

**SISTEM MANAJEMEN ENERGI PADA *SMART HOME*
DENGAN MENERAPKAN METODE
*FUZZY LOGIC CONTROL***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Muhammad Distya Rizky NIRM: 1051813

Shalilla Farrah Sahita NIRM: 1051826

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM MANAJEMEN ENERGI PADA *SMART HOME*
DENGAN MENERAPKAN METODE
FUZZY LOGIC CONTROL

Oleh :

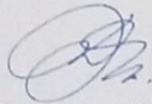
Muhammad Distya Rizky 1051813

Shalilla Farrah Sahita 1051826

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

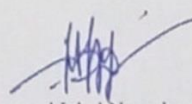
Menyetujui,

Pembimbing 1



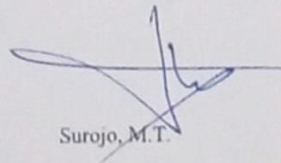
Indra Dwisaputra, M.T.

Pembimbing 2



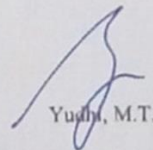
Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng.

Penguji 1



Surojo, M.T.

Penguji 2



Yudhi, M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Distya Rizky NIRM : 1051813

Nama Mahasiswa 2 : Shalilla Farrah Sahita NIRM : 1051826

Dengan Judul : Sistem Manajemen Energi pada *Smart Home* dengan
Menerapkan Metode *Fuzzy Logic Control*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 07 Februari 2022

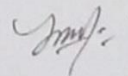
Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Muhammad Distya Rizky



2. Shalilla Farrah Sahita



ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan hidup manusia, kian hari konsumsi energi semakin meningkat dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan energi yang paling banyak digunakan adalah lampu untuk pencahayaan ruangan. Dalam penggunaannya terkadang terjadi pemakaian tidak terkendali, maka perlu sebuah sistem manajemen energi dalam penggunaannya. Dalam penelitian ini fuzzy logic control digunakan untuk mengatur intensitas cahaya lampu dengan masukan dari cahaya di lingkungan sekitar (dalam dan luar ruangan) dan diolah melalui dimming lampu sesuai dengan fuzzy rule. Selain itu penggunaan daya, energi, tegangan, dan arus listrik dapat menggunakan smartphone yang dilengkapi dengan aplikasi rumah pintar. Selain itu smartphone juga digunakan sebagai kontrol on-off lampu real-time dari jarak jauh melalui Internet of Things (IoT). Adanya kombinasi dari ketiga fungsi sistem tersebut terbentuklah sistem manajemen energi yang dapat digunakan untuk memantau pengeluaran, membantu mobilitas pengguna di manapun, dan menghemat penggunaan listrik di rumah. Dengan diterapkannya sistem ini dapat mencapai penghematan daya sebesar 49.21%, tegangan 3.68% dan arus sebesar 37.5% dari penggunaan cahaya maksimal ruangan tersebut. Sistem ini dapat mengurangi kebutuhan konsumsi daya dan energi dalam penerangan lampu di suatu ruangan.

Kata Kunci : energi, fuzzy logic control, kontrol, monitoring, smartphone

ABSTRACT

Along with the development of human life, energy consumption is increasing day by day in everyday life. The most widely used energy use is lamps for room lighting. In its use, sometimes uncontrolled use occurs, so an energy management system is needed to regulate the energy use. In this study, fuzzy logic control is used to adjust the intensity of the lamp light with input from light in the surrounding environment (indoor and outdoor) and processed through lamp dimming according to the fuzzy rule. In addition, the use of power, energy, voltage, and electric current can use a smartphone equipped with a smart home application. Smartphones are also used as remote real-time light on-off control via the Internet of Things (IoT). The combination of these three system functions forms an energy management system that can be used to monitor expenses, help users control the lamp everywhere, and save electricity usage for lighting. The implementation of this system can achieve power savings of 49.21%, voltage of 3.68% and current of 37.5% from the maximum light usage of the room. This management system can reduce the need for power and energy consumption in lighting lamps in a room.

Keywords : control, energy, fuzzy logic control, smartphone, monitoring

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Segala puji bagi Allah SWT Yang Maha Memiliki Ilmu yang telah melimpahkan taufik dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah proyek akhir berjudul “Sistem Manajemen Energi pada Smart Home dengan Menerapkan Metode Fuzzy Logic Control” dan dapat menyelesaikan pendidikan Program Studi Diploma IV Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung ini. Sholawat serta salam semoga selalu terucap dan tercurah kepada junjungan umat islam Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, aamiin.

Dalam sepatah dua patah kata ini, penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan proyek akhir ini memiliki banyak kekurangan serta kekhilafan dalam diri penulis mengingat terbatasnya kemampuan penulis. Namun berkat Allah SWT, bimbingan dan arahan beberapa pihak dan dukungan yang tiada hentinya, laporan proyek akhir ini dapat diselesaikan. Harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat di kemudian hari.

Sehubungan dengan itu, penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibunda dan ayahanda tercinta serta keluarga yang tanpa henti memberikan dukungan dan semangat yang tak ternilai harganya dengan keikhlasan hati.
2. Bapak Indra Dwisaputra, M.T., ibu Nofriyani, M.Tr.T., serta bapak Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, membina, mengarahkan, serta membagi ilmunya kepada kami selama proses penyusunan laporan proyek akhir ini.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang memberi kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan.
4. Dosen, staf pengajar, dan seluruh civitas akademika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang ikut mengantarkan penulis untuk meraih kematangan berpikir, berperilaku, dan bermasyarakat.

5. Teman-teman kelas 4 TE yang tidak bisa disebutkan namanya satu-persatu, sahabat dan semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril maupun materiil.

Setelah melewati proses penuh tantangan ini, akhirnya penulis dapat menyelesaikan pembuatan alat serta laporan proyek akhir yang tentunya jauh dari kata sempurna ini. Meski demikian, penulis berharap laporan ini dapat diambil manfaatnya bagi semua pembaca dan utamanya penulis sendiri. Semoga Allah senantiasa melimpahkan keberkahan ilmu dalam setiap proses yang dilalui, taufik dan hidayah-Nya yang tak terkira kepada penulis dan semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan alat dan penyusunan laporan proyek akhir ini. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



Sungailiat, 07 Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Proyek Akhir	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1. Manajemen Energi.....	4
2.2. Energi Listrik.....	5
2.2.1. Arus Listrik.....	5
2.2.2. Tegangan Listrik.....	6
2.2.3. Daya Aktif	7
2.2.4. Daya Semu.....	7
2.3. <i>Smart Home</i>	8
2.3.1. Aplikasi <i>Smart Home</i>	9
2.3.2. Pemanfaatan IoT pada <i>Smart Home</i>	9
2.4. <i>Fuzzy Logic Control</i>	10
2.4.1. Metode <i>Fuzzy Sugeno</i>	11
2.5. <i>Smart Lamp</i>	12
2.5.1. <i>Dimmer</i> Otomatis.....	12
2.5.2. Standar Intensitas Cahaya Ruangan dan Kondisi	12
2.6. Komponen yang Digunakan	14
2.6.1. <i>Light Dependant Resistor</i>	14

2.6.2. Sensor Arus dan Tegangan PZEM-004T.....	14
2.6.3. NodeMCU ESP8266.....	15
2.6.4. Arduino UNO	16
2.6.5. Modul <i>Solid State Relay</i>	17
BAB III METODE PELAKSANAAN	19
3.1. Diagram Alur Pengerjaan Proyek Akhir	19
3.2. Tahapan Pengerjaan Proyek Akhir	20
3.2.1. Studi Literatur	20
3.2.2. Rancang <i>Hardware</i> Perangkat Lampu	20
3.2.3. Rancang Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu	21
3.2.4. Koneksi Perangkat Lampu ke <i>Smartphone</i>	23
3.2.5. Rancang Program dan Rules Fuzzy Logic Control	24
3.2.6. Pengujian Alat	29
3.2.7. Perakitan Fisik Produk	29
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1. Deskripsi Alat	31
4.1.1. Konstruksi Alat.....	32
4.2. Pengujian Alat	33
4.2.1. Pengujian Sistem Monitoring	33
4.2.2. Kondisi Ruangan Saat Pengujian.....	37
4.2.3. Pengujian Sistem Lampu Otomatis Berbasis <i>Fuzzy Logic Control</i>	37
4.2.4. Tampilan <i>Output</i> Nyala Lampu	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1. Persyaratan Umum Pencahayaan	13
2. 2. Tabel Spesifikasi PZEM-004T [21]	15
2. 3. Tabel Spesifikasi NodeMCU.....	16
2. 4. Tabel Spesifikasi Arduino UNO [25].....	17
2. 5. Tabel Spesifikasi SSR	18
3. 1. Parameter Nilai Analog <i>Input</i> LDR	27
3. 2. Parameter Nilai Analog <i>Output</i> Nyala Lampu	28
4. 1. Hasil Pengukuran Menggunakan PZEM-004T pada Sistem Monitoring	35
4. 2. Hasil Pengukuran Menggunakan Alat Ukur Power Monitor	35
4. 3. Nilai Persentase <i>Error</i> Output Sensor PZEM-004T dan Alat Ukur Power Monitor.....	36
4. 4. Hasil Pengujian <i>Fuzzy Logic Control</i>	38
4. 5. Pengujian Alat dengan Menerapkan <i>Fuzzy Logic Control</i>	39
4. 6. Hasil Perbandingan Pengukuran <i>Output</i> Penggunaan Perangkat Lampu	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1. Kategori <i>Smart Home</i> [8]	8
2. 2. Ilustrasi Topologi Star [9]	10
2. 3. Modul LDR[18]	14
2. 4. Sensor PZEM-004T [20].....	15
2. 5. NodeMCU [22]	16
2. 6. Arduino UNO R3 [25].....	17
2. 7. Modul <i>Solid State Relay</i>	18
3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Proyek Akhir	19
3. 2. Blok Diagram <i>Hardware</i> Perangkat Lampu	20
3. 3. Blok Diagram Skematik Kontrol Elektrik.....	21
3. 4. Blok Diagram Sistem Monitoring Berbasis IoT.....	22
3. 5. Blok Diagram <i>Internet of Things</i>	23
3. 6. Tampilan Data Monitoring di Firebase	24
3.7. Blok Diagram Sistem Kontrol Perangkat	25
3.8. Blok Diagram <i>Fuzzy Logic Control</i>	26
3.9. <i>Membership Function Input Fuzzy</i>	26
3.10. <i>Membership Function Output Fuzzy</i>	28
4. 1. Tampak Samping <i>Prototype</i> Perangkat Lampu Pintar	32
4. 2. Tampak Depan <i>Prototype</i> Perangkat Lampu Pintar.....	32
4. 3. Tampak Atas <i>Prototype</i> Perangkat Lampu Pintar.....	33
4. 4. Interface Menu SignUp dan Login Aplikasi	34
4. 5. Tampilan Monitoring Aplikasi Lampu	34
4.6. Ruang Pengujian.....	37
4.7. Kondisi Nyala Lampu Kategori Off (a) Kondisi Lampu Mati Total; (b) Kondisi Transisi <i>Off to Dim</i>	41
4. 8. Kondisi Nyala Lampu Kategori <i>Dim</i>	42
4. 9. Kondisi Nyala Lampu Kategori <i>Medium</i>	42

4. 10. Kondisi Nyala Lampu Kategori <i>Fair</i>	43
4. 11. Kondisi Nyala Lampu Kategori <i>Bright</i>	43



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup.....	49
Lampiran 2. Program pada Mikrokontroler	50
Lampiran 3. Tabel Persyaratan Pencahayaan [17].....	56
Lampiran 4. <i>Membership Function Input dan Output Fuzzy</i>	59



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini mendorong manusia untuk berpikir kreatif dan inovatif. Terlebih lagi penggunaan energi yang semakin besar seiring dengan perkembangan teknologi tersebut. Namun kian besarnya penggunaan energi berbanding terbalik dengan ketersediaannya. Maka dari itu, sebagai solusi dari masalah tersebut dikembangkanlah berbagai cara untuk manajemen konsumsi energi. Apabila belum menemukan atau belum mampu menggantinya dengan sumber lain sebaiknya menghemat penggunaannya dengan cara yang lebih modern.

Salah satu cara memanajemen konsumsi energi dan daya adalah pengurangan pemakaiannya. Namun dengan sistem kontrol otomatis yang disusun pada proyek akhir ini perangkat dapat digunakan namun dengan penggunaan yang terpantau. Salah satu contoh dari berkembangnya teknologi tersebut adalah *smart home*. Otomatisasi ini berdasarkan *context aware* yang didapatkan dari memonitoring lingkungan rumah itu sendiri. *Smart home* dapat melakukan suatu pekerjaan secara otomatis. Dalam bahasan ini, *smart home* dilengkapi dengan *smart lamp*. Lampu-lampu tersebut dapat diatur tingkat kecerahannya secara otomatis dengan masukan berupa waktu, beban puncak, dan *user control*.

Rumah pintar terlihat seperti *self-controlled* dan adaptif terhadap lingkungan karena diprogram dengan program berbasis *Internet of Things* dan *fuzzy logic control* yang memungkinkan sebuah benda bekerja layaknya manusia. Selain itu, *smart lamp* yang terdapat di ruangan tersebut dilengkapi dengan *dimmer* otomatis untuk menyesuaikan intensitas cahaya. *Smart lamp* di ruangan tersebut juga dapat mengikuti perintah masukan manusia secara manual melalui *device* berbasis *Internet of Things* sehingga dapat dikontrol dari jarak jauh sekalipun. *Internet of Things* dalam sistem ini digunakan sebagai konektor sistem kontrol lampu jarak jauh dengan sistem monitoring di *smartphone*.

Smart Home yang dirancang ini bekerja secara adaptif sesuai keadaan dengan menggunakan logika *fuzzy* sebagai penalaran untuk mengaktifkan *output* prioritas yang dibutuhkan. Produk yang dihasilkan dari rancangan ini adalah *hardware* sistem kontrol dan sistem monitoring lampu dengan bentuk fisik berupa fitting lampu pintar.

Pada penelitian sebelumnya, lampu di rumah sudah dapat dikontrol jarak jauh dengan memanfaatkan sistem *Internet of Things* yaitu menggunakan web bernama Cayenne. Web ini dapat diakses melalui OS Android, IOS, dan Windows Phone [1]. Kemudian terdapat teknologi yang sudah dapat memantau penggunaan daya, energi, tegangan, arus listrik dan biaya pemakaian serta dapat mengirimkan notifikasi dari *smartphone* dan bunyi *buzzer* apabila beban yang dipakai melebihi batas harga listrik yang dikehendaki *user*. Namun persentase kesalahan pembacaan dalam sistem ini masih di atas 30% sehingga perlu pengembangan [2]. Dalam penerapan *fuzzy logic control* dalam mengatur intensitas cahaya, terdapat penelitian yang telah membuktikan dapat menghemat energi sebanyak 57.21% pada lampu LED merek AUTOLUX dalam percobaan selama 4 jam [3].

Dengan menggabungkan teknologi dan keilmuan dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai tambahan referensi, proyek akhir ini berfokus pada pengendalian, pemantauan, serta kontrol otomatis perangkat lampu dengan tujuan manajemen penggunaan energi di rumah pintar. Dengan pengembangan sistem pada alat yang ada sistem manajemen energi pada proyek akhir ini akan tersusun dari sistem kontrol dan monitoring menggunakan aplikasi rumah pintar yang bersifat *user friendly* dan praktis serta sistem *dimming* otomatis yang adaptif yang terdapat dalam satu alat perangkat lampu.

1.2. Perumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dan dipecahkan dalam proyek akhir adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat sistem kontrol lampu otomatis dengan menggunakan teknologi kecerdasan buatan *Fuzzy Logic Control*.

2. Bagaimana mengkoneksikan perangkat lampu pintar ke sebuah *user control* menggunakan *Internet of Things*.
3. Bagaimana menampilkan *output* dari lampu ke sebuah *display* berupa *smartphone*.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada proyek akhir ini melingkupi hal-hal berikut ini.

1. Proses pengujian pada proyek akhir ini dilakukan pada tanggal 5 Februari 2022 pada pukul 06.00-12.00 WIB.
2. Proyek akhir ini menerapkan *fuzzy logic control* dengan masukan yaitu cahaya lingkungan yang dideteksi menggunakan sensor cahaya LDR dan keluaran *dimming* lampu otomatis pada lampu pijar *dimmable* 15 Watt.
3. Sistem kontrol berbasis IoT pada proyek akhir ini berfungsi untuk menyalakan dan mematikan lampu.

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan yang mendasari disusunnya proyek akhir ini adalah.

1. Membuat aplikasi berbasis IoT yang dapat mengontrol dan memonitor penggunaan energi pada *smart lamp*.
2. Membuat sistem lampu pintar yang dapat mengatur tingkat kecerahan secara otomatis menggunakan metode *fuzzy logic control*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Manajemen Energi

Manajemen energi dalam konteks energi listrik merupakan sebuah upaya terstruktur yang dilakukan oleh berbagai pihak dengan tujuan agar energi yang digunakan dapat dimanfaatkan secara efisien dan efektif [4]. Tentunya manajemen energi ini sangat berdampak positif bagi seluruh sektor yang memanfaatkannya. Hal ini dikarenakan selain mampu menghemat penggunaan energi listrik (*cost*), manajemen energi juga berdampak positif bagi lingkungan apabila upaya ini dapat terwujud dan digunakan khalayak luas maka eksploitasi terhadap sumber energi fosil dan tidak terbarukan dapat teratasi. Banyak upaya yang telah dilakukan para akademisi maupun peneliti guna dapat menemukan metode dan menerapkan prinsip manajemen industri ini. Dalam studi yang pernah dilakukan sebelumnya upaya yang dilakukan adalah dengan cara mengaudit seluruh data penggunaan energi di tempat tersebut dan membagi persenan penggunaan data yang telah diaudit sebelumnya [5]. Setelah data yang diperlukan didapatkan, operator akan melakukan konservasi penggunaan energi. Setelah itu akan dilakukan penyusunan asumsi pola jam operasional dan selanjutnya merupakan upaya pencarian potensi agar dapat menghemat pengeluaran dengan cara mengganti piranti yang ada dengan piranti lain yang membutuhkan konsumsi energi yang lebih sedikit.

Pada penelitian setelahnya muncul sebuah gagasan untuk memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) guna menerapkan prinsip manajemen energi [6]. Upaya tersebut dilakukan dengan cara membuat sebuah sistem yang nantinya dapat memonitoring konsumsi energi listrik dengan komponen utamanya adalah KWh meter yang terpasang pada panel distribusi dan selanjutnya dilengkapi dengan teknologi IoT. Dengan menggunakan teknologi IoT, besaran konsumsi energi listrik dapat diketahui secara *real-time*. Dari data yang telah dikumpulkan upaya ini juga berhasil dalam menghemat konsumsi energi. Kun-Lit Tsai dan Fang-Yie Leu [7] menyampaikan dalam penelitiannya, walaupun banyak produk komersial

yang mampu membantu dalam penghematan energi, ternyata masih sulit menemukan solusi komprehensif untuk mengurangi energi peralatan secara efektif di dalam instalasi rumah. Dikarenakan hal tersebut, muncul gagasan mengenai skema kendali energi cerdas yang dikembangkan berdasarkan socket pintar nirkabel serta penggunaan teknologi IoT. Gagasan ini menyediakan empat mode kontrol yaitu kontrol waktu puncak, kontrol batas energi, kontrol otomatis, dan kontrol pengguna. Hasil percobaan dari skema gagasan ini mampu menghemat 43,4% penggunaan energi untuk beberapa peralatan dalam satu hari kerja [7].

2.2. Energi Listrik

Energi listrik merupakan bentuk energi yang ditimbulkan dari adanya beda potensial antara dua titik sehingga membentuk sebuah arus listrik diantara dua titik tersebut yang terkoneksi melalui sebuah konduktor listrik. Energi listrik dapat juga diartikan sebagai sebuah unsur energi utama yang dibutuhkan bagi perangkat yang menggunakan energi listrik sebagai aktifasinya. Energi listrik berasal dari beragam sumber seperti uap, batu bara, minyak, panas bumi, dan lain sebagainya. Satuan pokok untuk besaran energi listrik adalah Joule dan satuan lainnya yang juga dapat digunakan adalah kWh (*Kilo Watt Hour*). Dalam energi listrik terdapat beberapa besaran lain yaitu arus listrik (*ampere*), tegangan (*volt*), dan daya (*watt*).

2.2.1. Arus Listrik

Arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang disebabkan oleh pergerakan elektron, mengalir melalui sebuah titik dalam sebuah sirkuit listrik per satuan waktu. Arus listrik (I) yang mengalir melalui konduktor didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik (Q) yang mengalir per satuan waktu (t). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I = Q/t \quad (2.1)$$

Keterangan :

I = Arus Listrik (A)

Q = Muatan Listrik (C)

t = Selang waktu

Formula dari persentase *error* arus listrik terurai dalam persamaan di bawah ini.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{I_a - I_{uk}}{I_{uk}} \right| \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

I_a = Arus listrik pada alat yang dibuat (A)

I_{uk} = Arus listrik pada alat ukur (A)

2.2.2. Tegangan Listrik

Sumber tegangan listrik adalah peralatan yang dapat menghasilkan perbedaan potensial listrik terus menerus. Perbedaan potensial listrik diukur dalam volt (V). Alat yang digunakan adalah *voltmeter*.

$$V = W/Q \quad (2.3)$$

Keterangan :

V = Beda potensial listrik dalam volt (V)

W = energi listrik dalam joule (J)

Q = muatan listrik dalam coulomb (C)

Perhitungan persentase *error* tegangan yang didapat merupakan perbandingan pada alat ukur dan alat yang dibuat, sehingga rumusnya adalah :

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{V_a - V_{uk}}{V_{uk}} \right| \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :

V_a = Tegangan pada alat yang dibuat (V)

V_{uk} = Tegangan pada alat ukur (V)

2.2.3. Daya Aktif

Daya aktif merupakan kekuatan yang sebenarnya hilang atau dikonsumsi oleh beban dalam pemakaian perangkat elektronik. Listrik dalam Joule/detik atau Watt disebut sebagai daya aktif. Daya aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = VI \cos \phi \quad (2.5)$$

Keterangan :

I = Arus Listrik (A)

V = Tegangan (V)

ϕ = Sudut phi, derajat

2.2.4. Daya Semu

Daya semu (*VoltAmpere*) merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S . Daya semu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$S = VI \quad (2.7)$$

Keterangan :

S = Daya Semu

V = Tegangan listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

Perhitungan persentase *error* daya yang didapat merupakan perbandingan pada alat ukur dan alat yang dibuat, sehingga rumusnya adalah :

$$\frac{W_a - W_{uk}}{W_{uk}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

Wa = Daya pada alat yang dibuat (W)

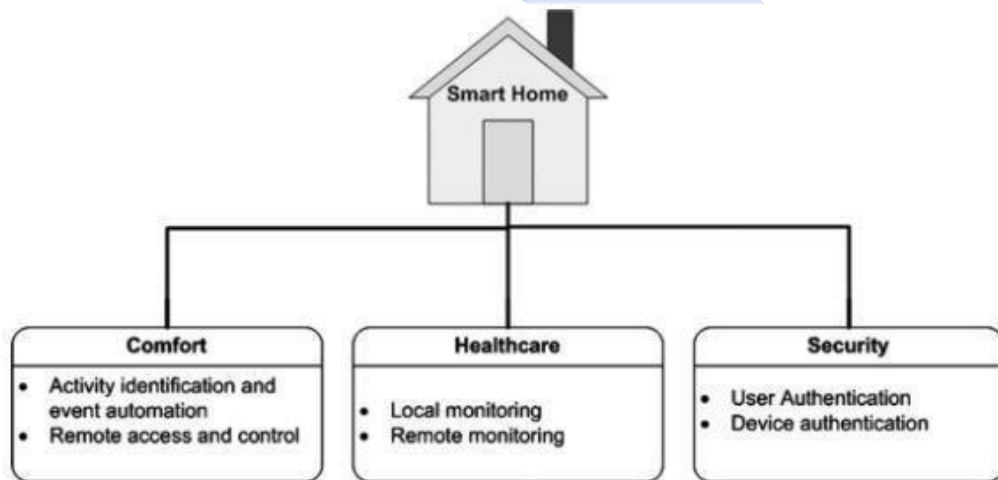
Wuk = Daya pada alat ukur (W)

2.3. Smart Home

Smart Home dapat diartikan sebagai hunian yang menggabungkan jaringan komunikasi yang menghubungkan peralatan elektronik sehingga memungkinkan semuanya dapat dikendalikan, dipantau, dan dapat diakses [5]. *Smart Home* menawarkan beberapa fitur yang dapat memudahkan penggunaannya seperti otomatisasi yang di dapatkan dari memonitoring lingkungan rumah itu sendiri maupun *manual control* yang dapat dilakukan oleh pengguna langsung dirumah ataupun dari jarak jauh. Secara umum *smart home* memiliki 3 syarat yaitu :

1. *Internal Network* : berupa kabel, *wireless*.
2. *Intelligent Control* : *gateway* untuk mengelola sistem.
3. *Home Automation* : mengelola alat-alat untuk menunjang fungsi *smart home*.

Smart home dibedakan menjadi 3 berdasarkan fokus penelitian dan *requirement* dari peneliti [8]. Berikut merupakan keterangan gambar tentang kategori *smart home*.



Gambar 2. 1. Kategori *Smart Home* [8]

Konsep *smart home* sebelumnya sudah pernah menjadi penelitian yang dilakukan di kampus Polmanabel yang diantaranya menggunakan konsep kontrol pengguna dan monitoring yang dilakukan menggunakan aplikasi dan selanjutnya dikembangkan dengan menggunakan teknologi IoT dalam penerapannya [9].

2.3.1. Aplikasi Smart Home

Penggunaan aplikasi pada *smart home* bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan kontrol secara manual dan tanpa perlu melakukan kontak dengan perlengkapan manual melainkan hanya perlu mengoperasikan penggunaan dengan cara melakukan pengaturan pada aplikasi *smart home*. Selain itu, aplikasi dari *smart home* juga dapat membantu pengguna dalam memonitor konsumsi listrik secara *real time* dan praktis. Dengan semakin berkembangnya fungsi dan fitur dari aplikasi maka aplikasi akan dapat semakin memudahkan penerapan *smart home*. Potensi pengembangan aplikasi dapat dikatakan sangat luas dan dengan semakin berkembangnya aplikasi dan fitur yang diberikan maka *smart home* akan ikut berkembang pula.

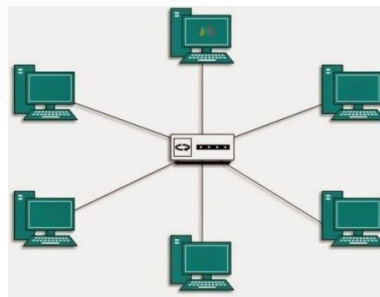
Dalam proses penelitian digunakan aplikasi berbasis android sebagai penunjang *smart home* yang kemudian dikombinasikan dengan pemanfaatan *database* berupa Firebase yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan seluruh audit data konsumsi listrik yang telah didapatkan dalam bentuk tabel data secara *real-time*, responsif dalam artian tidak terdapat data yang terlewatkan dalam proses monitoring penggunaan listrik, dan data yang telah didapatkan dapat diakses langsung dari ponsel pengguna.

2.3.2. Pemanfaatan IoT pada Smart Home

Internet of Things pertama kali dikenalkan oleh Ashton pada tahun 1999 sebagai sebuah set *things* yang saling terkoneksi melalui internet. IoT sendiri berfungsi untuk mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik yang kemudian data tersebut akan diproses dan dipahami maknanya. Data diolah dan dikirim ke *smartphone* menggunakan *network* yaitu Firebase yang

mengkoneksikan *smartphone* ke perangkat lampu [10]. IoT juga dapat didefinisikan sebagai interkoneksi dari perangkat komputasi tertanam (*embedded computing device*). Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa IoT pada dasarnya menghubungkan perangkat yang sudah terprogram di dalam sistem komputasinya dengan layanan internet.

Dalam pengaplikasian *smart home* teknologi IoT ini dimanfaatkan sebagai penunjang dalam pengoperasian aplikasi, agar kendali pengguna dan monitoringnya dapat dilakukan dari jarak yang jauh sekalipun. Pada perangkat juga ditambahkan topologi yang merupakan sebuah sistem jaringan yang membentuk struktur jaringan yang dapat menghubungkan perangkat antar jaringan dengan atau tanpa penggunaan kabel. Dalam hal aplikasi *smart home*, maka salah satu topologi yang cocok ialah topologi bintang. Hal ini dikarenakan Topologi *star* merupakan suatu bentuk hubungan antar perangkat dimana setiap perangkat memiliki jalur komunikasi tersendiri yang terhubung ke perangkat pusat.



Gambar 2. 2. Ilustrasi Topologi *Star* [9]

2.4. *Fuzzy Logic Control*

Fuzzy logic control merupakan salah satu dari bentuk *Artificial Intelligence* yang biasanya difungsikan sebagai formula dalam melakukan penalaran. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk dapat memberikan gambaran dan keputusan dari kemungkinan-kemungkinan samar yang dimasukkan. Logika *fuzzy* merupakan peningkatan dari logika boolean yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Selain itu konsep matematis yang digunakan pada logika *fuzzy* sederhana, fleksibel, memiliki toleransi terhadap data samar, mampu

memodelkan fungsi non-linear yang sangat kompleks, dapat menerapkan pengalaman pakar secara langsung, dapat bekerja sama dengan teknik kontrol lainnya secara konvensional, dan didasarkan pada bahasa alami.

Variabel dalam logika fuzzy biasanya dideskripsikan dalam bentuk himpunan *fuzzy* diantaranya dalam bentuk segitiga, trapezoidal, gaussian, gaussian-bell, dan sigmoid. Dalam memecahkan masalah *fuzzy* terdapat beberapa *expert system* yaitu metode Mamdani, Metode Tsukamoto, dan Metode Sugeno.

Operasi dari sistem pakar fuzzy melalui 4 fungsi utama yaitu :

1. Fuzzifikasi : Pendefinisian himpunan fuzzy dan penentuan derajat keanggotaan dari crisp input pada sebuah himpunan fuzzy.
2. Inferensi : Evaluasi kaidah / rule fuzzy untuk menghasilkan output dari tiap rule.
3. Komposisi : Agregasi atau kombinasi dari keluaran semua rule.
4. Defuzzifikasi : Perhitungan crisp output.

2.4.1. Metode Fuzzy Sugeno

Metode *fuzzy logic* Sugeno dipopulerkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Metode ini memperkenalkan penalaran dalam bentuk konsep logika berkonsekuensi *IF-THEN* namun keluarannya muncul dalam bentuk konstanta atau persamaan linear [11]. Metode Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* dan 0 pada *crisp* yang lain [12]. Dapat dikatakan bahwa metode *fuzzy logic* Sugeno ini merupakan pengembangan dari logika boolean yang memperkenalkan konsep kebenaran sebagian sehingga output yang dihasilkan oleh proses lebih dinamis. Dalam pemanfaatannya metode Sugeno memiliki tingkat keakuratan yang tinggi yaitu 100% dengan waktu eksekusi sistem 417.4 ms [12]. Pada penelitian pengatur kecerahan lampu dengan memanfaatkan metode Sugeno sebelumnya didapatkan bahwa sensor LDR lebih akurat dan presisi jika dibandingkan dengan sensor ultrasonik dengan selisih error 0,196 cm dengan nilai presentase error 2,18% [13].

2.5. Smart Lamp

Smart Lamp adalah sebuah produk lampu pintar yang dimana pada penggunaannya tidak hanya dapat dimonitor dan dikendalikan dari jarak jauh, namun juga memiliki fitur otomatis [14]. Fitur otomatis tersebut meliputi lampu dapat menyesuaikan tingkat kecerahannya dengan kondisi lingkungan / ruangan sekitar. Selain itu lampu juga dapat nonaktif pada saat saat tertentu yang tentunya sesuai dengan fungsi lampu itu sendiri. Dalam pengkondisian tersebut pada program lampu akan diterapkan fungsi dari logika *fuzzy* sehingga akan lebih memudahkan sistem untuk dapat menjalankannya secara otomatis [15]. Dalam data penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai rata rata nyala lampu dari perbandingan menggunakan metode *fuzzy* dan tanpa *fuzzy* adalah 0,898%. Hal tersebut berarti nilai yang diperoleh baik karena nyala maksimal dari lampu tidaklah jauh berbeda selain itu keuntungan dari penggunaan *fuzzy* lebih baik terhadap kesehatan manusia karena cahaya yang dikeluarkan oleh lampu telah disesuaikan tingkat kecerahannya [16].

2.5.1. Dimmer Otomatis

Dimmer merupakan kontrol dari tingkatan pencahayaan sebuah lampu dengan mengatur tegangan V_{rms} maka intensitas cahaya yang dikeluarkan dapat diatur dengan menggunakan potensiometer ataupun variabel resistor lainnya. Namun dalam konteks *dimmer* otomatis maka tingkat kecerahannya akan diatur oleh mikrokontroler yang telah dirangkai dan diprogram sedemikian rupa yang kemudian dikombinasikan dengan menggunakan sensor sehingga nyala redup dan terang lampu akan otomatis menyesuaikan dengan kondisi sekitar lingkungan lampu. Tentunya dengan dikombinasikan dengan logika *fuzzy* maka fitur *self controlled* akan lebih mudah untuk diaplikasikan [15]. Dalam hal ini selain alat yang diciptakan praktis, tentunya alat juga dapat membantu pengguna dalam menghemat penggunaan energi listrik.

2.5.2. Standar Intensitas Cahaya Ruangan dan Kondisi

Dalam instalasi penerangan, tentunya terdapat persyaratan dalam tingkat

kecerahan penerangan yang digunakan. Hal ini dimaksudkan agar penerangan tidak mengganggu pandangan manusia yang terdapat pada ruangan yang dimaksudkan. Penerangan yang tepat dalam suatu ruangan sangatlah penting, karena tingkat kecerahan yang tidak tepat dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan kerusakan pada mata. Tabel 2.1 berikut menampilkan persyaratan pencahayaan pada rumah tinggal [17].

Tabel 2. 1. Persyaratan Umum Pencahayaan

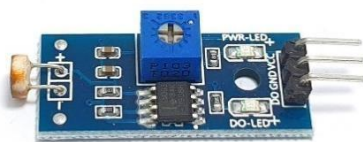
Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Temperatur Warna		
		<i>Warm White</i>	<i>Cool White</i>	<i>Daylight</i>
Rumah Tinggal :				
Teras	60	√	√	
Ruang Tamu	120 - 150		√	
Ruang Makan	120 - 250	√		
Ruang Kerja	120 - 250		√	√
Kamar Tidur	120 - 250	√	√	
Kamar Mandi	250		√	√
Dapur	250	√	√	
Garasi	60		√	√

Selain adanya persyaratan dalam tingkat kecerahan, terdapat pula persyaratan daya maksimum untuk pencahayaan. Hal ini bertujuan agar pemanfaatan energi yang dilakukan dapat sehemat mungkin sehingga tidak terjadi pemborosan energi. Namun terdapat pula beberapa tempat yang tidak dibatasi dalam menggunakan daya listrik penerangan seperti pencahayaan khusus untuk kedokteran, pencahayaan darurat, ruangan yang memiliki tingkat keamanan dengan resiko tinggi, maupun tempat tempat lain yang memang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi.

2.6. Komponen yang Digunakan

2.6.1. *Light Dependant Resistor*

Light Dependant Resistor atau yang biasa disebut dengan LDR merupakan sebuah komponen listrik yang peka terhadap cahaya. Selain disebut LDR piranti ini juga dapat disebut sebagai fotosel, fotokonduktif, atau fotoresistor. Dengan semikonduktor yang karakteristiknya berubah ubah sesuai dengan masukan cahaya yang apabila kondisi intensitas cahaya sangat lemah maka resistansi LDR menjadi tinggi dan sebaliknya apabila kondisi intensitas cahaya terang maka resistansi LDR akan menjadi sangat rendah [18].



Gambar 2. 3. Modul LDR[18]

2.6.2. **Sensor Arus dan Tegangan PZEM-004T**

PZEM-004T merupakan sensor arus dan tegangan yang pada outputnya dapat diketahui besaran nilai arus rms, tegangan rms, daya aktif, faktor daya, dan energi yang digunakan. Penggunaan sensor arus dan tegangan ini nantinya dikombinasikan dengan perangkat mikrokontroler guna mengolah data pembacaan sensor dengan keluaran data yang ditampilkan pada komunikasi serial. Kekurangan yang dimiliki sensor arus dan tegangan ini salah satunya adalah sensor tidak dapat membaca arus dengan ketelitian hingga miliAmpere (mA). Dalam menggunakan sensor arus dan tegangan, diperlukan library agar modul dapat diprogram melalui software Arduino IDE. Berikut merupakan contoh syntax library modul PZEM-004T pada program Arduino IDE:

```
#include "PZEM004Tv30.h"
```

```
#include <stdio.h> [19]
```

Gambar di bawah ini merupakan gambar sensor arus dan tegangan PZEM- 004T.



Gambar 2.4. Sensor PZEM-004T [20]

Berikutnya adalah tabel yang berisi informasi spesifikasi dari PZEM-004T.

Tabel 2. 2. Tabel Spesifikasi PZEM-004T [21]

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tegangan Kerja	80~260VAC
2.	Pengukuran Arus	0-100A
3.	Nilai Daya	22Kw
4.	Frekuensi Operasi	45-65Hz
5.	Akurasi Pengukuran	1.0 <i>grade</i>

2.6.3. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah modul mikrokontroler yang menunjang sistem *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan modul *wi-fi* yang terdapat pada NodeMCU sehingga memungkinkan perangkat untuk dapat terhubung dengan internet. ESP8266 dibuat oleh ESPressif System. NodeMCU ESP8266 menggunakan ESP8266 dengan seri ESP-12E (ESP8266MOD) dengan dilengkapi *drive* CH340G [22]. Pengembangan penggunaan NodeMCU ESP8266 dapat menggunakan *sketch* atau program dengan *software* Arduino IDE.



Gambar 2.5. NodeMCU [22]

Berikut ini adalah tabel spesifikasi NodeMCU yang berisi informasi tentang NodeMCU.

Tabel 2.3. Tabel Spesifikasi NodeMCU

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	<i>Microcontroller</i>	ESP8266
2.	Ukuran Board	57 mm x 30 mm
3.	Tegangan <i>Input</i>	3,3V – 5V
4.	GPIO	13 <i>Pin</i>
5.	PWM <i>Pins</i>	10 <i>Pin</i>
6.	10 bit ADC <i>Pin</i>	1 <i>Pin</i>
7.	<i>Flash Memory</i>	4 MB
8.	<i>Clock Speed</i>	40/26/24 MHz
9.	<i>WiFi</i>	IEEE 802.11 b/g/n
10.	Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz
11.	USB <i>Port</i>	<i>Micro USB</i>
12.	<i>Card Reader</i>	Tidak Ada
13.	USB to Serial <i>Converter</i>	CH340G

2.6.4. Arduino UNO

Arduino UNO merupakan kontrol utama dari penerapan sistem *fuzzy logic control* yang mengolah data inputan LDR berupa sinyal PWM yang difungsikan sebagai pengatur kondisi nyala lampu [23]. Dalam penerapan sistem ini diperlukan pemahaman *physical computing* yang dimana antara perangkat lunak dan perangkat keras saling berkolaborasi secara interaktif sehingga sistem dapat

merespon perubahan kondisi yang terjadi pada lingkungan dalam hal ini tingkat kecerahan suatu ruangan [24]. Dalam memprogram *microcontroller* Arduino UNO diperlukan *software* Arduino IDE dan kabel USB bertipe B untuk menghubungkan *microcontroller* dengan perangkat komputer [25].



Gambar 2. 6. Arduino UNO R3 [25]

Berikut ini adalah tabel yang berisi informasi tentang spesifikasi Arduino UNO R3.

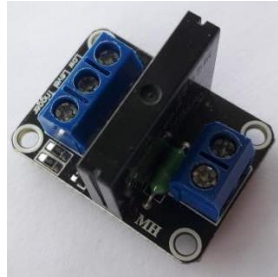
Tabel 2. 4. Tabel Spesifikasi Arduino UNO [25]

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	<i>Microcontroller</i>	Atmega328P
2.	Ukuran Board	68,6 mm x 53,4 mm
3.	Tegangan <i>Input</i>	6V – 20V
4.	GPIO	14 <i>Pin</i>
5.	PWM <i>Pins</i>	6 <i>Pin</i>
6.	10 bit ADC <i>Pin</i>	6 <i>Pin</i>
7.	<i>Flash Memory</i>	32 KB
8.	<i>Clock Speed</i>	16 MHz
13.	USB <i>Port</i>	USB B <i>Connector</i>

2.6.5. Modul *Solid State Relay*

Sebuah modul *solid state relay* (SSR) merupakan sebuah saklar elektronik yang beralih atau menonaktifkan ketika tegangan eksternal kecil diterapkan di terminal kontrol. SSR terdiri dari sensor yang merespon yang sesuai *input* (sinyal kontrol). *Relay solid state* yang dikemas menggunakan perangkat semikonduktor daya seperti thyristor dan transistor, untuk beralih arus hingga sekitar seratus ampere. *Solid state relay* memiliki kecepatan *switching* yang lebih cepat jika

dibandingkan dengan relay elektromekanik. Penerapan *relay solid state* harus memastikan bahwa kemampuan SSR diatas tegangan normal. Hal ini bertujuan untuk menahan kelebihan beban sesaat pada arus starting [26].



Gambar 2. 7. Modul *Solid State Relay*

Tabel 2.5. menampilkan tabel spesifikasi NodeMCU yang berisi informasi tentang NodeMCU.

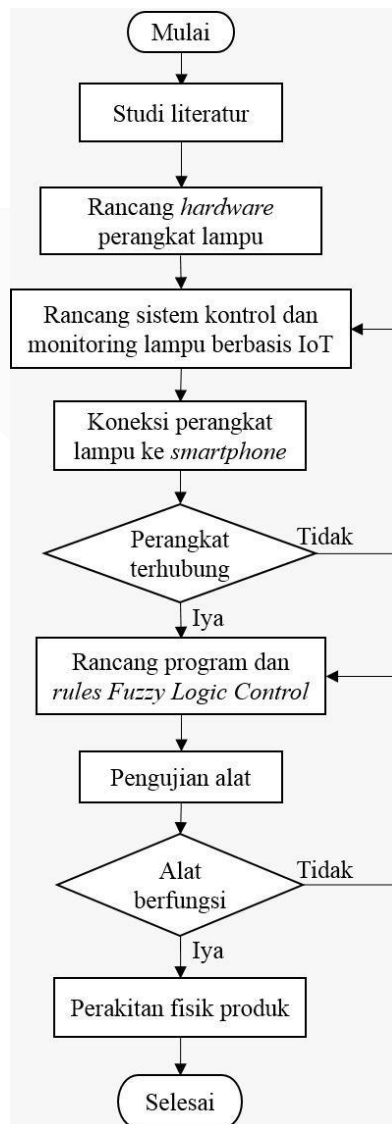
Tabel 2. 5. Tabel Spesifikasi SSR

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tegangan <i>Input</i>	5V
2.	Beban Keluaran	100~240V dengan arus 2A
3.	Tegangan Pemicu	0 – 1.5V

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Proyek Akhir

Dalam pembuatan proyek akhir ini terdapat tahapan kerja terorganisir yang dapat mempermudah perancangan, pembuatan, serta penyelesaian proyek akhir. Berikut ini alur proses yang digunakan untuk mempelajari tahapan-tahapan tersebut.



Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Proyek Akhir

Pada Gambar 3.1. terdapat tahapan langkah-langkah pengerjaan proyek akhir berupa kegiatan ilmiah untuk mencapai tujuan dan poin penting dalam terbentuknya *prototype* alat pada proyek akhir ini.

3.2. Tahapan Pengerjaan Proyek Akhir

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan proses pengerjaan proyek akhir berdasarkan diagram alur di atas.

3.2.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses mengobservasi, mengkaji, dan menganalisa hasil penelitian dalam satu lingkup bidang studi yang telah dipublikasikan sebelumnya untuk mencari dasar teori, analisa hasil penelitian dan sebagai bahan pembandingan dengan penelitian yang sedang dikerjakan.

3.2.2. Rancang *Hardware* Perangkat Lampu

Rancang *hardware* perangkat lampu dilakukan untuk memaparkan konsep *hardware* perangkat lampu pada sistem ini. Diagram *hardware* ini kemudian akan memiliki bentuk fisik berupa *prototype* sistem penerangan buatan berbasis IoT dan menggunakan metode *fuzzy logic control*.



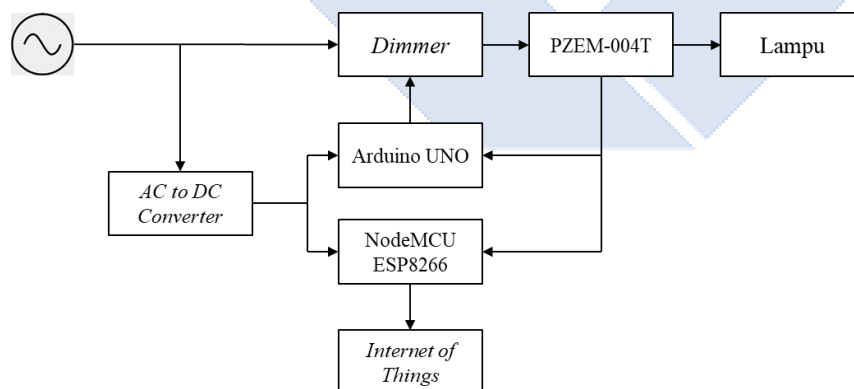
Gambar 3. 2. Blok Diagram Hardware Perangkat Lampu

Informasi yang dapat ditemukan dalam gambar di atas yaitu, pertama mikrokontroler menerima masukan dari *user control* dan sensor PZEM-004T. masukan dari *user* adalah usaha *user*/pengguna dalam menghidupkan lampu, baik menggunakan cara manual maupun dari aplikasi rumah pintar. Sensor PZEM-004T merupakan sensor pengukur arus listrik dan tegangan dari lampu kemudian dari kedua masukan di atas data akan diproses di mikrokontroler sesuai dengan perintah yang telah diprogram di NodeMCU ESP8266. *Output* data tersebut

kemudian akan dikeluarkan oleh perangkat lampu dan juga *smartphone*. Lampu mengeluarkan cahaya dengan *dimmer* otomatis sesuai program FLC, dan *smartphone* menjadi sistem monitoring yang akan mengeluarkan informasi berupa data angka yang ditampilkan di aplikasi rumah pintar. Dari *smartphone* juga dapat menjadi *input* kontrol jarak jauh dengan menekan ON/OFF di aplikasi untuk menyalakan dan mematikan lampu.

3.2.3. Rancang Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu

Rancang sistem kontrol lampu menggunakan NodeMCU ESP8266, dimana perintah diprogram untuk lampu dapat dikontrol di *smartphone* secara jarak jauh. NodeMCU dipilih karena memiliki modul wifi sehingga lampu tersambung ke *network*. Modul NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler yang berfungsi untuk mengoperasikan *relay* pada rangkaian. Kemudian sistem monitoring berbasis IoT diprogram di MIT App Inventor, dengan kata lain selain membangun sistem monitoring hal ini juga sekaligus membuat aplikasi. Berikut ini gambar rancang blok diagram sistem kontrol elektrik perangkat lampu.

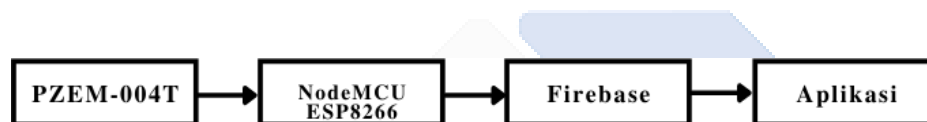


Gambar 3. 3. Blok Diagram Skematik Kontrol Elektrik

Pada Gambar 3.3. dapat diketahui bahwa awalan sistem kontrol elektrik dimulai dari sumber Listrik AC. Kemudian keluaran dari sumber AC menuju *converter* AC to DC guna mengubah inputan AC menjadi DC untuk mengontrol sistem yang membutuhkan arus DC sebagai *supply*. Setelah itu arus DC menuju

mikrokontroler NodeMCU yang difungsikan untuk mengoperasikan *relay*, kemudian *relay* berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *output* lampu. Selain itu DC *supply* juga mengaktifkan mikrokontroler Arduino UNO yang dimana Arduino digunakan untuk memproses keluaran sensor LDR yang dimana hasil dari *value* tersebut berfungsi untuk mengendalikan *output* yang harus dikeluarkan oleh *dimmer*. Keluaran *dimmer* yang dihasilkan berfungsi untuk mengontrol intensitas dari cahaya lampu yang dikeluarkan.

Kemudian selain sistem kontrol lampu juga terdapat sistem monitoring berbasis IoT. Berikut ini merupakan gambar blok diagram dari sistem monitoring berbasis IoT.

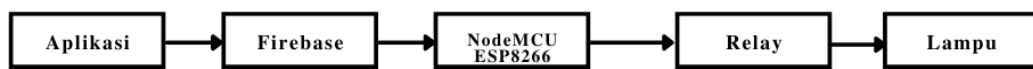


Gambar 3. 4. Blok Diagram Sistem Monitoring Berbasis IoT

PZEM-004T digunakan sebagai sensor pembaca arus dan tegangan yang digunakan oleh perangkat lampu yang nantinya difungsikan untuk mengetahui besaran energi listrik yang digunakan oleh perangkat lampu. Kemudian hasil dari pengukuran tersebut dikirimkan pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang kemudian diolah pada program sehingga di dapatkan hasil pengukuran berupa tegangan, arus listrik, daya listrik, serta energi listrik yang digunakan. Data pengukuran tersebut kemudian dikirimkan pada *real-time database* di dalam Firebase sehingga hasil pengukuran yang dikirimkan merupakan data yang aktual dan merupakan data pengukuran yang didapatkan secara *real-time*. Data yang telah didapatkan tersebut selanjutnya dikirimkan ke dalam aplikasi sehingga data pengukuran tersebut dapat dimonitoring secara *real-time* melalui perangkat *smartphone* yang telah terdapat aplikasi Polman Lamp Manager yang digunakan untuk mengontrol dan memonitoring perangkat lampu di dalamnya.

3.2.4. Koneksi Perangkat Lampu ke *Smartphone*.

Pada proyek akhir ini, menghubungkan perangkat lampu ke *smartphone* memanfaatkan sebuah *network*. *Network* yang dimaksud adalah *database* Firebase. Firebase menghubungkan dua “*things*” yaitu lampu dan *smartphone* menggunakan internet. Gambar di bawah ini menunjukkan blok diagram IoT dari alat proyek akhir ini



Gambar 3. 5. Blok Diagram *Internet of Things*

Kontrol awal pada sistem IoT ini adalah aplikasi yang sebelumnya telah dirancang pada web MIT App Inventor. Inputan pada aplikasi kemudian akan dikirimkan pada *real-time database* di dalam Firebase. Kemudian Firebase akan mentransfer data kontrol yang telah didapatkan sebelumnya ke dalam modul *wi-fi* NodeMCU ESP8266 yang selanjutnya akan memproses data masukan berupa perintah untuk mengaktifkan ataupun menonaktifkan lampu. Kemudian *relay* akan menerima perintah masukan dari mikrokontroler dan berperan sebagai aktuator guna melakukan perintah pengendalian *output* lampu dengan instruksi berupa mengaktifkan ataupun menonaktifkan lampu. Apabila logika yang diterima adalah 1 (*HIGH*), maka kondisi relay akan berubah menjadi aktif. Sebaliknya apabila logika yang diterima adalah 0 (*LOW*) maka kondisi relay akan berubah menjadi nonaktif.

Kemudian pada Firebase juga terdapat sebuah tampilan untuk memonitoring penggunaan perangkat lampu dan memantau aktifitas penggunaannya. Gambar 3.6 berikut merupakan tampilan data yang terdapat pada database di dalam Firebase.

```
discreate-default-rtdb
-- S4: "1"
-- S5: "1"
-- current4: "0.05"
-- current5: "0.09"
-- distya: "\"distya\""
-- kwh4: "0.1"
-- kwh5: "0.0"
-- rp4: "0.160"
-- rp5: "0.029"
-- shalilla: "\"shalilla\""
-- volt4: "227.00"
-- volt5: "227.60"
-- watt4: 3.8
-- watt5: 11.1
```

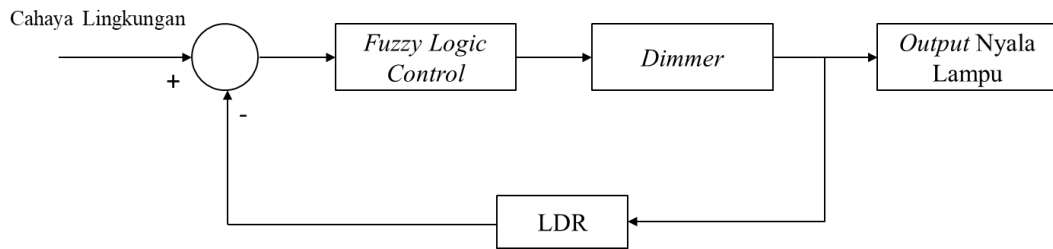
Gambar 3. 6. Tampilan Data Monitoring di Firebase

Gambar 3.6. adalah tampilan data monitoring yang ada di Firebase. Variabel yang ditampilkan pada gambar di atas adalah variabel keluaran proses yang diolah di aplikasi. Data dari PZEM-004T juga dapat dipantau melalui Firebase oleh *operator*. Selain itu Firebase juga digunakan untuk menyimpan data keluaran.

3.2.5. Rancang Program dan Rules Fuzzy Logic Control

Dalam pelaksanaan proyek akhir ini dilakukan dua cara dalam menyusun logika fuzzy yaitu dengan simulasi pada Matlab dan real product dengan aktuator lampu. Dalam menyusun logika fuzzy pada lampu, logika perlu diprogram untuk menjalankan perintah. Perintah-perintah ini ditulis dalam sebuah program di Arduino IDE dan kemudian perintah-perintah tersebut akan dilaksanakan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Program tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

Gambar 3.7. berikut ini merupakan gambar blok diagram sistem kontrol otomatis perangkat berbasis *fuzzy logic control*.

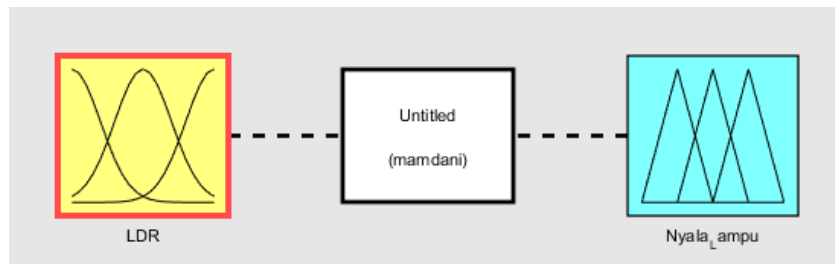


Gambar 3.7. Blok Diagram Sistem Kontrol Perangkat

Blok diagram di atas menampilkan siklus yang terjadi dalam sistem kontrol perangkat secara garis besar dalam keseluruhan sistem. Pada sistem masukan berupa sumber AC dari listrik PLN. Kemudian kontrol IoT berfungsi untuk menerima masukan perintah dari *user* secara IoT melalui aplikasi yang sebelumnya telah dibuat setelah itu masukan akan diproses di dalam *fuzzy logic control*. Setelah melalui proses pengolahan di dalam *fuzzy logic control* maka *output* yang dikeluarkan akan memproses masukan dan mengeluarkan output sesuai dengan hasil pengolahan pada *fuzzy logic control*. Sehingga *output* lampu yang dikeluarkan sesuai dengan proses yang telah dilalui dan *output* berupa nyala lampu yang sesuai dengan yang diinginkan. Proses ini akan terus melakukan *looping* dengan inputan berupa nilai analog yang dihasilkan oleh sensor LDR. *Output* dari LDR ini nantinya akan mempengaruhi proses dan *output* yang akan dihasilkan pada proses *fuzzy logic control* sehingga dapat dikatakan besaran *output* dari LDR mempengaruhi *output* *dimmer* dan besaran intensitas cahaya dari *output* lampu.

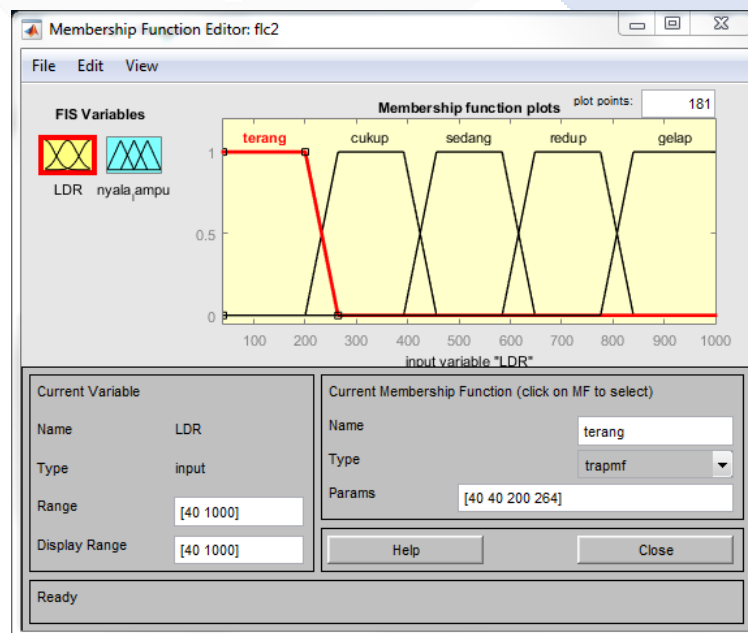
Rancang program FLC dalam penelitian ini menggunakan variabel berupa intensitas cahaya dengan *rules* yang diprogram di Arduino UNO. Dalam perancangan sistem kontrol otomatis pengguna tidak perlu lagi untuk mengendalikan perangkat pintar secara manual karena perangkat pintar sudah terintegrasi dengan adanya kecerdasan buatan *fuzzy logic control*.

Fuzzy logic control disini akan menangkap data dari lingkungan menggunakan sensor kemudian data dipilah dan diolah sesuai dengan *fuzzy rule base* yang telah dibuat dan kemudian lampu pintar yang akan mengeluarkan *output* berupa intensitas nyala lampu. Gambar 3.8 menampilkan blok diagram FLC yang digunakan dalam penelitian kali ini.



Gambar 3.8. Blok Diagram *Fuzzy Logic Control*

Gambar di atas merupakan gambar blok diagram FLC menggunakan simulasi yang ada di Matlab. Pada simulasi kali ini logika *fuzzy* dibentuk menggunakan metode Mamdani. Dengan adanya simulasi dapat mempermudah dalam memperkirakan nilai analog serta kondisi hasil dari *output fuzzy*. Selain itu, simulasi pada Matlab juga mampu mempermudah proses pemetaan nilai pada membership function. Gambar 3.9. di bawah ini menampilkan skema perencanaan dari *membership function* pada *input fuzzy*.



Gambar 3.9. *Membership Function Input Fuzzy*

Dalam menyusun logika *fuzzy logic control* yang perlu diperhatikan pada mulanya adalah mendefinisikan karakteristik dari input serta output *fuzzy*. Dalam kasus dari proyek akhir ini, variabel input adalah masukan dari LDR yaitu kondisi pencahayaan dan variabel outputnya adalah intensitas nyala lampu. Kemudian

variabel dikelompokkan lagi menjadi beberapa kondisi yang akan mendukung hasil *output* atau pembentukkan himpunan *fuzzy*.

Input LDR dibagi menjadi lima kondisi yang dapat dinalar dan diperkirakan oleh manusia yaitu terang, cukup, sedang, redup, dan gelap. *Output* pun dibagi menjadi lima kondisi yaitu dark, dim, medium, fair, dan bright. Kemudian masing-masing dari kondisi tersebut diberikan nilai atau standar berdasarkan besarnya masukan yang dapat dikeluarkan. Dalam proyek akhir ini keluaran LDR berupa nilai analog dan nyala lampu dinyatakan dalam persen (%) untuk mempermudah pembentukan logika.

Melalui pengujian nilai analog LDR dan nyala lampu serta simulasi menggunakan media Matlab didapatkan hasil untuk parameter input *membership function fuzzy* seperti yang ditampilkan pada tabel 3.1.

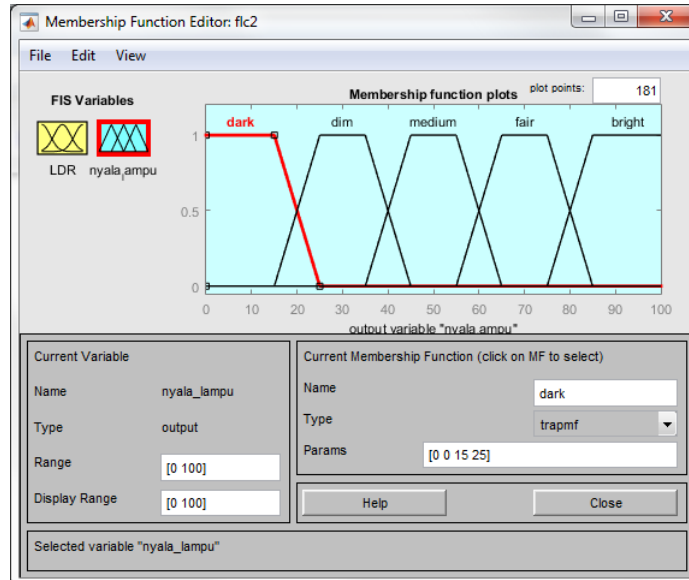
Tabel 3.1. Parameter Nilai Analog *Input* LDR

Variabel	<i>Membership Function</i>	<i>Value</i>
LDR	terang	40, 40, 200, 264
	cukup	200, 264, 392, 456
	sedang	392, 456, 584, 648
	redup	584, 648, 776, 840
	gelap	776, 840, 1000, 1000

Parameter adalah perkiraan ukuran dari suatu data dalam populasi yang dapat dijadikan patokan dalam menghasilkan informasi akhir yang tepat. Parameter dalam tabel di atas memperkirakan kondisi-kondisi pada LDR dan nilai-nilainya. Nilai-nilai dalam parameter pada Tabel 3.1. didapat dengan pengujian menggunakan perbandingan antara nilai analog dari potensiometer dan sensor LDR yaitu pada nilai analog input 40 didapatkan nilai nyala lampu 0%(lampu mati) sedangkan titik input maksimal adalah 1000 dengan kondisi output 100%(lampu menyala terang).

Selanjutnya *membership function* juga terdapat pada proses pembentukan

paramater *output*. Gambar 3.10. di bawah ini menunjukkan desain *membership function output fuzzy* pada Matlab.



Gambar 3.10. *Membership Function Output Fuzzy*

Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa *membership function* yang digunakan merupakan *membership function trapezoid*. *Membership function* jenis ini memungkinkan pengguna untuk dapat dengan mudah memetakan kondisi di antara dua buah fungsi keanggotaan. Kemudian dari hasil simulasi Matlab, nilai parameter yang telah didapatkan diterjemahkan ke dalam program dengan nilai parameter serupa. Tabel 3.2. menunjukkan nilai parameter *output* analog nyala lampu.

Tabel 3.2. Parameter Nilai Analog *Output* Nyala Lampu

Variabel	<i>Membership Function</i>	<i>Value</i>
Nyala Lampu	dark	0, 0, 15, 25
	dim	15, 25, 35, 45
	medium	35, 45, 55, 65
	fair	55, 65, 75, 85
	bright	75, 85, 100, 100

Parameter dalam tabel 3.2. memperkirakan kondisi-kondisi pada Nyala Lampu dan nilai-nilainya. Nilai-nilai dalam parameter di Tabel 3.2. didapat dengan pengujian nilai analog dengan menggunakan LDR serta simulasi yang dilakukan pada Matlab.

Dari data-data di atas *range value* dari nilai analog LDR yaitu 40-1000 satuan analog, sedangkan untuk *range value* nyala lampu terukur sebesar 0-100%. Setelah menyusun parameter di atas, selanjutnya adalah membuat aturan *fuzzy*. Aturan *fuzzy* menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Cara umum untuk menuliskan aturan atau *rules fuzzy* ini dengan menggunakan fungsi yang disampaikan secara linguistik yaitu IF-THEN. Berikut ini aturan-aturan yang menyusun *fuzzy rules*.

1. IF (LDR is Terang) THEN (Nyala_Lampu is Dark)
2. IF (LDR is Sedang) THEN (Nyala_Lampu is Medium)
3. IF (LDR is Gelap) THEN (Nyala_Lampu is Bright)
4. IF (LDR is Cukup) THEN (Nyala_Lampu is Dim)
5. IF (LDR is Redup) THEN (Nyala_Lampu is Fair)

Pemanfaatan sistem otomatisasi dengan menerapkan FLC dapat dikatakan berhasil apabila hasil sesuai dengan yang tertera pada *fuzzy rules*. Artinya logika *fuzzy* telah bekerja sebagai kecerdasan buatan yang mendeteksi lingkungan dan tidak memerlukan kontrol manual dari *user* untuk melakukan *dimming* cahaya.

3.2.6. Pengujian Alat

Pengujian sistem kerja dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama pengujian sistem per bagian, dimana pengujian dilakukan dengan menguji tiap komponen pada alat, kemudian menguji sistem per satuan. Tahap kedua adalah pengujian alat keseluruhan. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada BAB IV.

3.2.7. Perakitan Fisik Produk

Apabila alat sudah berfungsi sebagaimana mestinya, maka langkah

terakhir yang dilakukan adalah merakit alat menjadi sebuah kesatuan dalam bentuk fisik berupa seperangkat box lampu. Perakitan produk ini mendefinisikan alat berdasarkan bentuk fisik alat dan sistem yang memiliki dimensi dan volume. Dalam perakitan fisik ini yang perlu dipertimbangkan adalah bentuk fisik yang sifatnya fungsional, ergonomis, dan sesederhana mungkin karena secara umum alat pada proyek akhir ini ditujukan pemakaiannya dapat mempermudah pengguna. Tampilan dari prototype alat dapat disimak pada BAB IV.



BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab pembahasan ini akan memaparkan tentang bahasan pokok pembuatan penelitian proyek akhir meliputi deskripsi alat, perancangan sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT, perancangan program *fuzzy logic control*, rancang *hardware* serta rangkaian elektronika, hasil penelitian, serta inovasi yang dapat dikembangkan dari penelitian proyek akhir ini.

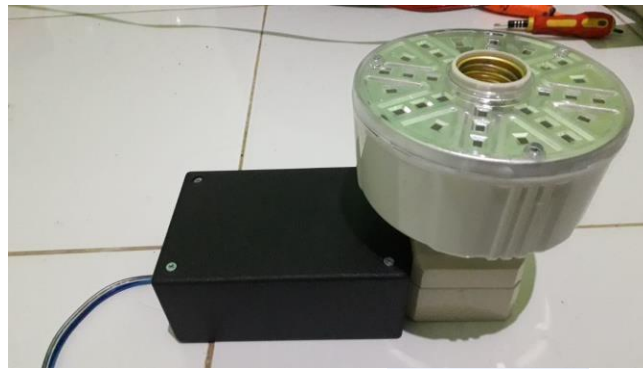
4.1. Deskripsi Alat

Sistem manajemen energi pada *smart home* adalah sebuah alat dengan fungsi mengurangi penggunaan energi pada rumah pintar secara otomatis. Sistem ini didukung dengan *fuzzy logic control* sebagai kontrol otomatis berdasarkan masukan dari lingkungan. Dalam penelitian ini variabel masukan yang digunakan adalah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor *Light Dependant Resistor* (LDR).

Penelitian kali ini juga menyusun sistem kontrol dan monitoring lampu pada rumah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* berfungsi untuk mengumpulkan informasi/data dari lingkungan, kemudian data tersebut diolah dan dikirim ke perangkat lainnya via *network*. Sistem kontrol ini dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *smartphone* dengan aplikasi lampu pintar. Seperti sebutannya *Internet of Things* terdiri dari internet dan “*things*”. *Things* dalam penelitian ini adalah perangkat lampu dan *smartphone* yang terkoneksi oleh internet atau dalam kasus ini Firebase. Dengan adanya Firebase, *smartphone* dapat mengontrol *On/Off* lampu dan perangkat lampu dapat mengirim sinyal *output* ke *smartphone* sehingga *smartphone* menjadi sistem monitoring dimana tugasnya ialah menampilkan data angka berupa nilai energi, daya, arus listrik, tegangan, dan harga listrik per jam dalam satuan rupiah.

4.1.1. Konstruksi Alat

Gambar di bawah ini merupakan gambar dari konstruksi *prototype* perangkat lampu pintar berbasis IoT dan fitting lampu dengan menerapkan metode *fuzzy logic control*.



Gambar 4. 1. Tampak Samping *Prototype* Perangkat Lampu Pintar

Pada Gambar 4.1. tampak samping dari *prototype* perangkat lampu yang terlihat terdapat kotak berwarna hitam yang merupakan *box* perangkat dengan sistem kontrol IoT, sedangkan fitting lampu berbentuk silinder berwarna putih berisi rangkaian elektronika sistem otomatis dengan *fuzzy logic control*.



Gambar 4. 2. Tampak Depan *Prototype* Perangkat Lampu Pintar

Gambar 4.2. memuat box perangkat atau fitting lampu berbentuk silinder dengan dimensi diameter 13 cm, tinggi 6 cm, dan diameter ulir lampu sebesar 3 cm. *Box* silinder ini digunakan untuk menyambungkan serta menyalakan lampu dan di dalamnya terdapat rangkaian elektronika yang menyusun sistem *dimming*

otomatis dengan *fuzzy logic control*. Pada gambar juga dapat dilihat bahwa sensor LDR diletakkan pada titik yang tidak dapat terjangkau cahaya lampu keluaran sehingga output lampu tidak dapat dipengaruhi oleh cahaya yang telah dihasilkan.



Gambar 4. 3. Tampak Atas *Prototype* Perangkat Lampu Pintar

Pada tampak atas lampu (Gambar 4.3.) terlihat sebuah kotak berwarna hitam yang berisi rangkaian elektronika yang menyusun sistem IoT pada alat proyek akhir ini. *Box* ini memiliki dimensi panjang 125 mm, lebar 85 mm, dan tinggi 50 mm.

4.2. Pengujian Alat

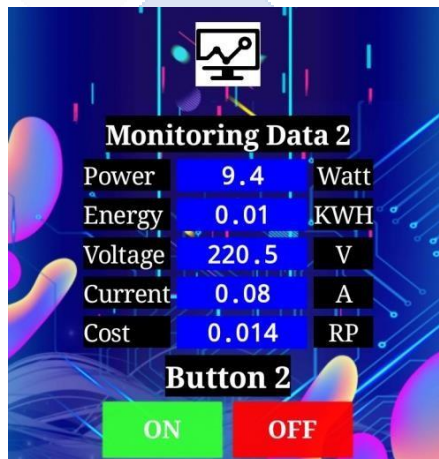
4.2.1. Pengujian Sistem Monitoring

Sistem monitoring berbasis IoT memanfaatkan perangkat *smartphone* untuk berperan sebagai monitor nilai keluaran melalui aplikasi. Aplikasi monitoring lampu dibuat menggunakan MIT App Inventor dengan konektor *database* Firebase. Peran Firebase adalah sebagai *network*, *data saver*, sekaligus *server*. Sistem monitoring dapat tersambung ke sistem kontrol dari Firebase dengan adanya token dan *secret key* yang harus dimasukkan pada program kontrol dan program aplikasi agar kedua sistem dapat terkoneksi pada *database*. Tampilan monitoring pada aplikasi dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4. *Interface* Menu SignUp dan Login Aplikasi

Sebelum masuk ke tampilan monitoring penggunaan lampu, pengguna harus mengisi data berupa ID dan menciptakan *password* terlebih dahulu untuk masuk ke aplikasi. Setelah itu tekan SignUp kemudian tekan Login. Dengan cara ini pengguna sudah dapat mengontrol serta memantau penggunaan lampu.



Gambar 4. 5. Tampilan Monitoring Aplikasi Lampu

Sistem monitoring menyajikan data nilai dari daya, energi, tegangan, arus listrik, dan biaya yang dikeluarkan oleh pemakaian lampu selama satu jam. Pada tampilan juga terdapat tombol yang digunakan untuk mengoperasikan lampu. Tombol yang sedang dioperasikan akan memiliki warna hijau, sedangkan tombol

lainnya akan berwarna merah menandakan bahwa tombol tersebut sedang tidak digunakan, pada gambar dapat diketahui bahwa tombol yang sedang dioperasikan adalah tombol ON.

Data keluaran yang dikumpulkan dalam penelitian ini juga memuat keluaran dengan beberapa sampel lampu yang memiliki daya berbeda-beda yang diukur dengan alat ukur yang berbeda pula. Penggunaan alat ukur yang bervariasi berfungsi untuk membandingkan data keluaran serta menghitung *error* sistem akibat beberapa faktor.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Menggunakan PZEM-004T pada Sistem Monitoring

Sampel Lampu	Daya Spek Lampu (W)	Daya Terukur (W)	Energi (KWH)	Tegangan (V)	Arus Listrik (A)
1	7	7.6	0.01	226.2	0.06
2	10	9.5	0.01	225.8	0.08
3	11	11.9	0.01	225.5	0.09
4	15	16.5	0.01	224.8	0.08

Tabel 4.1. di atas menyajikan data angka yang dihimpun dari keluaran yang tampil pada sistem monitoring pada *smartphone*. Data di atas merupakan hasil dari pengukuran sensor arus dan tegangan PZEM-004T. Data daya dan energi yang terukur muncul dengan adanya pengolahan/perhitungan matematis dari arus dan tegangan yang formulanya sudah terdapat pada *library* bawaan yang terdapat pada program NodeMCU ESP8266, kemudian data-data tersebut dikirim via *network* dan tampil pada sistem monitoring.

Tabel 4. 2. Hasil Pengukuran Menggunakan Alat Ukur Power Monitor

Sampel Lampu	Daya Spek Lampu (W)	Daya Terukur (W)	Energi (KWH)	Tegangan (V)	Arus Listrik (A)
1	7	8.46	0.01	226	0.07
2	10	10.39	0.01	226	0.08
3	11	12.57	0.01	226	0.09
4	15	17.30	0.01	225	0.08

Data pada Tabel 4.2. merupakan data keluaran yang terukur melalui alat

ukur Power Monitor 6 in 1. Alat ukur ini dipasang langsung pada rangkaian elektronika lampu kemudian setelah sumber dinyalakan data akan langsung tampil pada alat ukur. Data hasil pengukuran ini dimaksudkan sebagai data pembanding nilai yang didapatkan pada tampilan aplikasi yang telah dibuat sebelumnya.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran yang tampil pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2, hasil yang dapat diobservasi adalah beberapa data memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu alat ukur yang memiliki resistensi berbeda, pengaruh beban terhadap alat ukur dan pemasangan kabel. Dengan adanya selisih hasil maka ditemukanlah nilai *error* sistem yang dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{(\text{Nilai PZEM-004T} - \text{Nilai Power Monitor})}{\text{Nilai Power Monitor}} \right| \times 100\% \quad (4.1)$$

Persentase *error* dari data keluaran yang terbaca PZEM-004T dan alat ukur Power Monitor dapat dilihat pada Tabel 4.3.

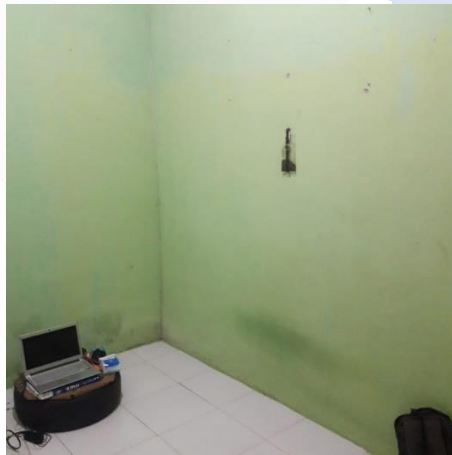
Tabel 4. 3. Nilai Persentase Error Output Sensor PZEM-004T dan Alat Ukur Power Monitor

Sampel Lampu	Daya Spek Lampu (W)	Daya Terukur	Energi	Tegangan	Arus Listrik
1	7	10.17%	0	0.088%	14.3%
2	10	8.57%	0	0.088%	0
3	11	5.33%	0	0.22%	0
4	15	4.62%	0	0.089%	0

Nilai persentase error di atas didapat dengan formula (4.1). Terdapat nilai-nilai di atas adalah hasil dari data menurut PZEM-004T dan Power Monitor yang tidak sinkron atau memiliki selisih. Dari data di atas dapat diketahui bahwa nilai kesalahan atau selisih sistem monitoring dengan alat ukur tidak terlalu signifikan atau masih di bawah 30%. Hal ini merupakan peningkatan dari sistem monitoring pada penelitian sebelumnya [2].

4.2.2. Kondisi Ruangan Saat Pengujian

Seperti yang telah ditetapkan dalam batasan masalah, bahwa pengujian dilakukan pada tanggal 5 Februari 2022 pada pukul 06.00-12.00 WIB. Pengujian dilakukan selama 6 jam yang dibagi menjadi 6 sesi pengambilan data. Kondisi cuaca pada waktu pengambilan adalah mendung dan hujan. Kondisi ruangan pengujian cukup redup pada saat-saat tertentu. Ruangan tempat dilakukannya pengujian berdimensi 3,5m X 2,5m dengan cat tembok berwarna hijau muda. Gambar di bawah ini menampilkan kondisi ruangan tempat dilakukannya pengujian. Dalam proses pengujian, alat diletakkan pada titik tengah ruangan denan posisi sensor LDR menghadap ke arah sumber cahaya yaitu pintu. Sensor yang digunakan sangat responsif sehingga apabila sensor terhalau suatu benda ataupun bayangan *output* yang dihasilkan akan berbeda dengan kondisi sensor tanpa halauan.



Gambar 4.6. Ruangan Pengujian

4.2.3. Pengujian Sistem Lampu Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic Control*

Pada tahap ini pengujian *fuzzy* melalui simulasi maupun secara *real* melalui IoT. Simulasi dikerjakan untuk mengetahui nilai analog ideal pada *fuzzy* dan untuk menguji apakah alat dapat berfungsi dengan baik. Pengujian atau perbandingan hasil ini menggunakan lima pengkondisian *fuzzy* dari *input* LDR, kemudian hasil yang diharapkan adalah hasil *output* dengan kemiripan yang paling mendekati. Hasil pengujian alat dengan menggunakan *fuzzy logic control* dapat diobservasi pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian *Fuzzy Logic Control*

LDR (satuan analog)	<i>Membership Function Input</i>	Nyala Lampu (%)			Persentase <i>Error Output</i> (%)
		MATLAB	<i>Membership Function Output MATLAB</i>	Alat	
40	terang	9.95	dark	10.21	2.61
200	cukup	30	dim	30	0
500	sedang	50	medium	50	0
800	redup	76.7	fair & bright	76.44	0.34
1000	gelap	90	bright	89.79	0.23

Pada tabel di atas terbukti bahwa *fuzzy logic control* yang ada pada alat memiliki ketelitian yang hampir menyerupai hasil simulasi pada MATLAB. Nilai *error* dapat dihitung dengan perhitungan *error* menggunakan formula seperti di bawah ini.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{(\text{Output Alat} - \text{Output MATLAB})}{\text{Output MATLAB}} \right| \times 100\% \quad (4.2)$$

Dapat disimpulkan dari data di atas bahwa *fuzzy logic control* yang terpasang pada alat berjalan dengan baik dan dapat digunakan untuk sistem *dimming* otomatis lampu dengan *input* pengkondisian berupa sensor cahaya LDR. Hasil persentase *error* menunjukkan nilai yang tergolong kecil untuk perbandingan data sehingga *fuzzy logic control* yang digunakan mengeluarkan hasil akhir mendekati akurat. Hasil perbandingan *membership function output* yang diperoleh dapat dikatakan akurat karena hasil *output* pada pengujian dan simulasi memiliki kondisi pada *membership function* yang sama.

Pada proses pengujian juga dilakukan pengambilan data pada besaran listrik yang digunakan oleh beban menggunakan sistem *fuzzy logic control*. Proses ini dilakukan dengan tujuan mengetahui efektifitas alat dalam upaya menghemat penggunaan energi listrik. Proses pengujian kemudian dicatat dan ditampilkan

pada Tabel 4.5. yang berisi data hasil pengujian alat dengan menerapkan *fuzzy logic control*.

Tabel 4.5. Pengujian Alat dengan Menerapkan *Fuzzy Logic Control*

Waktu	LDR (satuan analog)	Nyala Lampu (%)	Daya Terukur (W)	Energi (KWH)	Tegangan (V)	Arus Listrik (A)
06.00- 07.00	609	58.05	12.9	0.01	217.2	0.07
07.00- 08.00	578	50	10.6	0.01	217.6	0.06
08.00- 09.00	432	42.33	9.8	0.01	219.8	0.05
09.00- 10.00	411	36.35	7	0.01	218	0.04
10.00- 11.00	310	30	5	0.01	214.9	0.04
11.00- 12.00	338	30	5	0.01	211.7	0.04
Rata-rata	446.3	41.12	8.38	0.01	216.53	0.05

Tahap terakhir dalam pengujian menggunakan *fuzzy* adalah menghitung nilai efisiensi keluaran antara perangkat lampu yang menggunakan sistem lampu otomatis menggunakan logika FLC maupun yang tanpa menggunakan FLC. Pengujian dilakukan untuk membuktikan dan menemukan besar nilai efisiensi yang didapat ketika pengguna menggunakan *fuzzy logic control* pada penggunaan perangkat lampu. Efisiensi diperoleh dengan adanya pengurangan penggunaan daya oleh lampu, sebab perangkat lampu bekerja dengan menyesuaikan kondisi lingkungan bukan menyala maksimal selama beberapa waktu tertentu.

Data yang diambil adalah data keluaran penggunaan perangkat lampu tanpa sistem *dimming* otomatis menggunakan *fuzzy logic control* dan data keluaran penggunaan perangkat lampu dengan sistem tersebut. Pengujian dilakukan selama 6 jam pada tanggal 5 Februari 2022. Data-data ini diambil dari

satu buah lampu pijar dengan daya spek sebesar 15 Watt menggunakan sistem monitoring IoT pada aplikasi lampu pintar.

Tabel 4.6. merupakan tabel yang menunjukkan nilai efisiensi yang muncul ketika sistem *dimming* otomatis mengeluarkan nyala lampu paling minimum apabila dibandingkan dengan sistem lampu tanpa *fuzzy logic control* yang perangkat lampunya menyala maksimum. Efisiensi dalam kasus dari proyek akhir ini adalah penghematan keluaran dari penggunaan perangkat lampu, *output* yang diharapkan adalah ketika menggunakan sistem *dimming* otomatis dengan metode FLC penggunaannya dapat berkurang atau memiliki selisih hasil dari sistem yang tidak menggunakan sistem *dimming* otomatis. Nilai penghematan dapat dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$\text{Peningkatan Efisiensi (\%)} = \frac{(\text{Output Awal} - \text{Output Baru})}{\text{Output Awal}} \times 100\% \quad (4.3.)$$

Tabel 4. 6. Hasil Perbandingan Pengukuran *Output* Penggunaan Perangkat Lampu

Metode	Daya Terukur (W)	Energi (KWH)	Tegangan (V)	Arus Listrik (A)
Monitoring IoT (tanpa FLC)	16.5	0.01	224.8	0.08
Dimming Otomatis (dengan FLC)	8.38	0.01	216.53	0.05
Nilai Penghematan	49.21%	0	3.68%	37.5%

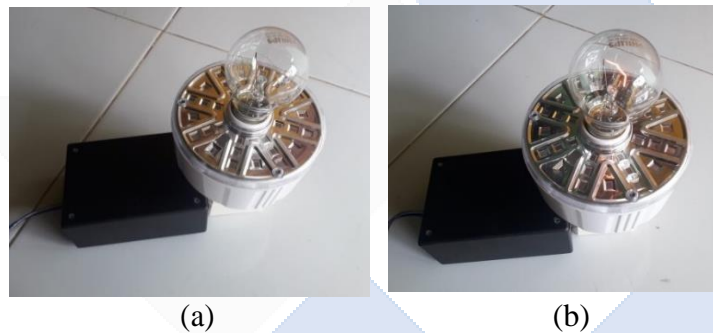
Dari data pada Tabel 4.6. dapat diobservasi bahwa terdapat pengurangan pemakaian daya yang cukup signifikan ketika memasukkan sistem dengan *fuzzy logic control* yang sebelumnya 16.5 Watt menjadi 8.38 Watt pada pemakaian lampu selama 6 jam, dengan demikian pengguna sudah melakukan penghematan sebanyak 8.12 Watt atau 49.21% dari daya maksimum penggunaan perangkat lampu. Adanya nilai ini menandakan daya sudah berkurang atau memiliki selisih

dari daya awal, maka sudah terbentuk manajemen energi/daya sebab sudah terdapat pengurangan pemakaian.

Memang pada kenyataannya, untuk pemakaian *fuzzy logic control* kondisi nyala lampu minimum tidak bertahan lama karena pengaruh cahaya lingkungan, namun penggunaan FLC dapat mengompres penggunaan daya lampu untuk tidak terang maksimal sepanjang waktu.

4.2.4. Tampilan *Output* Nyala Lampu

Berikut ini menampilkan beberapa kondisi saat lampu menyala secara *real* sesuai dengan kondisi cahaya pada ruangan tempat dilakukannya proses pengujian.



Gambar 4.7. Kondisi Nyala Lampu Kategori *Off* (a) Kondisi Lampu Mati Total; (b) Kondisi Transisi *Off to Dim*

Pada gambar (a) di atas menampilkan kondisi ketika lampu berada dalam keadaan *off* (lampu mati). Kondisi ini dapat terjadi apabila ruangan tempat difungsikannya alat terbaca pada sistem dan kondisinya diklasifikasikan kedalam *membership function* terang sehingga tidak dibutuhkannya cahaya tambahan pada ruangan tersebut sehingga lampu akan berada pada kondisi *off*.

Sekilas Gambar (b) menampilkan kondisi ruangan yang sama dengan Gambar (a), namun pada *output* lampu terdapat perbedaan diantara keduanya. Lampu pada Gambar (a) berada dalam kondisi mati total sementara pada Gambar (b) terdapat sedikit cahaya yang dikeluarkan oleh lampu. Gambar (b) masih termasuk ke dalam *membership function off* dikarenakan cahaya yang dihasilkan tidak terlalu berdampak pada ruangan tempat dilakukannya proses pengujian. Dari

kondisi tersebut juga dapat diketahui perubahan kondisi dari *off* menuju kondisi *dim (off to dim)*.



Gambar 4. 8. Kondisi Nyala Lampu Kategori *Dim*

Gambar diatas menampilkan kondisi keluaran lampu pada *membership function dim*. Hal ini terjadi pada saat cahaya yang terdapat di dalam ruangan cukup terang. Kondisi ini biasanya terjadi pada saat cuaca berawan serta penggunaan energi listrik pada kondisi ini dapat dilihat dalam Tabel 4.5. pada waktu pengujian pukul 10.00 hingga 12.00 WIB.



Gambar 4. 9. Kondisi Nyala Lampu Kategori *Medium*

Pada Gambar 4.9. dapat dilihat perbedaan kecerahan lampu yang cukup signifikan dibandingkan dengan nyala lampu pada gambar-gambar sebelumnya. Kondisi nyala lampu pada *membership function medium* ini dapat terjadi apabila keadaan ruangan termasuk kedalam klasifikasi *membership function* sedang, sehingga hal ini menyebabkan dibutuhkannya penerangan dengan kondisi cahaya yang cukup (*medium*).



Gambar 4. 10. Kondisi Nyala Lampu Kategori *Fair*

Pada gambar 4.10. lampu menyala dengan kondisi yang cukup terang atau dapat dikatakan *output* termasuk ke dalam *membership function fair*. Hal ini terjadi apabila ruangan tempat pengujian berada dalam kondisi redup sehingga *output* lampu akan menyala pada kondisi *fair* untuk memenuhi kebutuhan penerangan di dalam ruangan tersebut.



Gambar 4. 11. Kondisi Nyala Lampu Kategori *Bright*

Pada Gambar 4.11. menampilkan nyala lampu dalam kondisi *membership function bright*. Dalam keadaan ini lampu menyala maksimal dengan penggunaan daya yang mendekati spesifikasi keluaran daya normal. Lampu akan menyala pada keadaan *bright* apabila ruangan tempat dilakukannya pengujian berada dalam kondisi *membership function* gelap sehingga lampu akan menyala *bright* untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan pada ruangan tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini merupakan rangkuman hasil dari setiap proses pembuatan alat mulai dari perancangan, pembuatan sistem, dan tahap pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Sistem kontrol lampu IoT menggunakan aplikasi Polman Lamp Manager berfungsi mengontrol *On/Off* lampu.
2. Sistem *monitoring* berbasis IoT sehingga pemantauan dapat dilakukan secara fleksibel dan dimana saja.
3. Penerapan metode *Fuzzy Logic Control* pada sistem *dimming* otomatis berfungsi secara akurat sesuai dengan simulasi pada Matlab.
4. Persentase *error* terbesar terjadi pada percobaan dengan lampu LED dengan daya spek 7 Watt dengan nilai daya sebesar 10.17%, tegangan sebesar 0.088%, dan arus listrik sebesar 14.3%. Error pada energi tidak terdeteksi sebab satuan energi menggunakan KWH sehingga pemakaian selama satu jam tetap terbaca 0.01 KWH pada aplikasi maupun pada alat ukur.
5. Sistem manajemen energi ini dapat menghasilkan penghematan dengan presentase penghematan pada daya sebesar 49.21%, tegangan sebesar 3.68%, dan arus sebesar 37.5% dalam pengujian selama 6 jam pada tanggal 5 Februari 2022 menggunakan lampu pijar 15 Watt.

5.2 Saran

Masih terdapat kekurangan di dalam penerapan proyek akhir ini sehingga saran pengembangan lebih lanjut yang perlu ditambahkan adalah sebagai berikut.

1. Dalam pengaplikasian sensor cahaya ada baiknya menggunakan modul sensor cahaya Lux Meter sehingga didapatkan nilai intensitas cahaya yang lebih

linier.

2. Perlunya penambahan parameter sensor lain sehingga kondisi nyala lampu dapat lebih optimal dan bervariasi seperti penambahan sensor suhu dan sensor PIR sehingga lampu dapat menyala otomatis apabila terdeteksi adanya manusia dan nonaktif apabila tidak terdeteksi gerakan manusia.
3. Buat aplikasi dengan fitur tambahan dan *interface* yang menarik.
4. Buat desain box fitting lampu dengan tampilan yang lebih fleksibel, ergonomis, modis dan ringkas.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Artono and R. G. Putra, "Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Kontrol Lampu Menggunakan Arduino Berbasis Web," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: 10.25047/jtit.v5i1.73.
- [2] M. A. Alipudin and et. al, "Rancang bangun alat monitoring biaya listrik terpakai berbasis internet of things (IOT)," *J. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [3] R. C. Telleng, V. A. Suoth, and H. S. Kolibu, "Rancang Bangun Alat Pengontrol Tingkat Pencahayaan Lampu Berbasis Mikrokontroler dengan Menggunakan Logika Fuzzy," *J. MIPA*, vol. 10, no. 1, p. 36, 2020, doi: 10.35799/jmuo.10.1.2021.31387.
- [4] H. Widiyantoro, E. Mulyadi, and C. Vidiyanti, "Analisis Pencahayaan Terhadap Kenyamanan Visual Pada Pengguna Kantor (Studi Kasus: Kantor PT Sandimas Intimitra Divisi Marketing di Bekasi)," *J. Arsitektur, Bangunan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 65–70, 2017.
- [5] B. Artono and F. Susanto, "Wireless Smart Home System Menggunakan Internet Of Things," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 17–24, 2019, doi: 10.25047/jtit.v5i1.74.
- [6] D. Despa, M. A. Muhammad, A. Suriananto, A. Hamni, G. F. Nama, and Y. Martini, "Monitoring dan Manajemen Energi Listrik Gedung Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT)," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2018*, pp. 2–6, 2018.
- [7] K. L. Tsai, F. Y. Leu, and I. You, "Residence Energy Control System Based on Wireless Smart Socket and IoT," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2885–2894, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2574199.
- [8] Safira Salsabila and Dian Kasoni, "Prototype Smart Home Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Listrik," *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 01–08, 2021, doi: 10.51998/jti.v7i1.345.
- [9] S. Yogie and A. Habi, "Kontrol Dan Monitoring Fiting Lampu Berbasis

- Android,” 2019, [Online]. Available: [http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/162/1/HABI & YOGIE.pdf](http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/162/1/HABI%20&%20YOGIE.pdf).
- [10] A. Setiawan, I. W. Mustika, and T. B. Adji, “Perancangan Context-Aware Smart Home Dengan Menggunakan Internet of Things,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. 2016 (SENTIKA 2016)*, vol. 2016, no. Sentika, pp. 455–459, 2016, [Online]. Available: <https://fti.uajy.ac.id/sentika/publikasi/makalah/2016/56.pdf>.
- [11] K. W. SUARDIKA, G. K. GANDHIADI, and L. P. I. HARINI, “PERBANDINGAN METODE TSUKAMOTO, METODE MAMDANI DAN METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN PRODUKSI DUDA (Studi Kasus: CV. Dewi Bulan),” *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 2, p. 180, 2018, doi: 10.24843/mtk.2018.v07.i02.p201.
- [12] A. W. Annur, “Penerapan Logika Fuzzy (Metode Sugeno) Untuk Aplikasi Mobile Monitoring Pencahayaan Rumah Menggunakan Arduino,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [13] A. Sanad and S. Sumaryo, “Perancangan Sistem Dan Monitoring Penerangan Lampu Otomatis Di Tempat Parkir Berbasis Internet of Things (Iot) . Design and Monitoring Automated Lighting System in Parking Area Based,” vol. 5, no. 3, pp. 4100–4111, 2018.
- [14] A. Alamsyah, F. I. Komputer, T. Informasi, U. B. Darma, S. Ldr, and F. Logic, “Perancangan Sistem Lampu Otomatis Berdasarkan Intensitas Cahaya Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Arduino,” vol. 8, no. 1, pp. 7–11, 2020.
- [15] “Otomatisasi Pengatur Intensitas Cahaya Ruang Menggunakan Logika Fuzzy.pdf.” .
- [16] G. P. Pratama and T. Sukmadi, “Perancangan Dimer Lampu Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Penerangan Dalam Ruangan,” *Transmisi*, vol. 15, no. 4, pp. 186–190, 2014, doi: 10.12777/transmisi.15.4.186-190.
- [17] PANDUAN TEKNIK PENERANGAN BANGUNAN DAN GEDUNG, “Panduan Teknik Penerangan Bangunan Dan Gedung,” p. 20, 2020.

- [18] A. K. Tsauqi *et al.*, “Saklar Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (Ldr) Pada Mikrokontroler Arduino Uno,” vol. V, pp. SNF2016-CIP-19-SNF2016-CIP-24, 2016, doi: 10.21009/0305020105.
- [19] S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, “Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T,” *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, pp. 272–276, 2019, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/semnaspnl/article/view/1694>.
- [20] F. Habibi, Nur, S. Setiawidayat, and M. Mukhsim, “Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap. 2017*, vol. 01, no. 01, pp. 157–162, 2017, [Online]. Available: <https://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/sntet/article/view/81/77>.
- [21] U. Manual, “AC Communication Module PZEM-004T V3.0 User Manual.”
- [22] ESP8266 Datasheet, “ESP8266EX Datasheet,” *Espr. Syst. Datasheet*, pp. 1–31, 2015, [Online]. Available: https://www.adafruit.com/images/product-files/2471/0A-ESP8266 Datasheet EN_v4.3.pdf.
- [23] G. Turesna, Z. Zulkarnain, and H. Hermawan, “Pengendali Intensitas Lampu Ruang Berbasis Arduino UNO Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 7, no. 2, p. 73, 2017, doi: 10.5614/joki.2015.7.2.2.
- [24] C. Ramdani, Marisa, “273-File Utama Naskah-1392-1-10-20210716_3,” *J. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 51–58, 2021.
- [25] P. R. Manual, “Arduino ® UNO R3 Target areas: Arduino ® UNO R3 Features,” pp. 1–13, 2021.
- [26] S. Pengajar and J. Teknik, “RANCANG BANGUN SENSOR GESTURE SEBAGAI PENGGANTI rancang bangun kendali dan monitoring Service (SMS). Lampu yang dikendalikan transistor NPN dan resistor yang tulisan ON dan OFF . Penelitian Budi antara lain adalah : setiap menyalakan atau,” vol. 17, no. 1, pp. 12–22, 2021.

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Muhammad Distya Rizky
Tempat & tanggal lahir : Surakarta, 09 Desember 2000
Alamat rumah : Jl. Jend. Sudirman, Kp. Senang Hati, RT/RW 003/003, Kel. Sungai Daeng, Kec. Muntok, Kab. Bangka Barat
No.Hp : 081369371072
Email : rdtulisantangan@gmail.com
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

Asal Sekolah	Tahun Lulus
SDN 15 Muntok	2012
SMPN 1 Muntok	2015
SMK Bina Karya 1 Muntok	2018

Sungailiat, 07 Februari 2022

Muhammad Distya Rizky

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Shalilla Farrah Sahita
Tempat & tanggal lahir : Sungailiat, 26 Mei 2000
Alamat rumah : Jl. Cerucuk IV No. 455 RT/RW 002/002, Perumnas BTN, Desa Karya Makmur, Kec. Pemali, Kab. Bangka
No.Hp : 085896699269
Email : shalillafarrahsa@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

Asal Sekolah	Tahun Lulus
SDN 9 Pemali	2012
SMPN 1 Sungailiat	2015
SMAN 1 Pemali	2018

Sungailiat, 07 Februari 2022

Shalilla Farrah Sahita

Lampiran 2. Program pada Mikrokontroler

1. Program *Internet of Things*

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseArduino.h>
#include <PEEM004Tv30.h>

// Set these to run example.
#define FIREBASE_HOST "discreate-default-rtdb.firebaseio.com" //Host utk menyambungkan esp dengan database
#define FIREBASE_AUTH "kxNSSgycvaul7RWwQlFa3qoScesuRnDTyRvSVfaw" //Autentifikasi firebase
#define WIFI_SSID "freshman" //Nama wi-fi yang akan disambungkan dengan ESP8266
#define WIFI_PASSWORD "omikrono" //Password wi-fi

int S4 = D0;

PEEM004Tv30 psem(12,13);
float harga_KWh = 1.444;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(D0, OUTPUT);

  // Perintah menyambungkan mikrokontroler dengan wi-fi
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("WiFi connected! ");
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}

String b;

void loop() {
  //Perintah untuk mengoperasikan lampu
  b=Firebase.getString("S4");
  Serial.println(b);
  if (b=="1"){
    Serial.println("Lampu MATI");
    digitalWrite(S4,LOW); //Device1 is OFF
    delay(500);
  }
  else{
    Serial.println("Lampu MENYALA");
    digitalWrite(S4,HIGH); //Device1 if ON
    delay(500);
  }

  if(Firebase.failed())
  {
    Serial.println("failed");
    Serial.println(Firebase.error());
  }
  else {
  }
  float voltage = psem.voltage();
  float current = psem.current();
  float power = psem.power();
  float energy = psem.energy();
}
```



```

if (isnan(voltage) ) {
    voltage = 0;
}
if (isnan(current) ) {
    current = 0;
}
if (isnan(power) ) {
    power = 0;
}
if (isnan(energy) ) {
    energy = 0;
}
//Perintah untuk mengirimkan value yang telah didapatkan ke dalam firebase
float totalHarga = energy * harga_KWh;
Firebase.setString("volt4", String(voltage));
Firebase.setString("current4", String(current, 1));
Firebase.setFloat("watt4", power);
Firebase.setString("kwh4", String(energy));
Firebase.setString("rp4", String(totalHarga, 2));

//Perintah untuk menampilkan keluaran pada serial monitor
Serial.print("Voltage = ");
Serial.print(voltage);
Serial.println("v");
Serial.print("Current = ");
Serial.print(current, 1);
Serial.println("A");
Serial.print("Watt = ");
Serial.print(power);
Serial.println("watt");
Serial.print("KWh = ");
Serial.print(energy);
Serial.println("KWh");
Serial.print("Harga = Rp ");
Serial.print(totalHarga, 2);
Serial.println();

delay(1000);
}

```

2. Program *Fuzzy Logic Control*

```
#include <Fussy.h>
#include <RBDdimmer.h>
#define USE_SERIAL Serial
#define outputPin 12
#define zerocross 5
#define ldrPin A0 //pin LDR

dimmerLamp dimmer(outputPin);
const int ldrMin = 40;
const int ldrMax = 1000;
int ldrValue;

int outVal = 0;

// Instantiating a Fussy object
Fussy *fussy = new Fussy();

void setup()
{
  // Set the Serial output
  Serial.begin(9600);
  USE_SERIAL.begin(9600);
  dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON); //dimmer initialisation: name.begin(MODE, STATE)

  // Instantiating a FussyInput object
  FussyInput *kondisi_ruang = new FussyInput(1);
  // Instantiating a FussySet object
  FussySet *terang = new FussySet(40, 40, 200, 264);
  // Including the FussySet into FussyInput
  kondisi_ruang->addFussySet(terang);

  // Instantiating a FussySet object
  FussySet *cukup = new FussySet(200, 264, 392, 456);
  // Including the FussySet into FussyInput
  kondisi_ruang->addFussySet(cukup);

  // Instantiating a FussySet object
  FussySet *sedang = new FussySet(392, 456, 584, 648);
  // Including the FussySet into FussyInput
  kondisi_ruang->addFussySet(sedang);

  // Instantiating a FussySet object
  FussySet *redup = new FussySet(584, 648, 776, 840);
  // Including the FussySet into FussyInput
  kondisi_ruang->addFussySet(redup);

  // Instantiating a FussySet object
  FussySet *gelap = new FussySet(776, 840, 1000, 1000);
  // Including the FussySet into FussyInput
  kondisi_ruang->addFussySet(gelap);

  // Including the FussyInput into Fussy
  fussy->addFussyInput(kondisi_ruang);
```

```

// Instantiating a FuzzyOutput objects
FuzzyOutput *kondisi_output = new FuzzyOutput(1);

// Instantiating a FuzzySet object
FuzzySet *dark = new FuzzySet(0, 0, 15, 25);
// Including the FuzzySet into FuzzyOutput
kondisi_output->addFuzzySet(dark);

// Instantiating a FuzzySet object
FuzzySet *dim = new FuzzySet(15, 25, 35, 45);
// Including the FuzzySet into FuzzyOutput
kondisi_output->addFuzzySet(dim);

// Instantiating a FuzzySet object
FuzzySet *medium = new FuzzySet(35, 45, 55, 65);
// Including the FuzzySet into FuzzyOutput
kondisi_output->addFuzzySet(medium);

// Instantiating a FuzzySet object
FuzzySet *fair = new FuzzySet(55, 65, 75, 85);
// Including the FuzzySet into FuzzyOutput
kondisi_output->addFuzzySet(fair);

// Instantiating a FuzzySet object
FuzzySet *bright = new FuzzySet(75, 85, 100, 100);
// Including the FuzzySet into FuzzyOutput
kondisi_output->addFuzzySet(bright);

// Including the FuzzyOutput into Fuzzy
fussy->addFuzzyOutput(kondisi_output);

FuzzyRuleAntecedent *ifKondisi_ruangTerang = new FuzzyRuleAntecedent();
// Creating a FuzzyRuleAntecedent with just a single FuzzySet
ifKondisi_ruangTerang->joinSingle(terang);
FuzzyRuleConsequent *thenKondisi_outputDark = new FuzzyRuleConsequent();
// Including a FuzzySet to this FuzzyRuleConsequent
thenKondisi_outputDark->addOutput(dark);
// Instantiating a FuzzyRule objects
FuzzyRule *fussyRule01 = new FuzzyRule(1, ifKondisi_ruangTerang, thenKondisi_outputDark);
// Including the FuzzyRule into Fussy
fussy->addFuzzyRule(fussyRule01);

FuzzyRuleAntecedent *ifKondisi_ruangCukup = new FuzzyRuleAntecedent();
// Creating a FuzzyRuleAntecedent with just a single FuzzySet
ifKondisi_ruangCukup->joinSingle(cukup);
FuzzyRuleConsequent *thenKondisi_outputDim = new FuzzyRuleConsequent();
// Including a FuzzySet to this FuzzyRuleConsequent
thenKondisi_outputDim->addOutput(dim);
// Instantiating a FuzzyRule objects
FuzzyRule *fussyRule02 = new FuzzyRule(2, ifKondisi_ruangCukup, thenKondisi_outputDim);
// Including the FuzzyRule into Fussy
fussy->addFuzzyRule(fussyRule02);

```

```

FussyRuleAntecedent *ifKondisi_ruangRedup = new FussyRuleAntecedent();
// Creating a FussyRuleAntecedent with just a single FussySet
ifKondisi_ruangRedup->joinSingle(redup);
FussyRuleConsequent *thenKondisi_outputFair = new FussyRuleConsequent();
// Including a FussySet to this FussyRuleConsequent
thenKondisi_outputFair->addOutput(fair);
// Instantiating a FussyRule objects
FussyRule *fussyRule04 = new FussyRule(4, ifKondisi_ruangRedup, thenKondisi_outputFair);
// Including the FussyRule into Fussy
fussy->addFussyRule(fussyRule04);

FussyRuleAntecedent *ifKondisi_ruangGelap = new FussyRuleAntecedent();
// Creating a FussyRuleAntecedent with just a single FussySet
ifKondisi_ruangGelap->joinSingle(gelap);
FussyRuleConsequent *thenKondisi_outputBright = new FussyRuleConsequent();
// Including a FussySet to this FussyRuleConsequent
thenKondisi_outputBright->addOutput(bright);
// Instantiating a FussyRule objects
FussyRule *fussyRule05 = new FussyRule(5, ifKondisi_ruangGelap, thenKondisi_outputBright);
// Including the FussyRule into Fussy
fussy->addFussyRule(fussyRule05);
}

void loop()
{
  ldrValue=analogRead(ldrPin);
  correctValue();
  outVal = map(ldrValue, 22, 1023, 0, 100); // analogRead(analog_pin), min_analog, max_analog, 100%, 0%);

  // Getting a random value
  // int dis = analogRead(0);
  // dis = map (dis, 0, 1023, 0, 80);
  int input = ldrValue;
  // Printing something
  Serial.println("\n\nEntrance : ");
  Serial.print("\t\t\tKondisi Ruang : ");
  Serial.println(input);
  // Set the random value as an input
  fussy->setInput(1, input);
  // Running the Fuzzification
  fussy->fuzzify();
  // Running the Defuzzification
  float output = fussy->defuzzify(1);
  // Printing something
  Serial.println("Result : ");
  Serial.print("\t\t\tKondisi Output : ");
  Serial.println(output);
  // wait 12 seconds
  dimmer.setPower(output); // name.setPower(0%-100%)
}

void correctValue ()
{
  if(ldrValue < ldrMin)
  {
    ldrValue = ldrMin;
  }
  if(ldrValue > ldrMax)
  {
    ldrValue = ldrMax;
  }
}
}

```

Lampiran 3. Tabel Persyaratan Pencahayaan [17]

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Temperatur Warna		
		<i>Warm White</i>	<i>Cool White</i>	<i>Daylight</i>
Rumah Tinggal :				
Teras	60	√	√	
Ruang Tamu	120 - 150		√	
Ruang Makan	120 - 250	√		
Ruang Kerja	120 - 250		√	√
Kamar Tidur	120 - 250	√	√	
Kamar Mandi	250		√	√
Dapur	250	√	√	
Garasi	60		√	√
Perkantoran :				
Ruang direktur	350		√	√
Ruang Kerja	350		√	√
Ruang Komputer	350		√	√
Ruang Rapat	300	√	√	
Ruang Gambar	750		√	√
Gudang Arsip	150		√	√
Ruang Arsip Aktif	300		√	√
Lembaga Pendidikan :				
Ruang Kelas	250		√	√
Perpustakaan	300		√	√
Laboratorium	500		√	√
Ruang Gambar	750		√	√
Kantin	200	√	√	
Hotel dan Restoran :				
Lobi. Koridor	100	√	√	

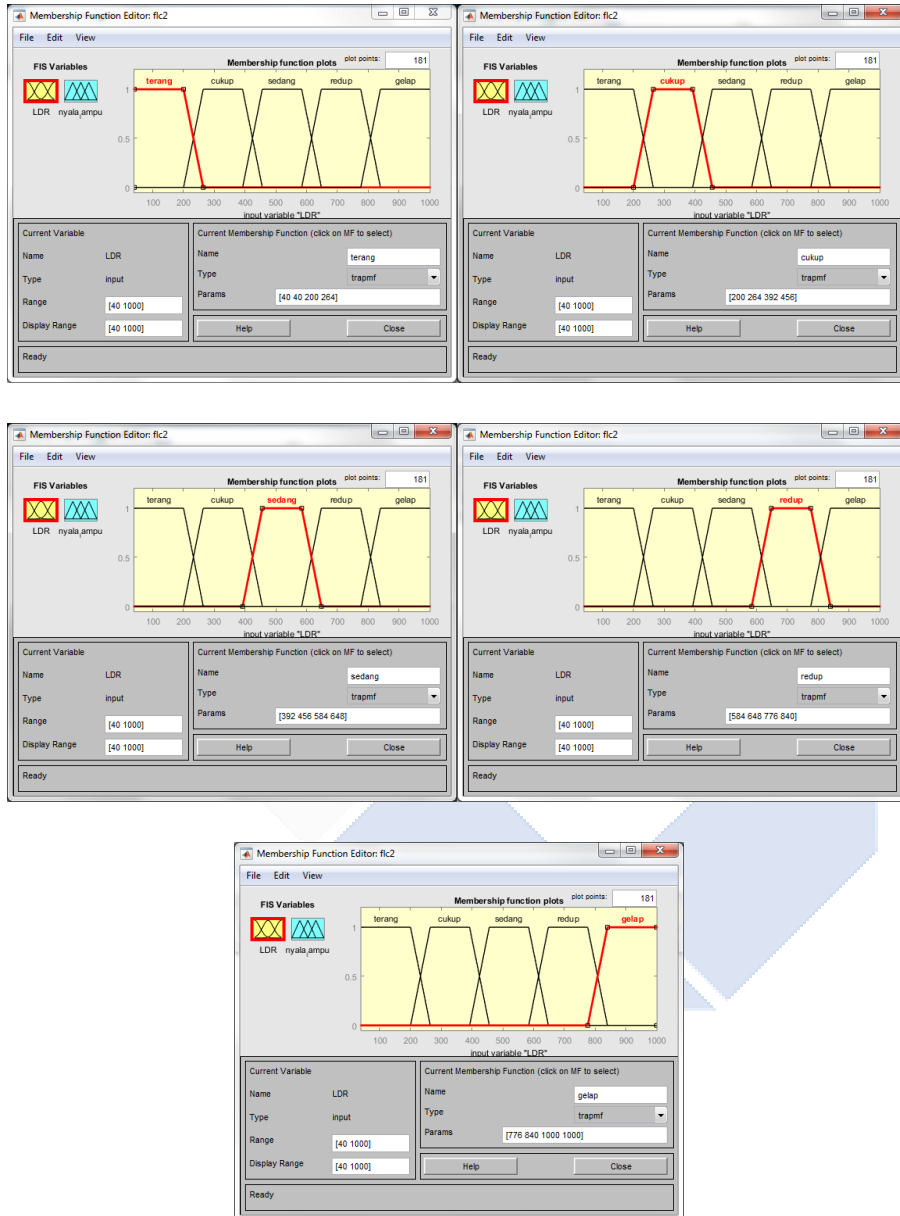
Ruang Serba Guna	200	√	√	
Ruang Makan	250	√	√	
Kafetaria	200	√	√	
Kamar Tidur	150	√		
Dapur	300	√	√	
<hr/>				
Rumah Sakit :				
Ruang Rawat Inap	250		√	√
Ruang Operasi	300		√	√
Ruang Bersalin	300		√	√
Laboratorium	500		√	√
Ruang Rekreasi	250	√	√	
Ruang Rehabilitasi	250	√	√	
<hr/>				
Pertokoan :				
Showroom mobil	500	√	√	√
Toko Kue dan makanan	250	√	√	
Toko Bunga	250	√	√	
Toko Buku dan ATK	300	√	√	√
Toko Perhiasan dan arloji	500	√	√	
Toko barang kulit dan sepatu	500	√	√	
Toko Pakaian	500	√	√	
Pasar Swalayan	500	√	√	
Toko Mainan	500	√	√	
Toko Elektronik	500	√	√	√
Toko Alat Musik dan Olahraga	500	√	√	√
<hr/>				
Industri (Umum) :				
Gedung	100		√	√
Pekerjaan Kasar	100 - 200		√	√
Pekerjaan Menengah	200 - 500		√	√
Pekerjaan Ringan	500 - 1000		√	√
Pekerjaan Amat Ringan	1000 - 2000		√	√

Pemeriksaan Warna	750	√	√
<hr/>			
Rumah Ibadah :			
Masjid	200	√	
Gereja	200	√	
Vihara	200	√	
<hr/>			



Lampiran 4. Membership Function Input dan Output Fuzzy

1. Membership Function Input Fuzzy



2. Membership Function Output Fuzzy

