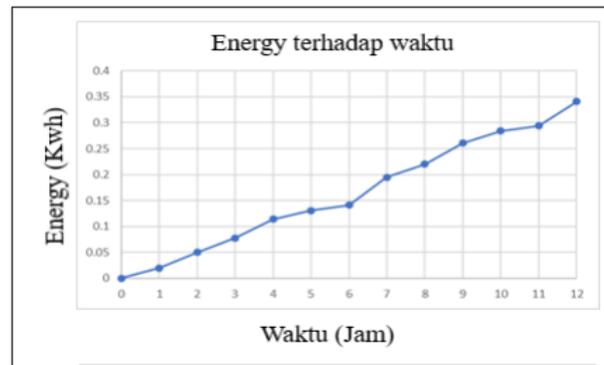
W_n = Energy ke n data

TABEL 4

DATA SELISIH ENERGI DAN FREKUENSI

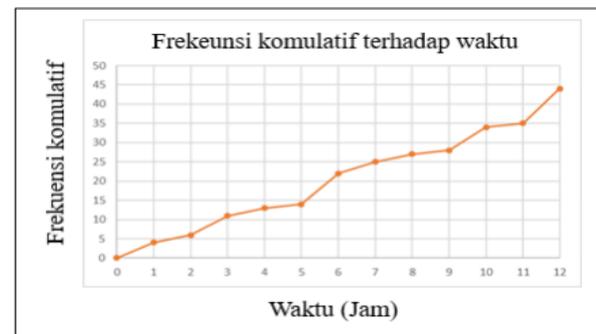
Selisih Energi (Kwh)	Frekuensi
0,02	4
0,03	2
0,028	5
0,036	2
0,017	1
0,010	8
0,054	3
0,025	2
0,041	1
0,023	6
0,01	1
0,047	9

Berdasarkan tabel 3 dan 4, data-data yang telah disusun tersebut bisa digambarkan ke dalam sebuah bentuk grafik, sehingga terlihat nilai kelajuannya terhadap waktu



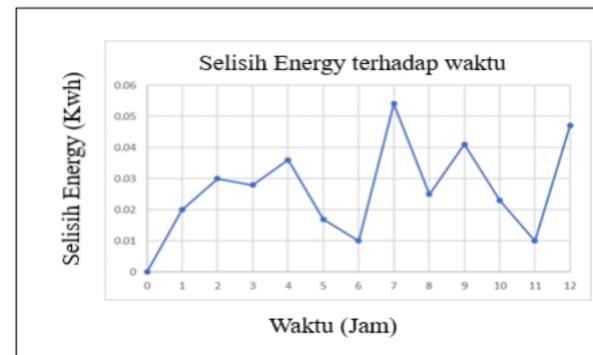
GAMBAR 5
GRAFIK ENERGI TERHADAP WAKTU

Gambar 5 menunjukkan nilai dari energi listrik akan terus bertambah seiring bertambahnya waktu sampai mencapai di titik 12 atau pada pukul 17.00 – 18.00, dimana nilai dari energi tersebut mencapai ± 0,35 Kwh.



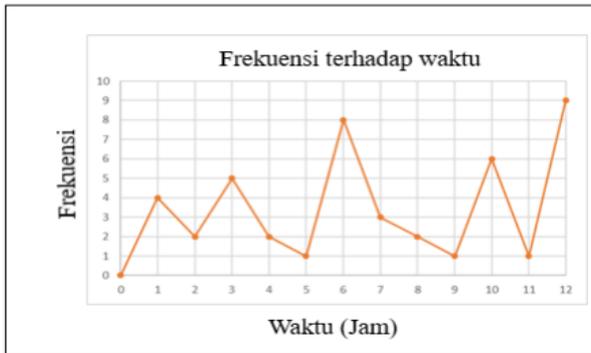
GAMBAR 6
GRAFIK FREKUENSI KUMULATIF TERHADAP WAKTU

Gambar 6 menunjukkan nilai dari frekuensi kumulatif akan terus bertambah seiring bertambahnya waktu sampai mencapai di titik 12 atau pada pukul 17.00 – 18.00 dimana jumlah orang terdeteksi sampai pukul tersebut sebanyak ±45 orang



GAMBAR 7
GRAFIK SELISIH ENERGI TERHADAP WAKTU

Gambar 7 menunjukkan nilai dari selisih energi naik turun terhadap kelajuan waktu dimana titik puncak berada di titik 7 atau pada pukul 12.00 – 13.00 yang mengartikan pada pukul tersebut jumlah pemakaian lampu boros energi. Sedangkan titik terendah berada di titik 6 dan titik 11 atau pada pukul 11.00 – 12.00 dan 16.00 – 17.00 yang mengartikan pada pukul tersebut pemakaian lampu hemat energi



GAMBAR 8
GRAFIK FREKUENSI TERHADAP WAKTU

Gambar 8 menunjukkan nilai frekuensi naik turun terhadap kelajuan waktu dimana titik puncaknya berada di titik 12 atau pada pukul 17.00 – 18.00 yang mengartikan pada pukul tersebut banyak orang terdeteksi sedangkan titik terendah berada di titik 5,9, dan 11 atau berturut turut pada pukul 10.00 – 11.00, 14.00 – 15.00, dan pukul 15.00 – 17.00. yang mengartikan sedikit orang terdeteksi pada pukul tersebut. Jika akan dibandingkan data energi dengan data frekuensi ke dalam satu grafik kelajuan maka setiap datanya diubah kedalam bentuk persentase yaitu berdasarkan persentase nilai maksimum setiap datanya



GAMBAR 9
GRAFIK PERBANDINGAN PERSENTASE SELISIH ENERGI
DENGAN FREKUENSI

Gambar 9 menunjukkan garis antara selisih energi dan frekuensi ada yang berhimpitan dan ada juga yang memiliki interval yang sangat lebar di setiap titik-titik waktunya. Interval-interval antara kedua garis ini dapat menyatakan waktu pemakaian per individu sehingga bisa diketahui efektifitas *time delay* disetiap titik waktu. Maka jika dinotasikan ke dalam bentuk persamaan akan menjadi.

$$t_n \begin{cases} \text{Tidak efektif} & ; \% \Delta W_n < \% f_n \\ \text{Efektif} & ; \% \Delta W_n > \% f_n \end{cases} \quad (5)$$

t_n = Titik waktu ke n data

$\% \Delta W_n$ = Persentase Selisih *Energy* pada saat ke n data

$\% f_n$ = Persentase Frekuensi pada saat ke n data

Pada persamaan (5) dapat dibuktikan bahwa titik- titik waktu pada percobaan termasuk kedalam himpunan berikut.

$$\text{Efektif} = \{t_2, t_4, t_5, t_7, t_8, t_9, t_{11}\}$$

$$\text{Tidak efektif} = \{t_1, t_3, t_6, t_{10}, t_{12}\}$$

Oleh karena itu jumlah anggota pada himpunan efektif sebanyak 7 anggota dan himpunan tidak efektif sebanyak 5 anggota, maka nilai dari pada persentase keikutsertaan tiap-tiap himpunan keanggotaan dapat dijabarkan melalui persamaan

$$\text{Persentase data terhadap nilai maksimum} = \frac{x_{real}}{x_{maksimum}} \times 100\% \quad (6)$$

sehingga didapatkan persentase keikutsertaan himpunan efektif sebesar 58,33% .

Secara keseluruhan pada analisis kali ini penerapan *time delay* pada sistem mempunyai jumlah anggota himpunan sebanyak 7 anggota dari semesta 12 anggota. Maka jika dipersentasekan keikutsertaan nilai efektifitasnya menjadi 58,33%. Tidak 100% efektif dikarenakan adanya titik titik waktu yang lebih efektif jika tanpa menerapkan *time delay*.

C. Akurasi *time delay*

Untuk menguji akurasi sistem, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap data yaitu dengan membandingkan *output* durasi *delay* yang dihasilkan lampu secara aktual oleh sistem dengan metode pengambilan keputusan *fuzzy* secara manual. Dimana pada saat defuzzifikasi akan menggunakan metode *Center of gravity*. Berikut adalah data yang diperoleh melalui uji coba menggunakan sistem secara aktual yaitu data antara nilai input durasi sensor PIR 1, durasi sensor PIR 2, dengan *output* durasi *time delay*.

TABEL 5
HASIL PERCOBAAN *TIME DELAY*

Percobaan Ke-	Durasi 1 (menit)	Durasi 2 (menit)	<i>Time Delay</i> (menit)
1	7	12	12,5
2	16	22	20
3	17	9	14,85
4	8	18	16,30
5	14	24	20

Setelah didapatkan data maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan manual menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*. Pada metode ini nilai tegas *output* diperoleh dengan cara menitik beratkan kurva berdasarkan hasil dari proses pengambilan keputusan yang memiliki persamaan berikut dalam proses defuzzyfikasinya, dengan aturan-aturan yang dibentuk berdasarkan himpunan *short*, *medium*, *long*.

$$y^* = \frac{\int \mu x(y).ydy}{\int \mu x(y)dy} \tag{7}$$

- y^* = Titik pusat
- $\int \mu x(y). ydy$ = Momen dari hasil komposisi
- $\int \mu x(y)dy$ = Luas daerah hasil komposisi

TABEL 6
RULE EVALUATION

Durasi 1 \ Durasi 2	Short	Medium	Long
Short	Short	Medium	Medium
Medium	Medium	Medium	Long
Long	Medium	Long	Long

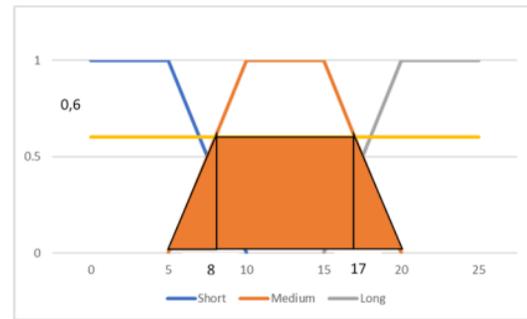
1. Percobaan ke 1

$$\mu_{Durasi 1. short}(7) = -\frac{(7-10)}{10-5} = 0,6$$

$$\mu_{Durasi 1. medium}(7) = -\frac{(7-5)}{10-5} = 0,4$$

$$\mu_{Durasi 2. medium}(12) = 1$$

Durasi satu 7 menit dan Durasi dua 12 menit. 7 menit berada diantara himpunan *short* dan *medium* sedangkan 12 menit berada hanya di himpunan *medium*. Telah didapatkan 2 aturan dari 3 fuzzy *input*, maka selanjutnya masuk ke tahapan inferensi dimana aturan *conjunction* dan *disjunction* digunakan untuk memilih derajat keanggotaan. Dengan menggunakan aturan *conjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan minimum, maka diperoleh IF durasi 1 is *short* (0,6) AND durasi 2 is *medium* (1) THEN *time delay is medium* (0,6) IF durasi 1 is *medium* (0,4) AND durasi 2 is *medium* (1) THEN *time delay is medium* (0,4) Menggunakan aturan *disjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan maksimum dari variabel *time delay*. *Time delay is medium* (0,6) v *Time delay is medium* (0,4) = *Time delay is medium* (0,6) 65 Maka didapatkan satu fuzzy *output* yaitu *medium* (0,6). Selanjutnya masuk ke tahapan defuzzifikasi dengan menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*.



GAMBAR 10
LUAS DAERAH HASIL KOMPOSISI PERCOBAAN KE 1

- a. Luas tiap daerah hasil komposisi

$$A_1 = \frac{(8-5) \times 0,6}{2} = 0,9$$

$$A_2 = (17 - 8) \times 0,6 = 5,4$$

$$A_3 = A_1$$

- b. Fungsi komposisi

$$\mu_{SF[y]} = \begin{cases} 0,2x - 1 & ; 5 \leq x \leq 8 \\ 0,6 & ; 8 \leq x \leq 17 \\ 4 - 0,2x & ; 17 \leq x \leq 20 \end{cases}$$

- c. Menghitung momen

$$M_1 = \int_5^8 (0,2y - 1)y dy = 0,066y^3 - 0,5y^2 \Big|_5^8 = 6,042$$

$$M_2 = \int_8^{17} (0,6)y dy = 0,3y^2 \Big|_8^{17} = 67,5$$

$$M_3 = \int_{17}^{20} (4 - 0,2y)y dy = 2y^2 - 0,066y^3 \Big|_{17}^{20} = 18,528$$

- d. Titik pusat

$$y^* = \frac{(M_1 + M_2 + M_3)}{(A_1 + A_2 + A_3)} \tag{8}$$

$$y^* = \frac{(6,042 + 67,5 + 18,528)}{(0,9 + 5,4 + 0,9)} = 12,7875$$

Jadi untuk durasi satu 7 menit dan durasi dua 12 menit diperlukan durasi *Time delay* selama 12,7875 menit.

2. Percobaan ke 2

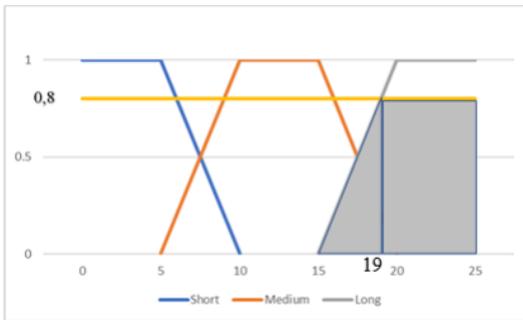
$$\mu_{Durasi 1. medium}(16) = -\frac{(16-20)}{20-15} = 0,8$$

$$\mu_{Durasi 1. long}(16) = -\frac{(16-15)}{20-15} = 0,2$$

$$\mu_{Durasi 2. long}(22) = 1$$

Durasi satu 16 menit dan durasi dua 22 menit. 16 menit berada diantara himpunan *medium* dan *long* sedangkan 22

menit berada di hanya himpunan *long*. Telah didapatkan 2 aturan dari 3 fuzzy *input*, maka selanjutnya masuk ke tahapan *inferensi* dimana aturan *conjunction* dan *disjunction* digunakan untuk memilih derajat keanggotaan. Dengan menggunakan aturan *conjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan minimum, maka diperoleh IF durasi 1 is *medium* (0,8) AND durasi 2 is *long* (1) THEN *time delay is long* (0,8) IF durasi 1 is *long* (0,2) AND durasi 2 is *medium* (1) THEN *time delay is long* (0,2) Menggunakan aturan *disjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan maksimum dari variabel *time delay*. *Time delay is long* (0,8) v *time delay is long* (0,2) = *Time delay is long* (0,8) Maka didapatkan satu fuzzy *output* yaitu *long* (0,8). Selanjutnya masuk ke tahapan defuzzifikasi dengan menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*.



GAMBAR 11

LUAS DAERAH HASIL KOMPOSISI PERCOBAAN KE 2

- a. Luas tiap daerah hasil komposisi

$$A_1 = \frac{((19-15) \times 0,8)}{2} = 1,6$$

$$A_2 = (25 - 19) \times 0,8 = 4,8$$

- b. Fungsi komposisi

$$\mu_{SF[y]} = \begin{cases} 0,2x - 3 & ; 15 \leq x \leq 19 \\ 0,8 & ; 19 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

- c. Menghitung momen

$$M_1 = \int_{15}^{19} (0,2y - 3) y dy = 0,066y^3 - 1,5y^2 \Big|_{15}^{19} = 25,944$$

$$M_2 = \int_{19}^{25} (0,8) y dy = 0,4 y^2 \Big|_{19}^{25} = 105,6$$

- d. Titik pusat

$$y^* = \frac{(M_1 + M_2)}{(A_1 + A_2)} \tag{9}$$

$$y^* = \frac{(25,944 + 105,6)}{(1,6 + 4,8)} = 20,55375$$

Jadi untuk durasi satu 16 menit dan durasi dua 22 menit diperlukan durasi *time delay* selama 20,55375 menit.

3. Percobaan ke 3

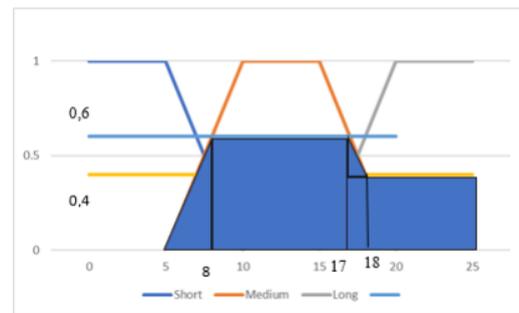
$$\mu_{Durasi 1. medium}(17) = - \frac{(17-20)}{20-15} = 0,6$$

$$\mu_{Durasi 1. long}(17) = - \frac{(17-15)}{20-15} = 0,2$$

$$\mu_{Durasi 2. short}(9) = - \frac{(16-15)}{20-15} = 0,2$$

$$\mu_{Durasi 2. long}(9) = - \frac{(16-15)}{20-15} = 0,2$$

Durasi satu 17 menit dan durasi dua 9 menit. 17 menit berada diantara himpunan *medium* dan *long* sedangkan 9 menit berada di himpunan *short* dan *medium*. Telah didapatkan 4 aturan dari 4 fuzzy *input*, maka selanjutnya masuk ke tahapan *inferensi* dimana aturan *conjunction* dan *disjunction* digunakan untuk memilih derajat keanggotaan. Dengan menggunakan aturan *conjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan minimum, maka diperoleh IF durasi 1 is *medium* (0,6) AND durasi 2 is *short* (0,2) THEN *time delay is medium* (0,2) IF durasi 1 is *medium* (0,6) AND durasi 2 is *medium* (0,8) THEN *time delay is medium* (0,6) IF durasi 1 is *long* (0,4) AND durasi 2 is *short* (0,2) THEN *time delay is medium* (0,2) IF durasi 1 is *long* (0,4) AND durasi 2 is *medium* (0,8) THEN *time delay is long* (0,4) Menggunakan aturan *disjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan maksimum dari variabel *Time delay*. *Time delay is medium* (0,2) v *Time delay is medium* (0,6) v *time delay is medium* (0,2) = *Time delay is medium* (0,6) Maka didapatkan dua fuzzy *output* yaitu *medium* (0,6) dan *long* (0,4) Selanjutnya masuk ke tahapan defuzzifikasi dengan menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*.



GAMBAR 12

LUAS DAERAH HASIL KOMPOSISI PERCOBAAN KE 3

- a. Luas tiap daerah hasil komposisi

$$A_1 = \frac{((8-5) \times 0,6)}{2} = 0,9$$

$$A_2 = (17 - 8) \times 0,6 = 5,4$$

$$A_3 = ((18-17) \times 0,4) + \frac{((18-17) \times 0,2)}{2} = 0,5$$

$$A_4 = (25 - 18) \times 0,4 = 2,8$$

b. Fungsi komposisi

$$\mu_{SF[y]} = \begin{cases} 0,2x - 1 & ; 5 \leq x \leq 8 \\ 0,6 & ; 8 \leq x \leq 17 \\ 0,4 \text{ dan } 4 - 0,2x & ; 17 \leq x \leq 18 \\ 0,4 & ; 18 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

c. Menghitung momen

$$M_1 = \int_5^8 (0,2y - 1)y dy = 0,066y^3 - 0,5y^2 \Big|_5^8 = 6,042$$

$$M_2 = \int_8^{17} (0,6)y dy = 0,3 y^2 \Big|_8^{17} = 67,5$$

$$M_3 = \int_{17}^{18} (0,4)y dy + \int_{17}^{18} (4 - 0,2y)y dy = 16,296$$

$$M_4 = \int_{18}^{25} (0,4)y dy = 0,2 y^2 \Big|_{18}^{25} = 60,2$$

d. Titik pusat

$$y^* = \frac{(M_1 + M_2 + M_3 + M_4)}{(A_1 + A_2 + A_3 + A_4)}$$

$$y^* = \frac{(6,042 + 67,5 + 16,296 + 60,2)}{(0,9 + 5,4 + 0,5 + 2,8)} = 15,628$$

Jadi untuk durasi satu 17 menit dan durasi dua 9 menit diperlukan durasi Time delay selama 15,628 menit

4. Percobaan ke 4 .

$$\mu_{Durasi 1. short}(8) = - \frac{(8-10)}{10-5} = 0,4$$

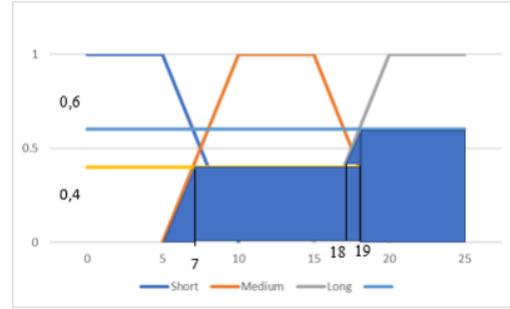
$$\mu_{Durasi 1. medium}(8) = - \frac{(8-5)}{10-5} = 0,6$$

$$\mu_{Durasi 2. medium}(18) = - \frac{(18-20)}{20-15} = 0,4$$

$$\mu_{Durasi 2. long}(18) = - \frac{(18-15)}{20-15} = 0,6$$

Durasi satu 8 menit dan durasi dua 18 menit. 8 menit berada diantara himpunan *short* dan *medium* sedangkan 18 menit berada di himpunan *medium* dan *long*. Telah didapatkan 4 aturan dari 4 fuzzy *input*, maka selanjutnya masuk ke tahapan *inferensi* dimana aturan *conjunction* dan *disjunction* digunakan untuk memilih derajat keanggotaan. Dengan menggunakan aturan *conjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan minimum, maka diperoleh IF durasi 1 is *short* (0,4) AND durasi 2 is *medium* (0,4) THEN time delay is *medium* (0,4) IF durasi 1 is *short* (0,4) AND durasi 2 is *long* (0,6) THEN time delay is *medium* (0,4) IF durasi 1 is *medium* (0,6) AND durasi 2 is *medium* (0,4) THEN time delay is *medium* (0,4) IF durasi 1 is *medium* (0,6) AND durasi 2 is *long* (0,6) THEN time delay is *long* (0,6) Menggunakan aturan *disjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan maksimum dari variabel *time delay*. Time delay is *medium* (0,4) v Time delay is *medium* (0,4) v Time delay is *medium* (0,4) = Time delay is *medium* (0,4) Maka didapatkan dua fuzzy *output* yaitu *medium* (0,4) dan *long* (0,6).

Selanjutnya masuk ke tahapan defuzzifikasi dengan menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*.



GAMBAR 13
LUAS DAERAH HASIL KOMPOSISI PERCOBAAN KE 4

a. Luas tiap daerah hasil komposisi

$$A_1 = \frac{((7-5) \times 0,4)}{2} = 0,4$$

$$A_2 = (18 - 7) \times 0,4 = 4,4$$

$$A_3 = ((19-18) \times 0,4) + \frac{((19-18) \times 0,2)}{2} = 0,5$$

$$A_4 = (25 - 19) \times 0,6 = 3,6$$

b. Fungsi komposisi

$$\mu_{SF[y]} = \begin{cases} 0,2x - 1 & ; 5 \leq x \leq 7 \\ 0,4 & ; 7 \leq x \leq 18 \\ 0,4 \text{ dan } 0,2x - 3 & ; 18 \leq x \leq 19 \\ 0,6 & ; 19 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

c. Menghitung momen

$$M_1 = \int_5^7 (0,2y - 1)y dy = 0,066y^3 - 0,5y^2 \Big|_5^7 = 2,388$$

$$M_2 = \int_7^{18} (0,4)y dy = 0,2 y^2 \Big|_7^{18} = 55$$

$$M_3 = \int_{18}^{19} (0,4)y dy + \int_{18}^{19} (0,2y - 3)y dy = 22,682$$

$$M_4 = \int_{19}^{25} (0,6)y dy = 0,3 y^2 \Big|_{19}^{25} = 79,2$$

d. Titik pusat

$$y^* = \frac{(M_1 + M_2 + M_3 + M_4)}{(A_1 + A_2 + A_3 + A_4)}$$

$$y^* = \frac{(2,388 + 55 + 22,682 + 79,2)}{(0,4 + 4,4 + 0,5 + 3,6)} = 17,895$$

Jadi untuk durasi satu 8 menit dan durasi dua 18 menit diperlukan durasi Time delay selama 17,895 menit.

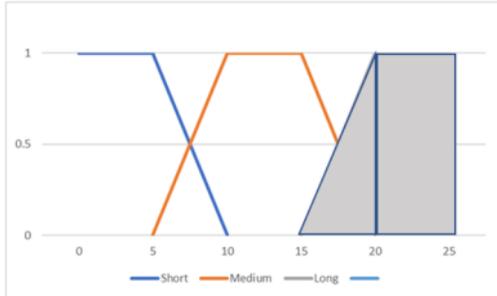
5. Percobaan ke 5

$$\mu_{Durasi 2. medium}(14) = 1$$

$$\mu_{Durasi 2. long}(24) = 1$$

Durasi satu 14 menit dan durasi dua 24 menit. 14 menit berada di himpunan *medium* sedangkan 24 menit berada

di himpunan *long*. Telah didapatkan 1 aturan dari 2 *fuzzy input*, maka selanjutnya masuk ke tahapan inferensi dimana aturan *conjunction* dan *disjunction* digunakan untuk memilih derajat keanggotaan. Menggunakan aturan *conjunction* untuk memilih nilai derajat keanggotaan minimum. Maka diperoleh IF durasi 1 *is medium* (1) AND durasi 2 *is long* (1) THEN *time delay is long* (1)Maka didapatkan 1 *fuzzy output* yaitu *long* (1)Selanjutnya masuk ke tahapan defuzzifikasi dengan menggunakan metode penyelesaian *Center of Gravity*.



GAMBAR 14
LUAS DAERAH HASIL KOMPOSISI PERCOBAAN KE 5

a. Luas tiap daerah hasil komposisi

$$A_1 = \frac{((20-15) \times 1)}{2} = 2,5$$

$$A_2 = (25 - 20) \times 1 = 5$$

b. Fungsi komposisi

$$\mu_{SF[y]} = \begin{cases} 0,2x - 3 & ; 15 \leq x \leq 20 \\ 1 & ; 20 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

c. Menghitung momen

$$M_1 = \int_{15}^{20} (0,2y - 3)y \, dy = 0,066y^3 - 1,5y^2 \Big|_{15}^{20} = 42,75$$

$$M_2 = \int_{20}^{25} (1)y \, dy = 0,5y^2 \Big|_{20}^{25} = 112,5$$

d. Titik pusat

$$y^* = \frac{(M_1 + M_2)}{(A_1 + A_2)} \tag{12}$$

$$y^* = \frac{(42,75 + 112,5)}{(2,5 + 5)} = 20,7$$

Jadi untuk durasi satu 14 menit dan durasi dua 24 menit diperlukan durasi *Time delay* selama 20,7 menit.

Setelah semua data dari percobaan diketahui maka selanjutnya untuk mendapatkan nilai akurasi pada sistem, yaitu dengan membandingkan nilai *output* sistem terhadap nilai yang didapatkan melalui hasil

perhitungan. Berikut persentase akurasinya yang akan disajikan dalam bentuk tabel.

TABEL 7
PERSENTASE AKURASI SISTEM

Percobaan ke-	Nilai output sistem (menit)	Nilai hasil perhitungan (menit)	Nilai akurasi (%)
1	12,5	12,7875	97,75
2	20	20,55375	97,30
3	14,85	15,628	95,04
4	16,30	17,895	91,08
5	20	20,7	96,61

Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem mempunyai persentase yang tinggi hampir mendekati 100% di setiap percobaan. Secara keseluruhan pada analisis kali ini sistem mempunyai persentase akurasi rata-rata sebesar 95,55% dikarenakan *fuzzy standar* pada sistem yang belum bisa mencakup seluruh luas daerah hasil komposisi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari observasi kriteria rentang himpunan durasi yang sesuai untuk *input* dan *output* adalah dari *short* (0-10) menit, *medium* (5-20) menit, sampai dengan *long* (15-25) menit. Secara keseluruhan pengoprasian sistem pengendali berhasil jika dilihat dari faktor alur kerjanya, dimana hasil analisis data menunjukkan sistem memiliki persentase efektifitas penerapan dan akurasi *output* pada *time delay* sebesar 58,33% dan 95,55%.

Perlu penelitian lebih lanjut mengenai rancangan sistem penghemat energi listrik pada instalasi penerangan, dimulai dari penggunaan selain sensor PIR, aplikasi yang digunakan serta metode yang diterapkan.

REFERENSI

[1] Syaifurrahman. 1994. Sistem Kontrol Otomatis Terhadap Pengaruh Beban Lebih dan Perubahan Tegangan Pada Instalasi Rumah Tangga. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak. Sutono. 2014.

[2] Juni Handoko, Cerdas Memanfaatkan & Mengelola Listrik Rumah Tangga. Lampu pijar: Biro efisiensi Energi, 2005.

- [3] Perancangan Sistem Aplikasi Otomatisasi Lampu Penerangan Menggunakan Sensor Gerak dan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno (ATMega 328).Majalah Ilmiah UNIKOM Vol. 12 (II). DOI : <http://dx.doi.org/10.34010/miu.v12i2.25>
- [4] Galoeh Otomo, Wildian, Sistem Kontrol Penyalaaan Lampu Ruang Berdasarkan Pendeteksian Ada Tidaknya Orang Di Dalam Ruangan, Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 4, Oktober 2013.
- [5] Supriyono,2005,Analisis Perbandingan Logika Fuzzy Dengan Regresi Berganda Sebagai Alat Peramalan,Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir–BATAN,Yogyakarta,2007.
- [6] Waworundeng, Jacqueline. dkk. Implementasi Sensor PIR Sebagai Pendeteksi Gerakan Untuk Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Platform IoT. Jurnal. Minahasa Utara: Jurusan Teknik Informatika Universitas Klabat. 2017. DOI Link : <http://dx.doi.org/10.31154/cogito.v3i2.65.152-163>
- [7] Adhi, S., Dedi, I. ketut, & Kusuma, I. N. (2015). Penerapan Mikrokontroler Sebagai Sistem Kendali Perangkat Listrik Berbasis Android. Eksplora Informatika, 4(2), 135–144
- [8] Royen, Abi. “Pengertian, Tujuan Pemakaian dan Jenis Relay”. 26 Februari 2016.
- [9] Arduino.cc. Description Pauses The Program for The Amount of Time (in milliseconds) Specified as Parameter. 21 Juni 2020. Diakses pada 5 November 2020, dari <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Reference/delay>
- [10] Kashyap, M., Sharma, V., & Gupta, N. Taking MQTT and NodeMcu To IOT : Communication in Internet of Things. Procedia Computer Science, 132(Iccids), 1611–1618 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>