

IMPLEMENTASI PENGONTROLAN INTENSITAS CAHAYA PADA LAMPU BERBASIS LOGIKA FUZZY DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR LDRR

I Gusti Agung Katon Rai Andika¹, Sigit Yuwono, S.T., M.Sc., Ph.D.², Agung Surya W, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹agungkaton@student.telkomuniversity.ac.id, ²yuwono@telkomuniversity.ac.id

³agungsw@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pencahayaan merupakan komponen penting agar manusia dapat bekerja atau mengamati benda yang sedang dikerjakannya. Dalam hal ini sumber penerangan adalah lampu. Prinsip kerja sebuah lampu pada ruangan umumnya hanya menggunakan sistem *on-off*, yang hanya memperhatikan kondisi gelap terang suatu ruangan. Pengoperasian secara konvensional dapat dikatakan belum efektif dikarenakan tidak efisiennya penggunaan energi listrik. Prinsip kontrol yang digunakan adalah kontrol *fuzzy*.

Penerapan logika *fuzzy* dalam hal ini menggunakan Metode Sugeno sebagai sistem inferensinya. Komposisi aturan menggunakan operator *AND* dan *IF-THEN*, proses *defuzzyfikasi* menggunakan metode *weighted average*. Elemen kontrol pada sistem kontrol ini ialah *mikrokontroler* dengan *input setpoint* dan sensor cahaya (LDR). Informasi dari kendali akan dikirim kepada *aktuator* yaitu *AC Light Dimmer* dan plan yaitu dua buah lampu pijar. Dengan tujuan agar sistem tetap berjalan stabil apabila salah satu lampu bermasalah (*fault tolerant*). Sehingga tetap menjaga intensitas cahaya ideal diruangan berkisar 120~250 *lux*. Apabila terjadi kegagalan pada salah satu lampu maka terdapat indikator alarm dari *buzzer*.

Sistem ini diuji dalam sebuah prototipe ruang uji. Sistem ini memperoleh performa terbaik pada titik 200 *lux*, pada kondisi tersebut saat diuji tanpa diberikan gangguan. Respons sistem yang dihasilkan ialah 2,81 detik untuk waktu naik, 11,25 detik untuk mencapai kondisi tunak, nilai lewatan sebesar 0,65% dan galat tunak sebesar 1,91%. Pada saat diberikan gangguan cahaya senter ponsel akumulasi sistem memerlukan waktu 18,05 detik untuk kembali pada kondisi tunak dan harga galatnya 1,63%, dan saat diberikan gangguan salah satu lampu dimatikan akumulasi sistem memerlukan waktu 9,18 detik untuk kembali pada kondisi tunak dan harga galatnya 5,58% .

Kata Kunci: *Intensitas cahaya, Lampu Pijar, Logika Fuzzy, Mikrokontroler, Sensor LDR, Modul Dimmer, Buzzer.*

ABSTRACT

Lighting is an important component so that humans can work or observe the object they are working on. In this case the source of lighting is a lamp. The working principle of a lamp in a room generally only uses an on-off system, which only pays attention to the dark and bright conditions of a room. Conventional operation can be said to be ineffective due to the inefficient use of electrical energy. The control principle used is fuzzy control.

The application of fuzzy logic in this case uses the Sugeno Method as its inferencing system. The composition of the rules uses the AND and IF-THEN operators, the defuzzyfication process uses the weighted average method. The control element in this control system is a microcontroller with a setpoint input and a light sensor (LDR). Information from the control will be sent to the actuator, namely the AC Light Dimmer and the plan, namely two incandescent lamps. With the aim that the system can continue to run stably if one of the lights has a problem (fault tolerant), the ideal light intensity of a room is around 120 ~ 250lux. If there is a failure in one of the lamps, there is an alarm indicator from the buzzer.

This system is tested in a prototype test room. This system gets the best performance at the 200 lux point, under these conditions when tested without interference. The resulting system response is 2.81 seconds for rising time, 11.25 seconds to reach steady state, a slip value of 0.65% and steady error of 1.91%. When given a flashlight interference, the accumulated system takes 18.05 seconds to return to steady conditions and the error price is 1.63%, and when one of the lights is disturbed, the accumulation of the system takes 9.18 seconds to return to steady conditions and the error price is 5.58%.

Keywords: *Light intensity, Incandescent Lamps, Fuzzy Logic, Microcontroller, LDR Sensor, Dimmer Module, Buzzer.*

1. Pendahuluan

Pencahayaan merupakan salah satu komponen penting agar manusia dapat bekerja atau mengamati objek yang sedang dikerjakan secara jelas, nyaman, teliti, dan aman. Pencahayaan yang buruk dapat mengakibatkan kelelahan mata dengan berkurangnya daya efisiensi kerja, serta kerusakan alat penglihatan[1]. Selain itu, penggunaan lampu sebagai alat pencahayaan juga berkaitan erat dengan efisiensi daya listrik. Pengaturan pencahayaan yang terlalu terang dan tidak sesuai dapat menyebabkan pemborosan pada daya listrik yang digunakan[2].

Penggunaan lampu sebagai alat bantu pencahayaan berkaitan erat dengan cara pengoperasiannya. Proses mematikan serta menghidupkan lampu pada umumnya masih secara manual karena memerlukan bantuan tangan manusia untuk pengoperasian sakelar konvensional. Pengoperasian secara manual dapat dikatakan belum efektif dan efisien dikarenakan

tidak dapat mengatur pencahayaan ruangan sesuai kondisi yang diinginkan dan daya yang digunakan[3]. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan otomatisasi atau sistem kontrol yang mampu meminimalkan penggunaan campur tangan manusia dan mampu mengatur daya yang disuplai.

Kontrol lampu otomatis dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya menggunakan metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah logika yang mampu menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi sebuah pengertian yang mampu diartikan secara logis dengan bahasa yang mudah dipahami manusia[4]. Alat yang dirancang pada tugas akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya [5], di mana pengembangan yang dilakukan berupa penambahan lampu dengan tujuan untuk menyokong sistem agar dapat tetap berjalan stabil apabila salah satu lampu bermasalah (*fault tolerant*).

Tugas akhir ini merancang pengimplementasian sistem yang dapat mengatur pencahayaan yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia memberikan referensi di suatu ruangan, seperti pada ruangan tamu intensitas yang diperlukan berkisar 120 ~ 250 *lux* [5]. Dalam penerapannya, tingkat intensitas cahaya dari sebuah lampu dengan sumber arus bolak-balik (AC/*Alternatife current*) dipengaruhi oleh *phasa* tegangan AC yang melewati beban, pengaturan *phasa* tersebut dapat dilakukan oleh rangkaian *dimmer* [6]. *Aktuator* yang memungkinkan untuk diimplementasikan pada lampu ialah *AC Light Dimmer Module*. Sensor yang digunakan merupakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) pada sistem yang telah ditambahkan filter *moving average* dan *integrator*. Sehingga hasil pengukuran sensor diharapkan akan lebih stabil.

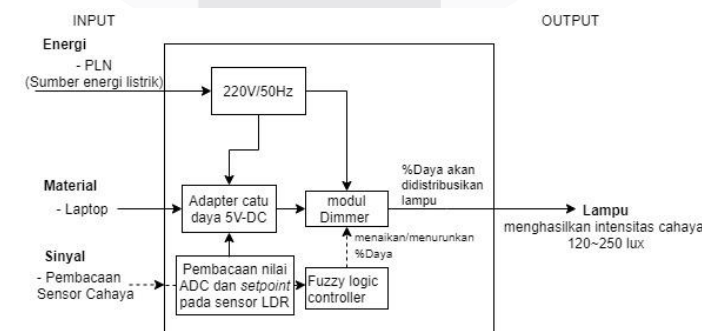
2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Kerja Konsep

Prinsip kerja konsep solusi pada tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- Tahap Pertama**
Tahap pertama adalah pengaturan *setpoint* dan pembacaan *variable input*. Nilai *setpoint* yang digunakan menunjukkan representasi dari nilai *lux* yang diinginkan, yaitu berkisar antara 120 *lux* – 250 *lux*.
- Tahap Kedua**
Sistem membaca tingkat intensitas cahaya ruangan yang dipancarkan oleh lampu menggunakan sensor cahaya.
- Tahap Ketiga**
Sistem membandingkan nilai *setpoint* yang telah diatur dengan nilai yang terbaca pada sensor cahaya.
- Tahap Keempat**
Sistem memproses hasil perbandingan ditahap sebelumnya menggunakan logika fuzzy menggunakan metode Sugeno.
- Tahap Kelima**
Hasil proses logika fuzzy menggunakan metode Sugeno pada tahap sebelumnya digunakan untuk mengendalikan modul *dimmer* agar daya yang diberikan ke lampu menghasilkan intensitas cahaya lampu sesuai dengan *setpoint* yang diberikan.
- Tahap Keenam**
Sistem mengulang tahap kedua di mana sistem membaca tingkat intensitas cahaya ruangan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan *setpoint* yang diberikan.

Gambar II-1 merupakan diagram fungsional dari konsep sistem yang akan dirancang.



Gambar II-1. Diagram fungsi

2.2 Cahaya

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik berupa cahaya tampak dengan panjang gelombang sekitar 380-750 nm. Pada bidang fisika, cahaya adalah radiasi elektromagnetik, baik dengan panjang gelombang cahaya tampak maupun yang tidak. Selain itu, cahaya adalah paket partikel yang disebut foton[7].

2.2.1 Intensitas Cahaya yang sesuai dengan ketentuan SNI

Tabel II-1 merupakan merupakan standar intensitas cahaya pada ruangan.

Tabel II-1. Standar intensitas cahaya pada ruangan[5]

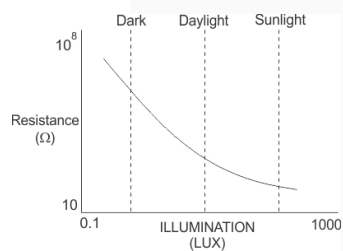
Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)
Rumah Tinggal :	
Ruang Tamu	120~250
Ruang Makan	120~250
Ruang Kerja	120~250
Ruang Tidur	120~250

Pada Tabel II-1 di atas merupakan data intensitas penerangan atau kebutuhan *lux* pada masing-masing ruangan yang sesuai dengan ketentuan SNI, di mana pada masing-masing ruangan tersebut jumlah kebutuhan intensitas atau besarnya *lux* yang dibutuhkan berbeda-beda (d disesuaikan dengan kebutuhan ataupun kegunaan dari masing-masing ruangan tersebut).

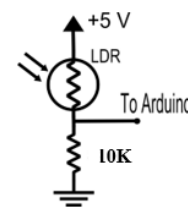
Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan sistem yang dapat menjaga kestabilan *lux* untuk ruang tamu yaitu berkisaran antara 120 *lux* – 250 *lux*.

2.3 Sensor Cahaya

Sensor cahaya merupakan sebuah alat untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Ada beberapa jenis sensor cahaya namun pada penelitian kali ini menggunakan jenis sensor cahaya berupa sensor *Light Dependent Resistor* (LDR, pada umumnya sensor LDR memiliki karakteristik seperti pada Gambar II-2, V_r adalah Tegangan pada resistor, R adalah resistansi yang digunakan, gambar skematik sederhana posisi resistor dapat dilihat pada gambar II-3.

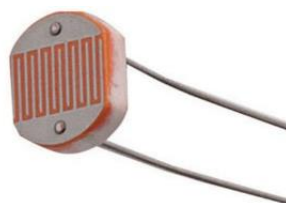


Gambar II-2. Grafik Karakteristik Sensor LDR[6]



Gambar II-3. Skematik Sederhana Resistor [6]

Sensitivitas LDR memiliki hubungan antara cahaya sebagai input dan menghasilkan sinyal *output*. Cahaya mempengaruhi nilai resistansi LDR semakin besar nilai cahaya yang diterima LDR maka semakin kecil resistansi yang dimiliki LDR tersebut[8]. Gambar II-4 merupakan bentuk dari sensor LDR.



Gambar II-4. Sensor LDR [9]

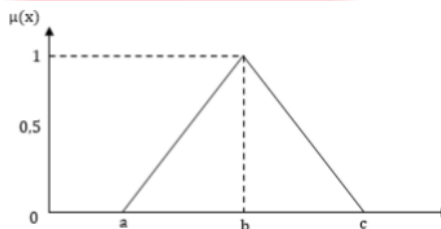
2.4 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy (Fuzzy Logic) adalah suatu cara tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Teknik ini menggunakan teori matematis himpunan fuzzy [14]. Pengimplementasian Logika Fuzzy pada sistem ini dikarenakan mampu untuk menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi sebuah pengertian yang mampu diartikan secara logis dengan bahasa yang mudah dipahami manusia. Pengaplikasian logika fuzzy juga memiliki kelebihan antara lain mudah diperbaiki, sangat fleksibel, dan konsep matematis yang mendasari penalaran logika fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti..

2.4.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses yang digunakan untuk mengubah masukan tegas/nyata (*crisp inputs*) yang bersifat bukan *fuzzy* ke dalam himpunan *fuzzy* menjadi nilai *fuzzy* dari beberapa variabel linguistik masukan yang telah didefinisikan, hasil pengubahan data ini dinamakan masukan fuzzy (Fuzzy Inputs) Himpunan *Fuzzy*. Di dalam *fuzzy* sistem, fungsi keanggotaan memiliki peranan yang sangat penting untuk merepresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat. Terdapat banyak sekali fungsi keanggotaan yang sering digunakan di dunia nyata, sebagian jenis fungsi keanggotaan tersebut antara lain fungsi segitiga dan fungsi trapesium. Pada sistem ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga.

Fungsi Segitiga sama dengan fungsi π , pada fungsi ini juga terdapat hanya satu nilai x yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $x=b$. Tetapi ,nilai-nilai di sekitar b memiliki derajat keanggotaan yang turun cukup tajam (menjauhi 1). Grafik dan notasi matematika dari fungsi segitiga dapat dilihat pada gambar II-5.



Gambar II-5. Fungsi keanggotaan segitiga

Pada Gambar II-8 digambarkan fungsi keanggotaan segitiga yang memiliki Persamaan 2.1 sebagai berikut :

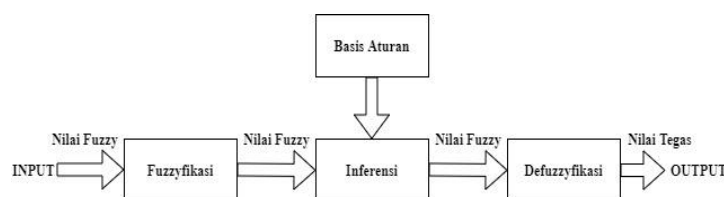
$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c < x \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- x = Nilai yang akan diubah ke dalam fungsi keanggotaan
- a = Nilai terkecil yang memiliki nilai keanggotaan 0
- b = Nilai yang memiliki nilai keanggotaan 1
- c = Nilai terbesar yang memiliki nilai keanggotaan tertentu

2.6.1 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Suatu sistem berbasis logika *fuzzy* terdiri dari 3 komponen utama, yaitu, *fuzzyfikasi*, *inferensi* dan *Defuzzyfikasi*. Diagram blok dari logika *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar II-6.



Gambar II-6. Diagram blok sistem berbasis aturan *fuzzy*

Pada bagian pertama yaitu proses *fuzzifikasi*. *Fuzzifikasi* bekerja dengan mengubah *input* yang nilai kebenarannya

bersifat pasti (*crisp input*) ke bentuk *fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan.

Setelah proses *fuzzyfikasi*, masukan yang telah diolah tersebut diproses ada bagian *inference*. Proses *inference* memperhitungkan semua aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Basis pengetahuan yang digunakan yaitu berdasarkan konsep *First Order-Logic*, secara *sintaks*, suatu aturan *fuzzy* dituliskan dengan IF *antecedent* THEN *consequent*. Hasil dari proses *inference* direpresentasikan oleh suatu *fuzzyset* untuk setiap variabel bebas (pada *consequent*). Derajat keanggotaan untuk setiap nilai variabel tidak bebas menyatakan ukuran kompatibilitas terhadap variabel bebas pada *antecedent*.

Terdapat dua model aturan *fuzzy* yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi yaitu model *mamdani* dan model *sugeno*. Namun pada penelitian ini menggunakan model *sugeno*. Aturan yang ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel-variabel masukan dan variabel-variabel *output*. Aturan ini dibentuk 'JIKA – MAKA' (IF-THEN).

2.6.2 Pengambilan Keputusan

Berdasarkan basis aturan yang telah dibuat, variabel masukan *fuzzy* diolah lebih lanjut untuk mendapatkan suatu penyelesaian. Dengan demikian dapat diambil suatu keputusan berupa suatu peubah *fuzzy output fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Teknik pengambilan keputusan yang paling sering digunakan adalah metode MAX-MIN dan MAX-DOT.

2.6.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pengubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dengan himpunan *fuzzy* ke sinyal yang bersifat bukan *fuzzy*. Strategi defuzzifikasi di tunjukan untuk menghasilkan suatu aksi kontrol non *fuzzy* (*crisp output*) yang paling tepat dalam merepresentasikan kemungkinan distribusi aksi kontrol *fuzzy* yang telah dihitung. Terdapat beberapa metode yang umum digunakan untuk proses *defuzzifikasi*, yaitu : (1) Metode *Maximum*, (2) Metode *Mean Of Maximum* (MOM) dan (3) Metode *Center Of Area* (COA) (4) Metode *Weighted Average* [4]. Pada sistem ini menggunakan Metode *Weighted Average*.

3. Perancangan Sistem

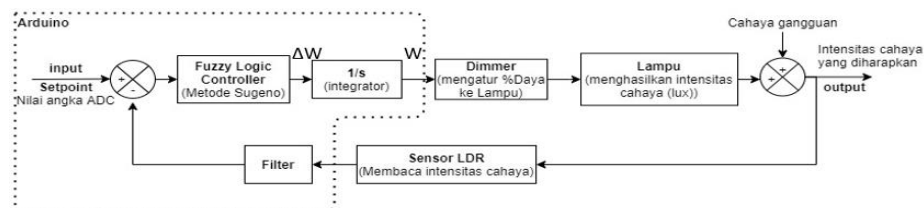
3.1 Desain Sistem

Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan sebuah sistem pengontrol intensitas penerangan dengan sensor *Light Dependant Resistor* (LDR) menggunakan logika *fuzzy*. Spesifikasi sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:

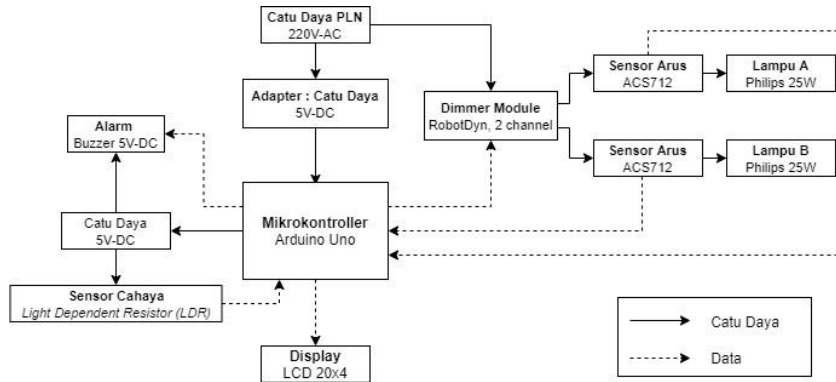
1. Seluruh masukan daya yang digunakan berasal dari sumber listrik PLN (220V, 50 Hz).
2. Sistem menggunakan logika *fuzzy* untuk mengatur intensitas cahaya yang dihasilkan.
3. Sistem diterapkan pada ruang tamu dengan *lux* yang ideal yaitu 120 *lux* – 250 *lux*.
4. Hasil dari sistem yang berupa *lux* dan daya dalam persentase akan ditampilkan menggunakan LCD.
5. Dalam perancangan tugas akhir ini, sistem menggunakan sensor LDR yang digunakan untuk membaca intensitas cahaya sekitar.

3.1.1 Analisis Kebutuhan Komponen Blok Diagram Fungsional

Diagram blok fungsi sistem ditampilkan pada Gambar III-1 dan Diagram blok sistem keseluruhan pada Gambar III-2. Pada bagian perancangan ini setiap blok fungsional pada diagram tersebut akan dianalisis untuk memperoleh komponen *hardware* atau *software* yang sesuai dengan kebutuhan sistem.



Gambar III-1. Diagram blok fungsional kendali



Gambar III- 2 Diagram blok sistem keseluruhan

a. Lampu Pijar

Pada tugas akhir ini tingkat terang cahaya yang diinginkan berkisar antaran 120 – 250 lux dengan sumber cahaya berupa lampu pijar yang dicatu listrik PLN 220 V/50Hz. Berdasarkan Referensi [20], lampu pijar yang dapat memberikan cahaya dengan tingkat terang tersebut adalah lampu pijar merek *philips 25 Watt* dengan sumber listrik dari PLN.

b. Dimmer

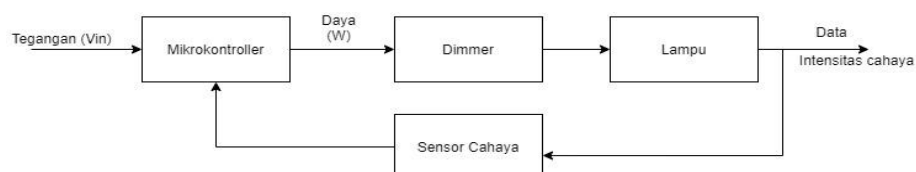
Pada tugas akhir ini diperlukan dimmer yang dapat menerima input dari tegangan PLN 220V 50Hz serta memiliki dua *channel output* dikarenakan pada sistem terdapat dua lampu dengan tujuan apabila salah satu lampu rusak terdapat lampu cadangan yang akan menunjang sistem. Berdasarkan hal tersebut, dimmer yang digunakan adalah *Robotdyn AC Light Dimmer Two Channel* dengan arus maksimum kontinyu 2A dan arus *peak* 5A pada tegangan AC 220V. Sehingga dapat mengendalikan dua buah lampu sekaligus dengan catu daya PLN 220V dan dikendalikan menggunakan mikrokontroller. Dimmer berfungsi untuk mengatur % daya yang digunakan untuk menyalakan lampu walaupun terdapat gangguan cahaya berupa cahaya gangguan senter pada ponsel dan salah satu lampu dimatikan. Tabel III – 1 merupakan spesifikasi lengkap *dimmer* yang digunakan.

Tabel III – 1 Spesifikasi Dimmer

Keterangan	Spesifikasi
Manufacture	RobotDyn
Tipe TRIAC	Tri-Ad BTA16
Max AC Load Current	Continuous max 2A, peak max 5A
AC Tegangan	110V/220V
AC Frekuensi	50/60Hz
Ukuran modul	63mm x 30mm x 30mm

c. Sensor LDR

LDR yang digunakan harus dapat mendeteksi rentang intensitas cahaya dari 120 lux – 250 lux. Terdapat kondisi diberikan gangguan berupa kelebihan cahaya oleh senter ponsel sebesar 45 lux. Gambar III-3 merupakan diagram fungsional dari sensor LDR.



Gambar III-3. Diagram blok fungsional sensor LDR

d. Sensor Arus

Pada tugas akhir ini diperlukan sebuah sensor arus yang digunakan memiliki tegangan masukan 4.5V – 5.5VDC sehingga dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroller Arduino. Selain itu sensor memiliki batas pengukuran arus

sampai 20A. Fungsi sensor arus pada sistem ini untuk mengetahui arus yang mengalir ke lampu sehingga dapat mendeteksi lampu yang bermasalah/tidak terkoneksi. Gambar III-4 merupakan diagram fungsional dari sensor arus.



Gambar III-4. Diagram blok fungsional sensor arus

e. Integrator

Pada tugas akhir ini diperlukan integrator merupakan bagian dari kontroler yang mengubah ΔW menjadi W dapat dilihat pada Persamaan 3.1

$$W = W + \Delta W \quad (3.1)$$

f. Filter

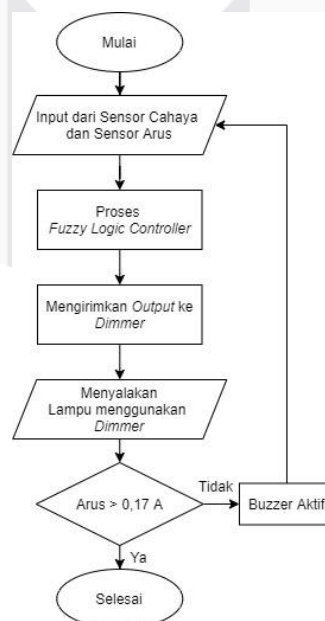
Pada tugas akhir ini diperlukan filter LPF digital pada program yang digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah dan meredam sinyal berfrekuensi tinggi. Bertujuan untuk mendapatkan kestabilan pada sistem berupa error steady state yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tidak menggunakan filter. Hal ini dapat memperbaiki hasil pembacaan sensor apabila tidak presisinya dengan nilai setpoint berupa nilai ADC yang diberikan setelah memperoleh data dari pembacaan sensor LDR.

g. Buzzer

Pada tugas akhir ini diperlukan sebuah notifikasi/peringatan berupa bunyi apabila ada lampu yang bermasalah/tidak terkoneksi. Buzzer yang digunakan memiliki tegangan maksimum 6 VDC sehingga dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler.

3.1.2 Diagram Alir

Diagram alir yang dibuat berdasarkan *source code* yang telah dirancang. Diagram alir memiliki dua tahapan, yaitu *setup* dan *main/loop*. Pada tahap *setup* yang pertama adalah proses import library, library yang digunakan adalah RBDdimmer untuk mengontrol dimmer, Wire mengaktifkan komunikasi dengan I2C, dan LiquidCrystal_I2C untuk mengontrol LCD dengan menggunakan I2C. Lalu proses setelah import library adalah deklarasi variabel, inialisasi *setpoint* dan inialisasi sensor LDR dan Arus. Setelah proses *setup*, terdapat proses *main/loop* yang meliputi pembacaan sensor arus dan LDR dan perhitungan *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Hasil *output* dari FLC akan digunakan menyalakan lampu menggunakan dimmer. Pada tahap *main* juga terdapat proses pengaktifan *buzzer*, *buzzer* akan menyala Ketika lampu mati/tidak terkoneksi dengan mikrokontroler. Diagram alir sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar III-5.



Gambar III-5. Diagram alir sistem

3.1.3 Fungsi dan Fitur

Sistem yang dibuat pada penelitian tugas akhir ini memiliki fungsi dan fitur sebagai berikut:

- Fungsi:

1. *Input* yang digunakan merupakan hasil dari pembacaan sensor cahaya.
2. *Mikrokontroler* yang digunakan pada sistem adalah Arduino Uno. Arduino berfungsi sebagai *kontroler* untuk memproses *input*, mengolah nilai yang didapat dari pembacaan sensor cahaya serta menjalankan *aktuator* dengan *algoritma* berbasis logika *fuzzy*.
3. Sensor yang digunakan pada sistem adalah sensor cahaya. Sensor cahaya merupakan sensor analog yang berguna untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya pada ruangan.
4. LCD digunakan untuk menampilkan hasil dari pembacaan sensor cahaya berupa nilai ADC yang telah diselaraskan dengan pembacaan intensitas cahaya menggunakan *luxmeter* dan persentase daya yang digunakan oleh *mikrokontroler* untuk menyalakan lampu.
5. *Aktuator* yang digunakan pada sistem ini adalah *dimmer module*. *Dimmer module* berguna untuk mengatur daya yang digunakan untuk menyalakan lampu dengan nilai masukan dari *mikrokontroler*.
6. *Buzzer* digunakan sebagai indikator bunyi (*warning alarm*) jika terjadi kegagalan pada salah satu lampu.

- Fitur:

1. Sistem yang dibuat dalam penelitian tugas akhir ini dapat mengatur intensitas penerangan yang diinginkan pada kisaran 120~250 *lux*.
2. Catu daya yang digunakan dalam sistem ini adalah 5V untuk *mikrokontroler* dan 220V untuk *aktuator*.

3.2 Desain Perangkat Keras

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai komponen yang digunakan dan desain dari perangkat keras pada sistem yang telah dibuat pada penelitian tugas akhir ini. Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Arduino Uno
2. Sensor cahaya LDR.
3. *AC light dimmer module Robotdyn 2 channel*
4. LCD 20x4 I2C
5. Adaptor 5V, 2A
6. Lampu Philips 25W
7. Sensor Arus ACS712
8. *Buzzer*

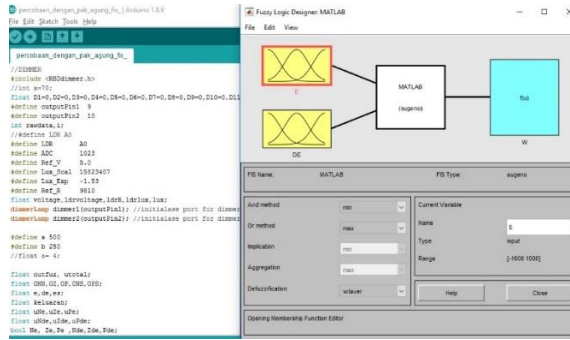


Gambar III-6. Prototipe ruangan

Pada Gambar III-6 merupakan prototipe ruangan yang telah dirancang menggunakan kardus berbentuk kubus dengan dimensi 40cm x 40cm x 40cm. Prototipe ruangan digunakan sebagai tempat mengimplementasikan sistem yang telah dirancang agar pembacaan sensor cahaya tidak terpengaruh dari cahaya sekitar.

3.2 Desain Perangkat Lunak

Pada tugas akhir ini menggunakan dua perangkat lunak yaitu *Matlab* dan *Arduino IDE*. Penggunaan *Matlab* bertujuan untuk merancang simulasi sistem kontrol dengan logika *fuzzy* sebelum diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman *Arduino IDE*. Sedangkan penggunaan *Arduino IDE* bertujuan untuk pemrogram *mikrokontroler* untuk mengolah data dan mengimplementasikannya pada *hardware* yang sudah dirancang dalam tugas akhir ini. Simulasi dan *algoritma* pemrograman dikatakan sudah sesuai dengan aturan *rules* apabila hasil *output* yang dihasilkan sudah sesuai atau sudah minim dari *error* saat dibandingkan dengan hasil dari perhitungan manual. Gambar III-7 menunjukkan perangkat lunak (*software*) yang digunakan pada sistem.



Gambar III-7. Perangkat lunak, (a) Arduino IDE, (b) MATLAB

3.3.1 Perancangan Simulasi *Fuzzy Logic Controller* Pada MATLAB

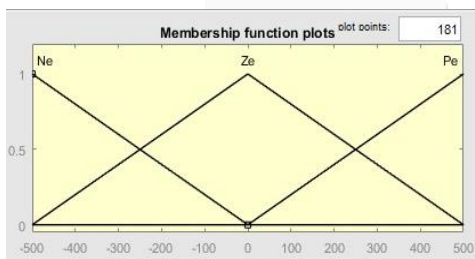
1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap penentuan nilai keanggotaan *fuzzy*. Namun, sebelum menentukan nilai fungsi keanggotaan harus ditentukan terlebih dahulu input, output serta variabel linguistik pada *input* dan *output*.

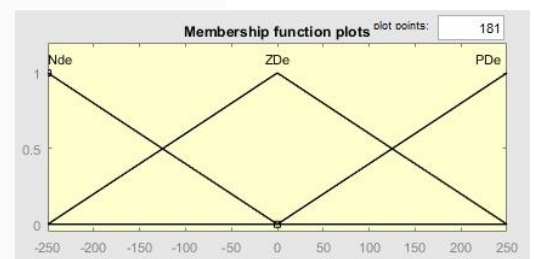
Pada tugas akhir ini sistem memiliki dua *input*, yaitu nilai suhu udara dan kelembapan udara yang didapat dari pembacaan sensor. Sedangkan *output* dari sistem yang ada pada tugas akhir ini adalah nilai lama pompa yang akan menyala sesuai dengan perhitungan yang ditetapkan. Terdapat tiga variabel linguistik pada masing–masing *input*. Pada *output* dalam sistem pada tugas akhir ini memiliki lima variabel linguistik. Selanjutnya menentukan rentang dan nilai fungsi keanggotaan pada setiap *input* sebagai berikut:

- a. Fungsi keanggotaan E dengan rentang [0,500]
 - Fungsi segitiga kanan (Pe) [0,250,500]
 - Fungsi segitiga tengah (Ze) [-250,0,250]
 - Fungsi segitiga kiri (Ne) [-500,-250,0]
- b. Fungsi keanggotaan DE dengan rentang [0,250]
 - Fungsi segitiga kanan (PDe) [0,125,250]
 - Fungsi segitiga tengah (ZDe) [-125,0,125]
 - Fungsi segitiga kiri (NDe) [-250,-125,0]

Setelah menentukan nilai fungsi keanggotaan kemudian dibuat ke dalam grafik fungsi keanggotaan. Gambar III-8 dan Gambar III-9 menunjukkan grafik fungsi keanggotaan (*membership function*) masing-masing *input*.

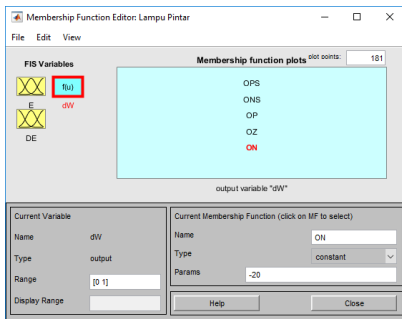


Gambar III-8. Fungsi keanggotaan E

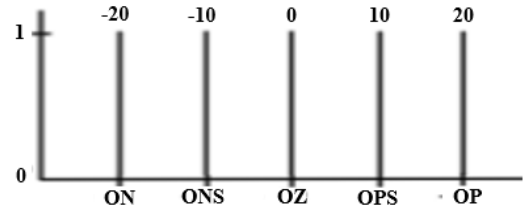


Gambar III-9. Fungsi keanggotaan DE

Sedangkan untuk *output* dari sistem ini berupa Daya yang diatur pada *Aktuator* selanjutnya di distribusikan ke lampu AC yang akan otomatis disesuaikan tergantung dari berapa *setpoint* yang akan kita berikan pada sistem. Gambar III-10 merupakan fungsi keanggotaan dari *output* dW. Dengan keterangan OPS (*Output Positif Small*) bernilai 10,ONS (*Output Negatif Small*) bernilai -10,OP (*Output Positif*) bernilai 20, OZ (*Output Zero*) bernilai 0, dan ON (*Output Negatif*) bernilai -20 dapat dilihat pada Gambar III-11.



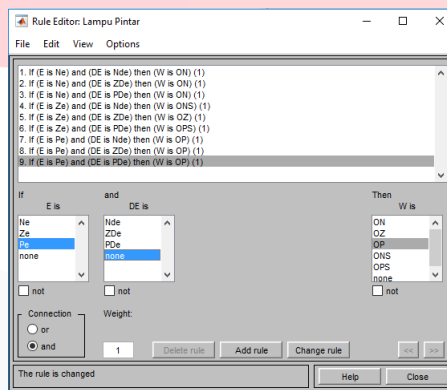
Gambar III-10. Fungsi keanggotaan dW



Gambar III- 11. Fuzzy singleton

2. Inferensi Fuzzy

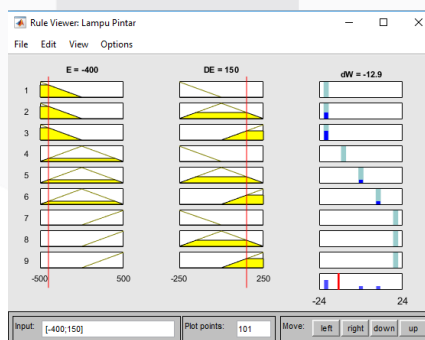
Tahap kedua dari logika *fuzzy* adalah inferensi *fuzzy*. Dalam tahap inferensi *fuzzy* ini terdapat beberapa operasi Inferensi *fuzzy* pada tahap fungsi keanggotaan yang didapat dari hasil *fuzzyfikasi* diolah berdasarkan aturan (IF-THEN RULES) sesuai *output* yang di inginkan,. Gambar III-12 merupakan *fuzzy rules* yang diterapkan pada sistem yang dirancang pada MATLAB.



Gambar III-12. Fuzzy rules

3. Defuzzyfikasi

Tahap terakhir yang dilakukan dalam logika *fuzzy* adalah *Defuzzyfikasi*. Dalam tahap ini dilakukan pembentukan nilai *output crisp* (nilai tegas/tunggal). *Defuzzyfikasi* yang telah dilakukan menggunakan metode *weight average*. Berikut tampilan simulasi dari tahap yang telah dirancang dari tahap *fuzzyfikasi* sampai tahap *defuzzyfikasi*. Gambar III-13 merupakan hasil *defuzzyfikasi* pada MATLAB.



Gambar III-13. Hasil defuzzyfikasi pada simulasi

4. Hasil dan Analisis

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil perancangan kontrol sistem dengan logika *Fuzzy* dengan metode *Sugeno* serta analisis pengujian tugas akhir “Implementasi Pengontrolan Intensitas Cahaya Pada Lampu Berbasis Logika *Fuzzy* Dengan Menggunakan Sensor LDR”. Pengujian tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Realisasi Alat

Realisasi alat bertujuan untuk memperlihatkan alat yang telah dirancang dalam pengujian tugas akhir ini.

2. Pengujian Sensor

Pengujian sensor bertujuan untuk mengetahui tingkat kepresisian pembacaan sensor jika dibandingkan dengan alat ukur digital (acuan). Sehingga dapat diketahui seberapa sensor mampu bekerja dengan baik.

3. Pengujian Aktuator

Pengujian *aktuator* bertujuan untuk memastikan bahwa debit air yang dikeluarkan saat pompa air aktif sesuai dengan *datasheet* yang tertera pada alat.

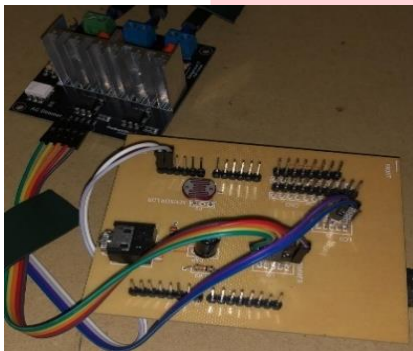
4. Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol bertujuan untuk mengamati hasil dari sistem yang telah dibuat dan apakah sistem sudah bekerja sesuai dengan cara kerja sistem yang ditetapkan pada penelitian ini atau belum.

5. Analisis Data

Bertujuan untuk melihat kinerja alat kontrol yang akan diterapkan pada rumah pintar. Parameter-parameter dinamik untuk melihat kinerja sebuah sistem kontrol ialah waktu naik, lewatan maksimum, waktu penetapan dan galat dalam kondisi tunak.

4.1 Realisasi Alat



Gambar IV-1. Desain sistem alat

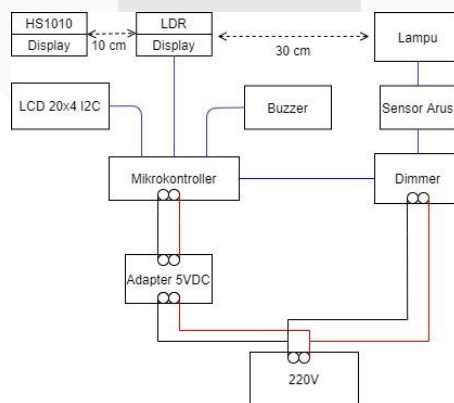


Gambar IV-2. Lampu pijar

Gambar IV-1 merupakan desain kontroler berupa Arduino Uno yang merupakan otak dari sistem kontrol intensitas dan tersambung langsung dengan PCB. PCB digunakan untuk jalur pendistribusi rangkaian dan terdapat sensor LDR di dalam rangkaian sistem agar meminimalisir penggunaan *jumper* pada rangkaian. Arduino Uno terhubung dengan *aktuator* yaitu *dimmer module* yang berfungsi sebagai pengatur persentase daya yang masuk ke lampu agar tetap pada *setpoint* yang telah ditentukan pada sistem yaitu sebesar 120, 150, 200, dan 250 lux yang terbaca pada luxmeter dengan persentase daya tertentu. Gambar IV-2 merupakan peletakan dua buah lampu pijar dengan daya 25 watt tepat diatas rangkaian sistem kontrol dengan jarak 30 cm dengan sensor LDR di bawahnya.

4.2 Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol bertujuan untuk mengamati hasil dari sistem yang telah dirancang dan apakah sistem dapat berfungsi sesuai dengan cara kerja sistem yang ditetapkan sesuai tujuan penelitian atau belum.



Gambar IV- 3 Skema pengujian keseluruhan sistem kontrol

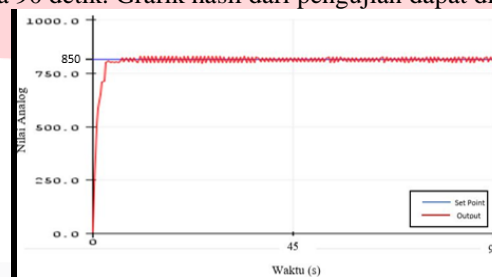
Tabel IV- 1. Data ADC yang terukur pada setiap set point

Persentase Daya	ADC	Lux Meter
72	850	120
73	870	150
75	888	200
77	900	250

1. Kondisi normal tanpa gangguan

Pada pengujian kali ini, sistem secara keseluruhan (alat) dalam kondisi tertutup tanpa gangguan dari cahaya luar dan diuji selama 90 detik.

- a. Pengujian pada saat keakurasian nilai ADC yang terbaca oleh sensor LDR saat 120 lux pada luxmeter, merupakan 850 ADC terhadap waktu selama 90 detik. Grafik hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar IV-4.



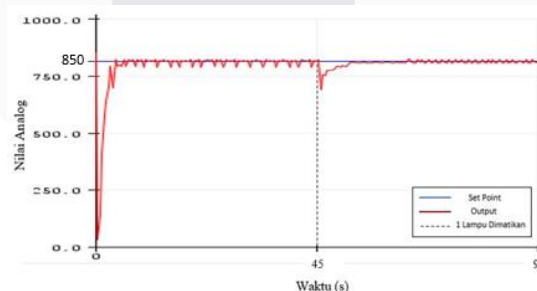
Gambar IV-4. Grafik respons ADC 850 saat kondisi normal

Berdasarkan hasil pengujian dengan kondisi tanpa gangguan / kondisi tertutup dengan menggunakan beberapa *setpoint* ADC yang berbeda, sistem mampu mengejar *setpoint* yang diberikan dan membuat sistem menjadi stabil.

2. Kondisi salah satu lampu padam

Pada skema pengujian kali ini, sistem diberikan kondisi satu lampu dimatikan saat detik ke 45 setelah sistem dijalankan selama 90 detik.

- a. Pengujian pada saat keakurasian nilai ADC yang terbaca oleh sensor LDR saat 120 lux pada luxmeter, merupakan 850 ADC terhadap waktu (s). Grafik hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar IV-5.



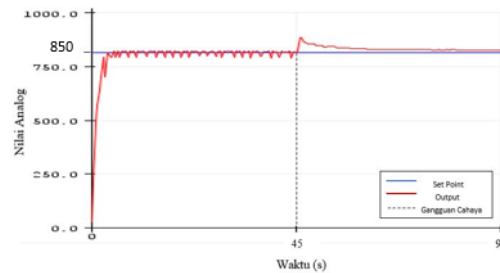
Gambar IV-5. Grafik respons ADC 850 saat salah satu lampu dimatikan

Berdasarkan hasil pengujian dengan beberapa *setpoint* yang diberikan, respon sistem mampu mengejar *setpoint* kembali menggunakan hanya satu lampu.

3. Kondisi gangguan menggunakan lampu senter pada ponsel

Pada pengujian kali ini, sistem akan diberikan gangguan dari cahaya yang dihasilkan oleh senter ponsel sebesar 45 lux pada saat detik ke 45 setelah sistem dijalankan selama 90 detik.

- a. pada saat keakurasian nilai ADC yang terbaca oleh sensor LDR saat 120 lux pada luxmeter, merupakan 850 ADC terhadap waktu (s). Grafik hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar IV-6.



Gambar IV-6. Grafik respons ADC 850 sistem mengalami gangguan dari cahaya senter ponsel

Berdasarkan hasil analisa pengujian dengan cara diberi gangguan cahaya senter ponsel. Sistem dapat kembali menuju nilai ADC set poin yang diberikan dan dapat berjalan dengan baik

4.5 Analisis Data

Pada pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk melihat kinerja alat kontrol yang akan diterapkan pada rumah pintar. Parameter parameter dinamik untuk melihat kinerja sebuah sistem kontrol ialah waktu naik (*rise time*), lewatan maksimum (*overshoot*), waktu penetapan (*settling time*) dan galat dalam kondisi tunak (*steady state error*).

4.5.1 Analisis data sistem tanpa gangguan

Pada Tabel IV-2 menunjukkan respons sistem terhadap empat set poin yang telah ditentukan. Dan diperoleh data nilai parameter sistem dinamik sebagai berikut:

Tabel IV- 2 Respons sistem

Set Poin (ADC)	Rise Time (Detik)	Settling Time (Detik)	Overshoot (%)	Steady State Error (%)
850	2,81	11,25	0,65	1,91
870	2,25	16,87	0,95	1,29
888	3,37	14,6	0,59	1,99
900	2,8	17	0,18	1,94
Rata-rata	2,8075	14,93	0,5925	1,7825

4.5.2 Analisis data sistem dengan gangguan dari cahaya senter ponsel

Pada tahap pengujian ini *setpoint* digunakan adalah angka 850,870,888, dan 900 nilai ADC yang terbaca saat intensitas cahaya yang diukur pada luxmeter berkisaran 120~250. Dan gangguan yang diberikan dari cahaya senter ponsel sebesarnya 45 lux. Berikut ini adalah parameter dinamik sistem dari pengujian sistem dengan gangguan :

Tabel IV- 3 Respons tabel dengan gangguan

Set Poin (ADC)	Settling Time (Detik)	Steady State Error (%)
850	7.34	1,72
870	16.53	1,09
888	30.3	2.1
900	-	-
Rata-rata	18.05	1,63

4.5.3 Analisis data sistem dengan gangguan salah satu lampu dimatikan

Pada tahap pengujian ini *setpoint* digunakan adalah angka 850,870,888, dan 900 nilai ADC yang terbaca saat intensitas cahaya yang diukur pada *luxmeter* berkisaran 120~250. Dan gangguan salah satu lampu dimatikan pada detik ke 45 detik sepanjang yang diberikan dari cahaya senter ponsel sebesar 45 *lux*. Berikut ini adalah parameter dinamik sistem dari pengujian sistem dengan gangguan:

Tabel IV- 4 Respons kondisi salah satu lampu dimatikan

Set Poin (ADC)	Settling Time(Detik)	Steady State Error (%)
850	13.77	1,69
870	9.18	1,71
888	5.51	1,55
900	8.26	0,63
Rata-rata	9.18	5.58

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data Implementasi Pengontrolan Intensitas Cahaya Pada Lampu Berbasis Logika *Fuzzy* Dengan Menggunakan Sensor LDR , maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan diterapkannya logika fuzzy menggunakan metode sugeno, sistem dapat mengendalikan intensitas cahaya pada suatu ruangan agar tetap terjaga pada kondisi stabil di 120 ~ 250 lux yang terbaca pada luxmeter. Berdasarkan input *setpoint* nilai ADC yang telah ditentukan.
2. Sistem mampu menjaga intensitas cahaya ideal di ruangan yang berkisar 120~250 lux meskipun terdapat kegagalan pada salah satu lampu (fault tolerant) atau saat mendapat gangguan dari cahaya sebesar 45 lux dengan waktu penyelesaian tidak lebih dari 30 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Guntur dan G. M. Putro, "Analisis Intensitas Cahaya Pada Area Produksi Terhadap Keselamatan Dan Kenyamanan Kerja Sesuai Dengan Standar Pencahayaan," *Opsi - J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, hal. 115, 2017.
- [2] Gardina Daru Adini, "Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Indonesia," *Anal. potensi*, hal. 133, 2012.
- [3] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Readings Human-Computer Interact.*, 1991.
- [4] L. P. Ayuningtias, M. Irfan, dan J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [5] A. Chumaidy, "Analisa Perbandingan Penggunaan Lampu Tl , Cfl Dan Lampu Led," *Sinusoida Vol. XIX No.1, April 2017*, vol. XIX, no. 1, hal. 1-8, 2017.
- [6] F. T. Elektro dan U. Telkom, "DENGAN LOGIKA FUZZY PADA PURWARUPA RUMAH DESIGN OF LIGHT INTENSITY CONTROL WITH FUZZY LOGIC IN," 2019.
- [7] Muhammad Pandu Aryo Gumilang, "Studi Pengaruh Filter Kalman Pada Pengukuran Intensitas Cahaya Dalam Sistem Smart Home," vol. 5, no. 3, 2018.
- [8] F. T. Nirwana, "Alat Kendali Penerangan Ruangan Dengan Logika Fuzzy Berbasis ATmega16," Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- [10] Allegro Microsystems, "Sensor Arus ACS712.pdf," 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://datasheetspdf.com/pdf/570845/AllegroMicroSystems/ACS712/1>. [Diakses: 21-Agu-2020].