

# Efisiensi Pencahayaan Ruangan Perkuliahan dengan Logika *Fuzzy*

Bobby Y. Prawira, Vecky C. Poekoel, Feisy D. Kambey

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115  
yogaprawira64@yahoo.co.id, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, feisykambey@unsrat.ac.id

**Abstract**—*A room does not always need light so bright. Energy efficiency is an effort to conserve and utilize electrical energy in accordance with their needs. In this research will be discussed fuzzy logic implementation for measurement of light intensity of room in lecture room. The prototype of intelligent system tool using this fuzzy logic uses Arduino Nano microcontroller as the controller. To capture the sunlight used LDR sensor. Meanwhile for making the dim and brightness of the lamp used dimmer driven using servo motor so that we can run the function of the system. The results of this research indicate that the lecture room lighting system that uses the controller more efficiently without using the controller.*

**Keywords**—*Arduino Nano, Fuzzy Logic, LDR, Lighting Control Room.*

**Abstrak**—*Suatu ruangan tidak selalu harus membutuhkan cahaya yang begitu terang. Efisiensi energi merupakan suatu usaha untuk menghemat dan memanfaatkan energi listrik sesuai dengan kebutuhannya. Selanjutnya pada penelitian ini akan dibahas implementasi logika fuzzy untuk pengukuran intensitas cahaya ruangan pada ruang perkuliahan. Prototype alat sistem cerdas yang menggunakan logika fuzzy ini menggunakan microcontroller Arduino Nano sebagai pengendali. Untuk menangkap sinar matahari digunakan sensor LDR. Sedangkan, untuk membuat redup dan terangnya lampu digunakan dimmer yang digerakkan menggunakan motor servo sehingga kita dapat menjalankan fungsi dari sistem tersebut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pencahayaan ruang perkuliahan yang menggunakan pengendali lebih efisien daripada tanpa menggunakan pengendali.*

**Kata Kunci**—*Arduino Nano, Kendali Pencahayaan Ruangan, LDR, Logika Fuzzy.*

## I. PENDAHULUAN

Efisiensi energi merupakan suatu usaha untuk menghemat dan memanfaatkan energi sesuai dengan kebutuhannya. Salah satu bentuk efisiensi energi pada suatu ruang perkuliahan bisa dilakukan dengan cara memakai pencahayaan alami di siang hari, tata letak lampu penerangan yang tepat, pemakaian lampu hemat energi dan pemakaian peralatan listrik yang hemat energi.

Berkaca dari rumah cerdas sekarang ini, maka ruangan perkuliahan juga harus bisa mengoptimalkan energi agar tidak rugi dalam masalah energi khususnya energi listrik. Akan tetapi sistem pencahayaan yang konvensional terhadap parameter intensitas cahaya eksternal sinar matahari memiliki kekurangan dan keterbatasan dalam sistem cerdasnya. Sistem

tersebut memiliki tingkat sensitivitas yang berlebih yang mengakibatkan ketidakstabilan dan perubahan aksi pengaturan penerangan yang tajam dan signifikan pada sistem pengaturan pencahayaan ketika terjadi perubahan kecil pada kondisi cahaya yang disebabkan oleh cahaya eksternal (cahaya matahari).

Sistem cerdas dalam pengaturan cahaya ruangan dirancang untuk menyesuaikan pencahayaan ruangan berdasarkan kondisi cahaya yang telah dipengaruhi oleh cahaya matahari yang masuk dalam ruangan berdasarkan standar pencahayaan ruangan SNI 03-6197-2000.

Dalam permasalahan otomatisasi khususnya pada pencahayaan, logika *fuzzy* memberi alternatif solusi. Logika *fuzzy* merupakan suatu metode cerdas yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* parameter intensitas cahaya ruangan ke dalam suatu ruang *output* aksi pengaturan putaran *dimmer* lampu untuk mengatur mati, redup, dan terangnya lampu.

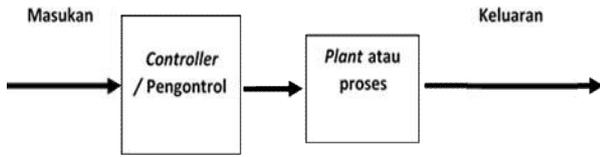
Logika *fuzzy* mampu mengklasifikasikan parameter *input* intensitas cahaya yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Logika *fuzzy* bertujuan untuk memecahkan masalah ketidakstabilan dalam pengaturan pencahayaan ruangan, dimana sistem tersebut sulit terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan sehingga membuat mahasiswa yang kuliah di ruangan perkuliahan merasa nyaman dengan pengaturan pencahayaan tersebut. Oleh karena itu akan dirancang sistem otomatisasi pencahayaan ruang perkuliahan dengan menggunakan logika *fuzzy*.

### A. Sistem Kendali

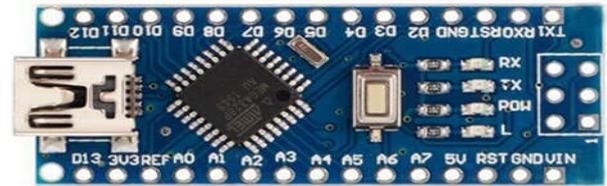
Sistem Kendali adalah seperangkat komponen yang saling berhubungan/dihubungkan sedemikian rupa sehingga mampu memerintah, mengarahkan, atau mengatur dirinya sendiri atau sistem/proses yang lain [5].

#### 1) Sistem Kendali Loop Terbuka

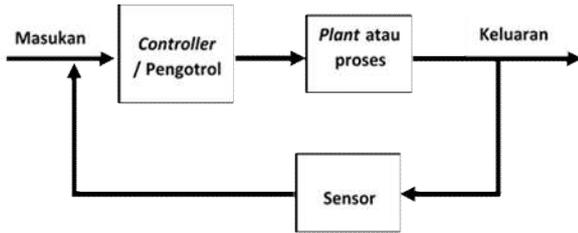
Sistem Kendali Loop Terbuka adalah suatu sistem kendali yang keluarannya tidak akan berpengaruh terhadap aksi kendali. Sehingga keluaran sistem tidak dapat diukur dan tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan masukan. Jadi pada setiap masukan akan didapatkan suatu kondisi operasi yang tetap. Sedangkan ketelitiannya akan



Gambar 1. Sistem Kendali Loop Terbuka



Gambar 3. Bentuk Fisik Arduino Nano  
(Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/arduino-nano-17201939755.html>)



Gambar 2. Sistem Kendali Loop Tertutup



Gambar 4. Bentuk Fisik Sensor LDR  
(Sumber: <http://zonaelektro.net/sensor-cahaya/>)

tergantung pada kalibrasi. Dalam praktiknya sistem kendali loop terbuka dapat digunakan jika hubungan keluaran dan masukannya diketahui serta tidak adanya gangguan internal dan eksternal. Diagram blok sistem kendali loop terbuka bisa dilihat pada gambar 1.

2) Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kendali loop tertutup adalah suatu sistem yang keluarannya berpengaruh langsung terhadap aksi kendali. Yang berusaha untuk mempertahankan keluaran sehingga hampir sama bahkan sama dengan acuan masukan walaupun terdapat gangguan pada sistem.

Jadi sistem ini adalah sistem kendali berumpan balik, dimana kesalahan penggerak adalah selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (berupa sinyal keluaran dan turunannya) yang diteruskan ke pengendali/controller sehingga melakukan aksi terhadap proses untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran mendekati nilai yang diinginkan. Diagram blok sistem kendali loop tertutup bisa dilihat pada gambar 2.

B. Arduino Nano

Arduino adalah sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Penggunaan kata platform sangat tepat karena sebagai platform Arduino tidak hanya merupakan sebuah alat pengembangan, tetapi Arduino adalah suatu kombinasi dari berbagai hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih.

Dari beberapa jenis papan Arduino yang tersedia, pada tugas akhir kali ini akan digunakan jenis papan Arduino Nano. Arduino Nano merupakan sebuah pengembangan board mikrokontroler. “Nano” berarti kecil dalam bahasa Italia. Arduino Nano dibuat dengan basis mikrokontroler

ATmega168 untuk Arduino versi 2.0 dan ATmega 328 untuk Arduino versi 3.0 (seperti gambar 3). Untuk spesifikasinya hampir sama seperti Arduino uno hanya saja bentuknya yang lebih kecil, terlihat lebih simpel, praktis, dan tentunya harga dari Arduino Nano lebih murah dibandingkan Arduino Uno [2].

C. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

Sensor LDR (Light Dependent Resistor) adalah salah satu dari beragam jenis resistor yang dapat mengalami perubahan nilai hambatan karena dipengaruhi oleh cahaya yang diterimanya. Bentuknya seperti yang ditunjukkan gambar 4. Besarnya nilai hambatan pada sensor LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh sensor LDR itu sendiri.

Hambatan LDR atau resistansi LDR pada tempat gelap biasanya mencapai sekitar 10 MΩ, dan ketika di tempat yang terang biasanya resistansi atau hambatan LDR turun menjadi sekitar 150 Ω. Biasanya sensor LDR dipakai dalam robot line follower, alarm brankas, rangkaian saklar cahaya, lampu otomatis, dan masih banyak lagi. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan sensor LDR sebagai otomatisasi cahaya pada lampu [9].

D. Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor dengan sebuah sistem closed feedback dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari beberapa bagian berupa: sebuah motor, sebuah rangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer pada motor servo berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo.



Gambar 5. Bentuk Fisik Motor Servo

(Sumber: <https://learn.adafruit.com/adafruit-raspberry-pi-lesson-8-using-a-servo-motor?view=all>)

Motor *servo* seperti gambar 5 memiliki 3 kabel yaitu : VCC, GND dan Data. Dengan memberikan pulsa 1.5 ms pada periode selebar 2 ms, maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa *off* maka akan semakin besar pula gerakan sumbu ke arah jarum jam [9].

E. Dimmer

Rangkaian *Dimmer* (lihat gambar 6) adalah rangkaian yang bisa mengatur besaran dan juga tingkat cahaya lampu yang menyala. *Dimmer* dapat mengatur intensitas cahaya lampu mulai dari yang redup hingga ke remang-remang sampai ke nyala lampu yang paling terang sesuai dengan keinginan penggunaannya. Sebagai contoh, jika tegangan yang diberikan hanya setengah dari masing-masing siklus AC, maka lampu akan redup dibanding dengan mendapatkan tegangan masing-masing secara penuh dari siklus AC [9].

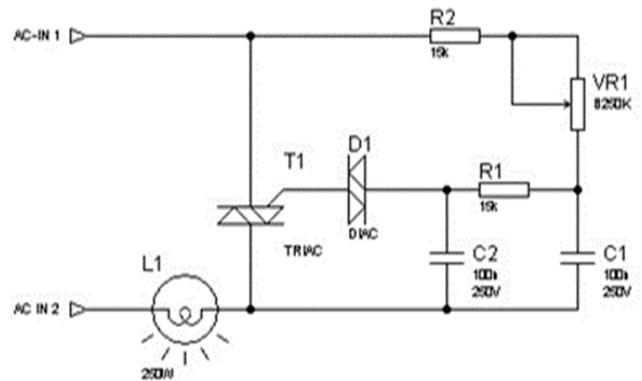
F. Fuzzy

Pada tahun 1965 seorang guru besar di *University of California* yang bernama Prof. Lotfi A. Zadeh merupakan pencetus sekaligus memasarkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal sebagai logika *fuzzy*.

Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan digunakan harus menggambarkan ke-*fuzzy*-an tetapi di lain pihak persamaan-persamaan yang dihasilkan dari variabel-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga komputasinya menjadi agak cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh kemudian memperoleh ide untuk menyajikannya dengan menentukan “derajat keanggotaan” (*membership function*) dari masing-masing variabelnya [7].

Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan suatu kurva yang menunjukkan posisi titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Fuzzifikasi merupakan langkah awal untuk mengaplikasikan sistem penalaran *fuzzy*. Fuzzifikasi terdiri dari proses, yaitu menentukan *membership function* atau fungsi keanggotaan untuk variabel *input* dan *output* kemudian mempresentasikannya dengan variabel linguistik [4]. Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yaitu:



Gambar 6. Rangkaian Dimmer

(Sumber: <http://www.rangkaianelektronika.org/rangkaian-dimmer.html>)

1) Linear

Pada representasi linear ini pemetaan *input* ke dalam derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) kemudian bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi seperti yang dapat dinyatakan dalam persamaan (1).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

2) Kurva Segitiga

Kurva segitiga ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear. Bentuk fungsi keanggotaan segitiga dapat dinyatakan dalam persamaan (2).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2)$$

3) Kurva Trapesium

Kurva trapesium ini pada dasarnya sama dengan kurva segitiga hanya saja pada kurva trapesium nilai keanggotaan 1 lebih banyak atau ada di beberapa titik. Berikut merupakan fungsi keanggotaan trapesium yang dapat dilihat pada persamaan (3).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & x \geq d \end{cases} \quad (3)$$

4) Kurva - S

Kurva penyusutan atau pertumbuhan merupakan kurva -s atau signoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tidak linear. Kurva-S untuk kenaikan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Kurva-S untuk penurunan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0).

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan lengkap ( $\gamma$ ), dan titik infleksi atau *crossover* ( $\beta$ ) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Berikut merupakan fungsi keanggotaan signoid yang dapat dilihat pada persamaan (4) [6].

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0; & x \leq \alpha \\ 2 \frac{(x-\alpha)}{(\gamma-\alpha)^2}; & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left( \frac{(\gamma-x)}{(\gamma-\alpha)} \right)^2; & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1; & x \geq \gamma \end{cases} \quad (4)$$

Sistem inferensi fuzzy atau yang lebih dikenal dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) merupakan penarikan sebuah kesimpulan dari kumpulan kaidah fuzzy. Jadi pada sistem inferensi fuzzy melakukan penalaran menggunakan masukan fuzzy (*Crisp Value*) dan *fuzzy rules* yang telah di tentukan sehingga menghasilkan sebuah keluaran fuzzy (*Crisp Value*). Terdapat dua metode pada sistem inferensi fuzzy yaitu: Metode Mamdani dan metode Sugeno. Pembahasan teori disini hanya akan membahas metode Mamdani.

G. Metode Mamdani

Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [4]. Metode ini sering sekali disebut sebagai metode *min-max* dan untuk mendapatkan keluaran, diperlukan 4 tahapan yakni:

1) Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada tahapan ini proses yang dibuat adalah mengubah variabel masukan yang berbentuk *crisp* menjadi variabel-variabel linguistik dalam bentuk himpunan fuzzy.

2) Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode Mamdani fungsi implikasi yang digunakan adalah min seperti persamaan (5).

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (5)$$

3) Komposisi Aturan

Ada 3 macam metode yang digunakan dalam melakukan sistem inferensi fuzzy:

Metode Max

Metode *Max* atau metode *maximum* mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah-daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke keluaran menggunakan operator OR (*Union*).

Metode Additive

Metode *additive* (*sum*) yaitu mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua keluaran daerah fuzzy.

Metode Probabilistik OR (PROBOR)

Metode ini mengambil solusi dari himpunan fuzzy yang diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua keluaran daerah fuzzy.

4) Defuzifikasi

Masukan dari Defuzifikasi berasal dari himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan dominan himpunan fuzzy tersebut. Variabel keluaran yang dihasilkan oleh Defuzifikasi merupakan variabel *crisp*. Ada beberapa metode dalam Defuzifikasi pada metode Mamdani yaitu :

- a. Metode *Centroid*
- b. Metode *Bisector*
- c. Metode *Mean of Maximum (MOM)*
- d. Metode *Largest of Maximum (LOM)*
- e. Metode *Smallest of Maximum (SOM)*

H. Cahaya

Cahaya menurut Newton (1642-1727) terdiri dari partikel-partikel ringan yang berukuran sangat kecil yang dipancarkan oleh sumbernya ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi. Cahaya dapat dibidang sebagai energi radiasi yang dapat dievaluasi secara visual (menurut *Illuminating Engineering Society*, 1972). Atau bagian dari spektrum radiasi elektromagnetik yang dapat dilihat.

Cahaya berada di panjang gelombang 400nm sampai dengan 800 nm (atau 380 nm sampai dengan 780 nm). Di luar dari panjang gelombang tersebut mata manusia tidak sensitif. Sinar ultraviolet berada di bawah 400 nm sedangkan sinar inframerah berada di atas 800 nm [4].

Ilmu yang mempelajari tentang pengukuran besaran-besaran cahaya adalah fotometri. Besaran-besaran fotometri yang umum yaitu:

1) Fluks luminous

Fluks *luminous* atau yang sering dikenal dengan fluks cahaya ( $\Phi$  atau F) merupakan laju aliran energi cahaya atau energi radiasi yang telah dibebani dengan respon sensitivitas mata manusia per satuan waktu.

TABEL I  
STANDAR PENCAHAYAAN RUANGAN SNI 03-6197-2000

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300K	Cool White 3300K-5300K	Daylight >5300K
Lembaga Pendidikan					
Ruang Kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang Gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	

Keterangan: Tanda • artinya diperbolehkan

Fluks *luminous* ini mempunyai satuan lumen (lm). Pada 1 watt daya radiasi suatu sumber cahaya setara nilainya dengan fluks *luminous* sebesar 683 lumen. Fluks *luminous* identik juga disebut dengan keluaran cahaya, yaitu besaran yang menyatakan kuantitas daya cahaya, yaitu besaran yang menyatakan kuantitas daya cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya dapat dinyatakan seperti persamaan (6) yakni perbandingan fluks *luminous* per satuan sudut ruang ( $\omega$ , steradian) dalam arah tertentu. Intensitas cahaya memiliki satuan Candella (cd) atau setara dengan lumen/steradian.

$$I = \frac{\phi}{\omega} \tag{6}$$

### 2) Iluminasi

Iluminasi atau tingkat pencahayaan (*E*) adalah fluks *luminous* yang datang pada suatu permukaan per satuan luas (*A*, dalam m<sup>2</sup>) permukaan yang menerima cahaya tersebut. Iluminasi memiliki satuan lux (lx) atau setara dengan lumen/m<sup>2</sup> dan dapat dinyatakan ke dalam persamaan (7).

$$E = \frac{\phi}{A} \tag{7}$$

### I. SNI 03-6197-2000

Dalam SNI 03-6197-2000 disebutkan bahwa awal mula konversi energi pada bangunan gedung di Indonesia yaitu pada tahun 1985 dengan diperkenalkannya DOE (*Department of Energy*, USA). Akan tetapi konversi energi pada bangunan di Indonesia baru mulai terdengar ketika ASEAN bekerja sama dengan USAID.

Untuk meningkatkan usaha konversi energi ini, Direktorat Pengembangan Energi, Departemen pertambangan dan Energi mewakili pemerintah, perguruan tinggi, asosiasi profesi, *supplier*, konsultan, kontraktor dan pengelola bangunan gedung menyusun beberapa buku tentang petunjuk teknis Konversi Energi, di antaranya adalah “Petunjuk Teknis Konversi Energi – Sistem Pencahayaan”.

Seiring berkembangnya zaman, petunjuk teknis dikembangkan menjadi “SNI Konversi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung”. Dibuatnya SNI Konversi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung

agar bangunan memiliki sistem pencahayaan yang optimal sehingga penggunaan energi dapat efisien. Acuan buku SNI ini diambil dari SNI 03-2396-1991 dan BOCA, *International Energy Conservation Code*, 2000 [3]. Beberapa standar pencahayaan lembaga pendidikan dicantumkan pada tabel I.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan perancangan alat ini dilakukan selama beberapa bulan. Penelitian dimulai pada bulan Juni 2017 dan berakhir pada bulan Desember 2017. Tempat penelitian, perancangan serta pengujian alat dilakukan di rumah tinggal penulis dan di Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado.

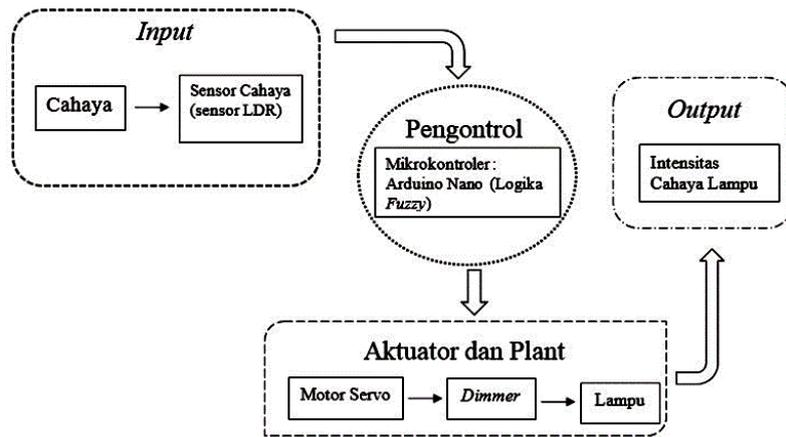
### B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari:

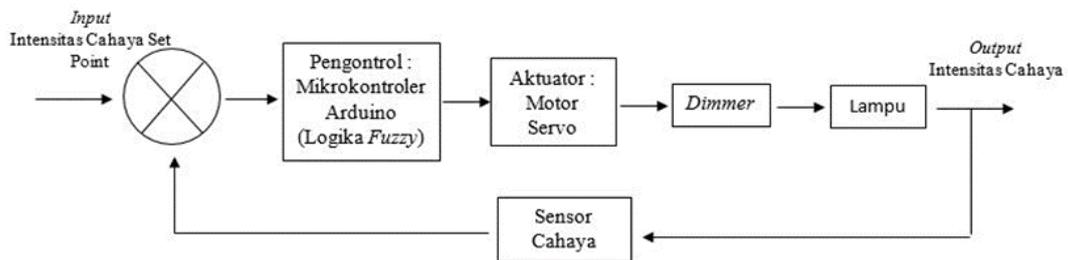
- 1) Mencari dan mengumpulkan referensi data (informasi) yang berkaitan dengan sistem yang akan dibuat.
- Merancang dan membangun sel eksperimen dalam bentuk maket dengan sistem cerdas pengaturan cahaya.
- Merancang *hardware* alat pencahayaan ruangan.
- Merancang perangkat lunak (*software*) dan men-download program ke mikrokontroler.
- Melakukan pengukuran intensitas cahaya pada ruangan berdasarkan beberapa kondisi *input* parameter.
- Menganalisis *input* parameter.
- Membuat laporan penelitian.

### C. Konsep Dasar Perancangan Alat

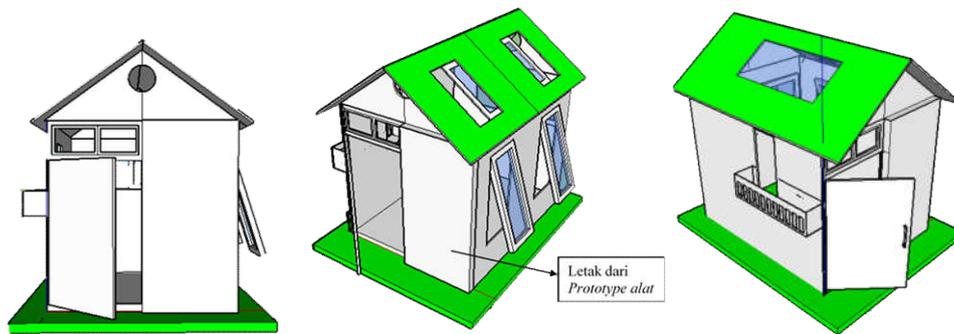
Dalam perancangan *prototype* alat sistem cerdas pada maket yang berbentuk rumah ini memerlukan konsep yang matang guna mendapat hasil yang sesuai tujuan. Pemilihan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang tepat dalam pembuatan *prototype* alat sistem cerdas pada maket yang berbentuk rumah sangat diperlukan agar hasil pencahayaan ruangan sesuai dengan apa yang diinginkan. Konsep dasar merupakan pedoman untuk merencanakan sesuatu dalam melakukan rancangan (desain), dimana konsep ini memuat langkah-langkah dan petunjuk dalam mendesain.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem



Gambar 8. Diagram Blok Sistem Kendali



Gambar 9. Rancangan Sel Eksperimen atau Maket

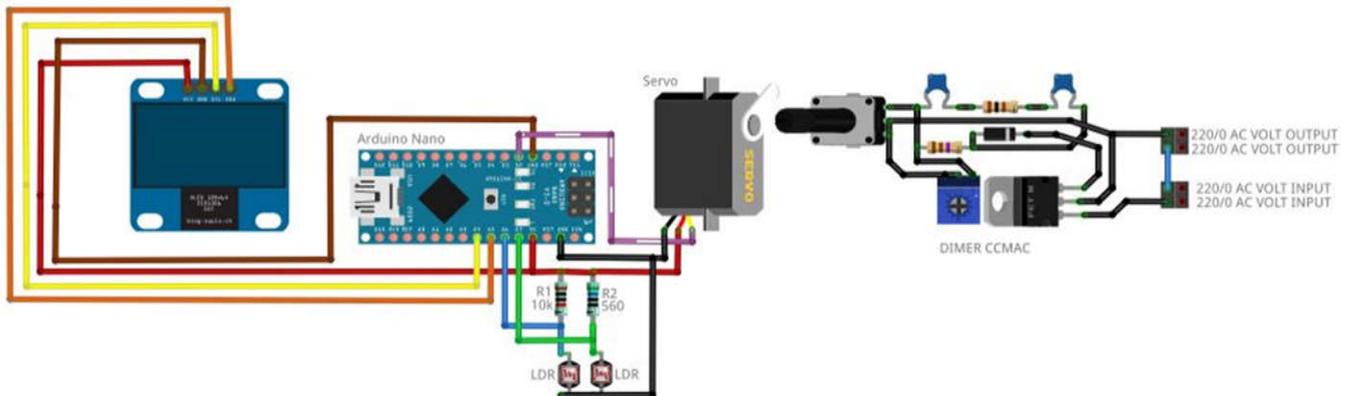
Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa *prototype* alat dengan sistem cerdas yang diterapkan pada rumah yang berbentuk maket memiliki berbagai macam sub sistem yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda seperti;

- 1) Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali dalam sistem penerangan cahaya dalam ruang.
- 2) Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mendeteksi intensitas cahaya dalam ruangan.
- 3) Aktuator motor *servo* untuk memutar atau menggerakkan potensiometer *dimmer*.
- 4) *Dimmer* sebagai pengatur besar tegangan yang keluar menuju lampu.
- 5) LCD Oled 0.9" *yellow blue* untuk menampilkan hasil pembacaan intensitas cahaya (*lux*) dan derajat *servo*.

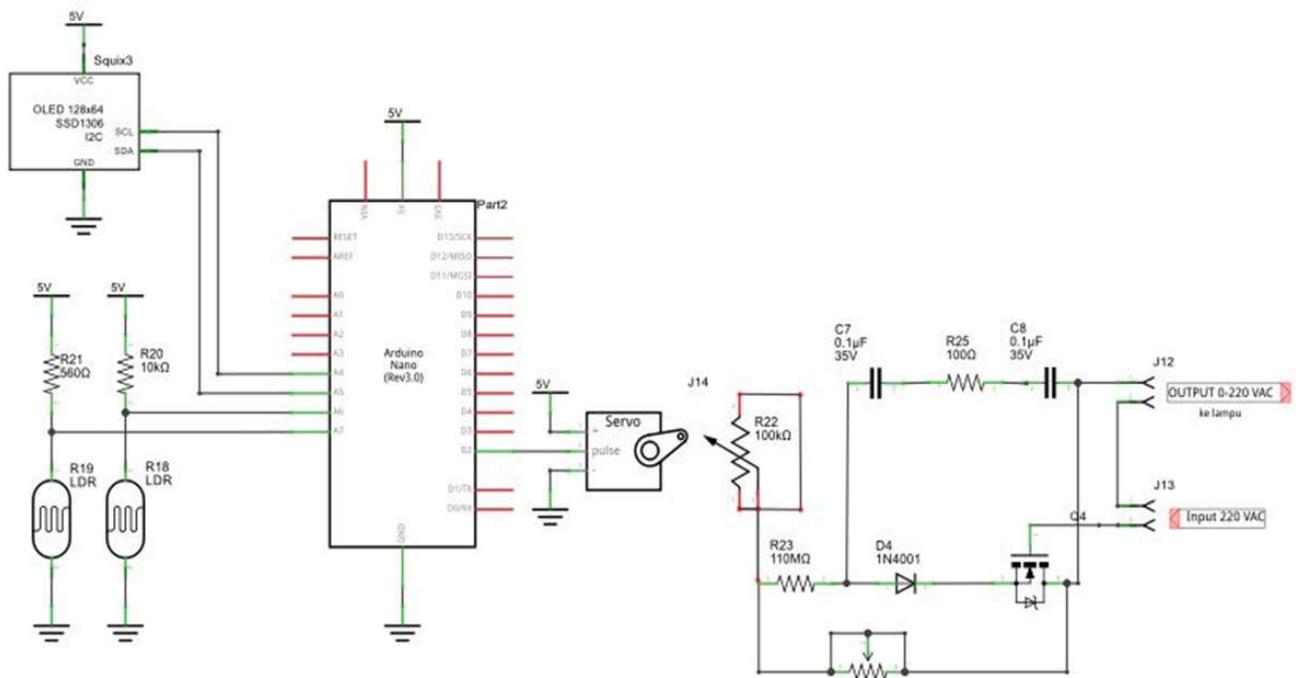
Perangkat-perangkat keras tersebut dirangkai sedemikian rupa sehingga intensitas cahaya untuk penerangan ruang kuliah dapat mencapai 250 *lux* sesuai standar SNI 03-6197-2000. Gambar dari diagram blok sistem kendali *prototype* alat dengan sistem cerdas pada maket yang berbentuk rumah dapat dilihat pada gambar 8.

D. Rancangan Sel Eksperimen

Pembuatan rancangan sel eksperimen ini menggunakan aplikasi SketchUp Pro 2016 + V-Ray 2.0 sebagai aplikasi pembantu, Aplikasi SketchUp Pro 2016 + V-Ray 2.0 dipilih sebab aplikasi ini memang dibuat untuk menggambar dan sangat cocok ketika akan menggambar sebuah desain rumah. Hasil perancangan desain maket bisa dilihat pada gambar 9.



Gambar 10. Perancangan Sistem Hardware Secara Umum



Gambar 11. Gambaran Skematis Sistem Hardware

**E. Perancangan dan Penyambungan Hardware**

Secara keseluruhan rancangan dan penyambungan hardware dapat digambarkan pada gambar 10. Untuk perancangan dan penyambungan hardware secara skematis digambarkan pada gambar 11 Secara ringkas perancangan dan penyambungan hardware dapat dijelaskan sebagai berikut;

**1) Perancangan dan Penyambungan sensor LDR**

Terdapat 2 Sensor LDR yang dihubungkan dengan masing-masing resistor 10K Ohm dan 560 Ohm dimana titik pertemuannya kemudian dihubungkan ke masing-masing pin A6 dan A7 Arduino.

**2) Perancangan dan Penyambungan Aktuator beserta Plant**

Aktuator yang digunakan adalah motor servo yang tersambung secara langsung dengan plant yakni dimmer. Pin sinyal motor servo dihubungkan pada pin D2 Arduino Nano.

**3) Perancangan dan Penyambungan LCD Oled 0.9"**

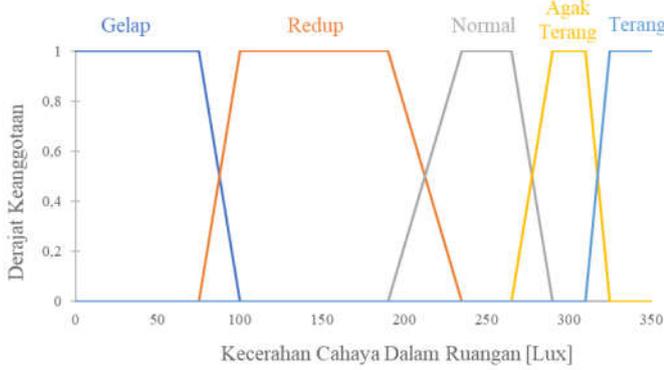
LCD Oled 0.9" yellow blue (128x64 pixel) digunakan sebagai penampil hasil pembacaan sensor dan sudut servo.

**F. Perancangan Perangkat Lunak**

**1) Logika Fuzzy**

Logika fuzzy pada prototype rumah dengan sistem cerdas hanya menggunakan satu variabel input serta satu output. Metode yang digunakan pada logika fuzzy ini adalah metode Mamdani. Untuk satuan cahaya digunakan lux sedangkan untuk putaran servo menggunakan derajat.

Cahaya dalam ruangan dijadikan sebagai input membership function dengan lima variabel linguistik yaitu; gelap, redup, normal, agak terang, terang sementara itu untuk output membership function terdiri dari lima variabel linguistik yaitu; rendah, agak rendah, normal, agak tinggi dan tinggi.



Gambar 12. *Input Membership Function* Logika Fuzzy



Gambar 13. *Output Membership Function* Logika Fuzzy

TABEL II  
TABEL RULE LOGIKA FUZZY

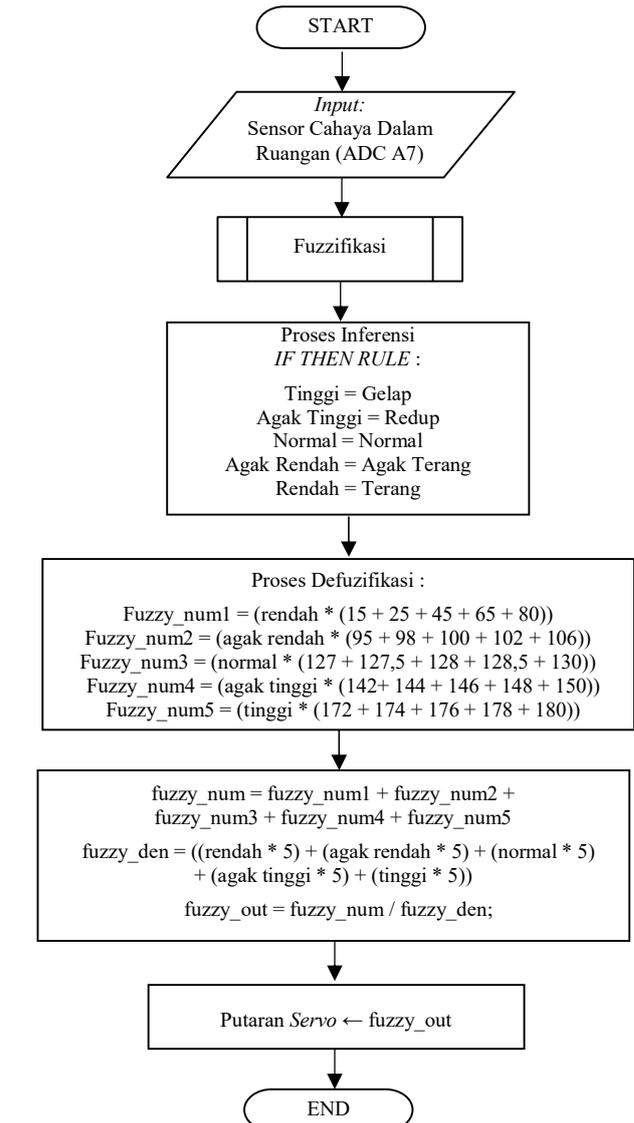
Input	Output
Gelap	Rendah
Redup	Agak Rendah
Normal	Normal
Agak Terang	Agak Tinggi
Terang	Tinggi

Desain dari *input* dan *output membership function* masing-masing digambarkan pada gambar 12 dan 13. Desain tersebut didapat melalui proses pengujian terlebih dahulu sehingga dapat diperoleh suatu nilai yang bersesuaian dengan variabel linguistik yang digunakan. Untuk aturan atau *rule* yang digunakan pada logika *fuzzy* dicantumkan pada tabel II.

2) Perancangan Sistem Cerdas Logika Fuzzy

*Prototype* alat ini menggunakan sistem cerdas dengan metode logika *fuzzy* yang dirancang agar dapat membuat intensitas cahaya di dalam ruangan perkuliahan sesuai dengan SNI 03-6197-2000 yakni sebesar 250 *lux*.

Secara garis besar alir program utama dari sistem cerdas yang menggunakan logika *fuzzy* ini digambarkan pada gambar 14.



Gambar 14. Diagram Alir Utama Sistem Cerdas Menggunakan Logika Fuzzy

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kalibrasi Sensor LDR dengan Lux Meter

Pengujian ini bertujuan untuk mengkalibrasi sensitivitas sensor LDR dengan *lux* meter apakah keduanya memiliki sensitivitas yang berbeda jauh ataukah sama terhadap cahaya. Pengujian dilakukan dengan posisi sensor LDR dan *lux* meter ditaruh secara bersamaan tepat di bawah lampu yang nanti akan dinyalakan sesuai program yang telah dibuat.

Setelah dilakukan pengujian terhadap sensor LDR dan *lux* meter maka didapatkan hasil dimana menurut data sensitivitas sensor LDR yang terbaca pada *software Arduino IDE* dan *lux* meter begitu jauh, sehingga diputuskan untuk mengkalibrasi sensor LDR agar sensitivitasnya terhadap cahaya sama dengan yang terbaca pada *lux* meter agar saat digunakan sesuai dengan yang diinginkan.

TABEL III  
HASIL PENGUJIAN SENSOR LDR DAN LUX METER SEBELUM DI KALIBRASI

Lux Meter [lux]	Sensor LDR1 (Nilai ADC A6)	Sensor LDR2 (Nilai ADC A7)
2	5	94
6	12	165
14	24	295
28	33	377
60	90	580
85	114	638
121	138	685
153	161	714
184	182	742
200	189	744
233	200	765
254	210	770
280	220	785
307	230	800
325	236	802
345	245	808
380	260	813
405	270	815
452	279	834
506	290	840
591	315	852

TABEL IV  
HASIL PENGUJIAN SENSOR LDR DAN LUX METER SETELAH DI KALIBRASI

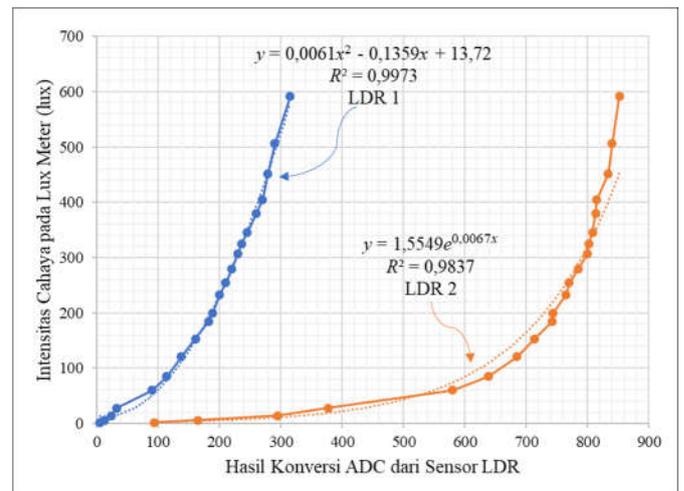
Lux Meter [lux]	Sensor LDR1 [lux]	Sensor LDR2 [lux]
15	15	15
17	17	17
20	20	20
24	24	24
28	28	28
34	34	34
39	39	39
46	46	46
55	55	55
64	64	64
72	72	73
81	80	81
94	94	94
104	105	105
209	209	209
245	245	245
322	322	322
366	365	367
436	436	436
506	508	507
546	545	546

Sebelum dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dilakukan pengambilan data hasil konversi ADC dan lux meter yang hasilnya dicantumkan pada tabel III. Setelahnya dilakukan proses kalibrasi pada LDR 1 dengan menggunakan metode regresi non-linear polinomial yang hasilnya seperti persamaan 8, sedangkan untuk LDR2 menggunakan metode regresi non-linear eksponensial yang hasilnya seperti persamaan 9.

$$y_{LDR1} = 0,0061x^2 - 0,1359x + 13,72 \tag{8}$$

$$y_{LDR2} = 1,554e^{0,0067x} \tag{9}$$

Dimana;  $y_{LDRx}$  adalah nilai lux LDR yang dikalibrasi dan  $x$  adalah nilai konversi ADC. Persamaan 7 dan 8 kemudian di implementasikan ke dalam program Arduino dan di uji apakah



Gambar 15. Grafik Perbandingan Hasil Konversi ADC Sensor LDR dan Lux Meter

TABEL V  
HASIL PENGUKURAN DIMMER

Lux Meter [lux]	$V_{in Dimmer}$ [V <sub>AC</sub> ]	$I_{Dimmer}$ [A]	$P_{Dimmer}$ [Watt]	$V_{out Dimmer}$ [V <sub>AC</sub> ]
14	232	0,080	18,56	36
21	232	0,087	20,184	42
31	232	0,095	22,04	50
49	232	0,104	24,128	61
77	232	0,112	25,984	71,5
86	232	0,116	26,912	75
100	232	0,120	27,84	80,5
123	232	0,123	28,536	85,5
136	232	0,128	29,696	88
152	232	0,130	30,16	92,5
170	232	0,136	31,522	97
183	232	0,139	32,248	100
198	232	0,141	32,712	103,5
208	232	0,143	33,176	104
225	232	0,146	33,872	108
246	232	0,149	34,568	111,5
261	232	0,152	35,264	115
287	232	0,158	36,656	119,5
310	232	0,160	37,12	122,5
325	232	0,162	37,584	126
354	232	0,165	38,28	130,5
375	232	0,168	38,976	133,5
400	232	0,174	40,368	138

sensitivitas dari sensor LDR dan lux meter sudah sama.

Data hasil pengujian sensor LDR dan lux meter setelah proses kalibrasi dicantumkan pada tabel IV sementara perbandingan hasil konversi ADC sensor LDR dan lux meter secara langsung dan dengan regresi ditunjukkan pada gambar 15.

B. Pengukuran Arus, Tegangan dan Daya Keluaran Dimmer

Pengukuran ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar arus, tegangan dan daya output dimmer pada saat lampu dinyalakan saat mulai redup hingga terang. Pengukuran ini menggunakan multimeter digital agar hasil yang diukur dapat dibaca dengan mudah dan teliti. Hasil data pengukuran arus, tegangan dan daya keluaran dimmer dapat dilihat pada tabel V.

TABEL VI  
HASIL PENGUJIAN SISTEM CERDAS SAAT MALAM HARI

sampel	Lux Meter [lux]	LDR2 [lux]	Sudut Servo [°]	Arus Listrik [A]
0	262	256	129	0,151
1	262	258	129	0,151
2	256	258	129	0,151
3	250	250	128	0,151
4	255	252	128	0,151
5	250	250	128	0,151
6	251	250	128	0,151
7	251	250	128	0,151
8	251	252	128	0,151
9	251	252	128	0,151
10	254	254	128	0,151
11	251	252	128	0,151
12	256	256	129	0,151
13	256	256	129	0,151
14	251	251	128	0,151
15	261	263	131	0,152
16	261	261	130	0,152
17	258	259	129	0,151
18	256	256	129	0,151
19	261	260	130	0,152
20	263	263	131	0,152
21	265	265	132	0,153
22	260	260	130	0,152
23	265	264	131	0,152
24	269	267	133	0,155
25	267	267	133	0,155
26	268	268	133	0,155
27	268	268	133	0,155
28	269	268	133	0,155
29	269	269	133	0,155
30	267	265	132	0,154
31	269	268	133	0,155
32	268	267	133	0,155
33	268	268	133	0,155
34	269	269	133	0,155

C. Pengujian Sistem Cerdas saat Malam Hari

Pengujian pada malam hari dilakukan pada pukul 17:20 sampai dengan 20:30 dengan mengambil sampel data setiap 5 menit. Pengujian ini bertujuan untuk melihat kondisi dari *prototype* sistem cerdas apakah intensitas cahaya sesuai atau menyimpang dengan program yang dibuat.

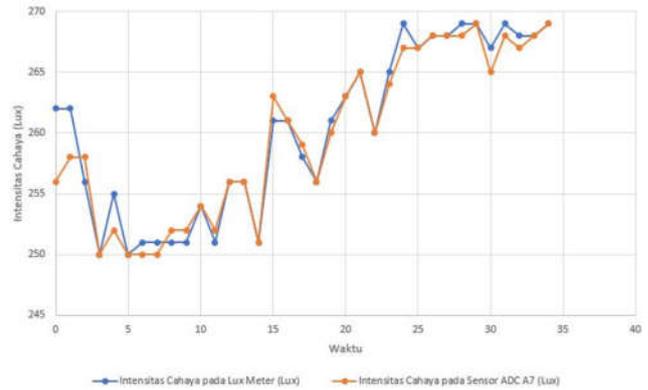
Dari hasil pengujian pada malam hari (lihat tabel VI) dapat dilihat hasil bahwa intensitas cahaya pada ruangan dengan menggunakan *prototype* sistem cerdas berfluktuasi pada kisaran 250-269 lux (lihat grafik gambar 16).

Sebelum menggunakan *prototype* alat dengan sistem cerdas dan menggunakan metode logika *fuzzy* lampu menyala dengan daya 60 Watt. Dari hasil yang didapat dari uji coba pada malam hari dapat dilihat bahwa ketika menggunakan *prototype* alat dengan sistem cerdas yang menggunakan logika *fuzzy* lebih menguntungkan dikarenakan penggunaan intensitas cahaya yang sesuai dengan SNI 03-6197-2000 yang membuat intensitas cahaya pada lampu yang sebelumnya menerangi ruangan dengan lux yang begitu besar sekarang intensitas cahaya lampu hanya menerangi ruangan sesuai standar cahaya ruangan yang sesuai dengan SNI 03-6197-2000.

Berdasarkan data pada tabel VI didapatkan nilai rata-rata dari lux ADC (A7) adalah 259,7714 lux sedangkan rata-rata arus listrik yang terukur adalah 0,152457 A.

TABEL VII  
HASIL PENGUJIAN KETIDAKSTABILAN SISTEM

Sensor LDR (ADC A7)	Sudut Servo
159 - 291 lux	146° - 100,42°
204 - 322 lux	124,20° - 54°
220 - 335 lux	104,20° - 46°
259 - 351 lux	128,20° - 46°
307 - 359 lux	100,20° - 46°



Gambar 16. Grafik Hasil Uji Coba pada Malam Hari

Dengan demikian daya listrik rata-rata yang terpakai saat menggunakan lampu dengan pengendali berlogika *fuzzy* adalah:

$$P = V \cdot I_{rata-rata}$$

$$P = 232 \text{ V} \times 0,152457 \text{ A}$$

$$P = 35,37006 \text{ Watt}$$

Sedangkan daya listrik rata-rata yang terpakai saat menggunakan lampu tanpa pengendali berlogika *fuzzy* adalah:

$$P = V \cdot I_{rata-rata}$$

$$P = 232 \text{ V} \times 0,258620 \text{ A}$$

$$P = 60 \text{ Watt}$$

Selisih daya yang dihitung dengan lampu yang menggunakan pengendali berlogika *fuzzy* dan tanpa menggunakan pengendali berlogika *fuzzy* adalah sebagai berikut :

$$P = P_{tanpa fuzzy} - P_{dengan fuzzy}$$

$$P = 60 \text{ Watt} - 35,37006 \text{ Watt}$$

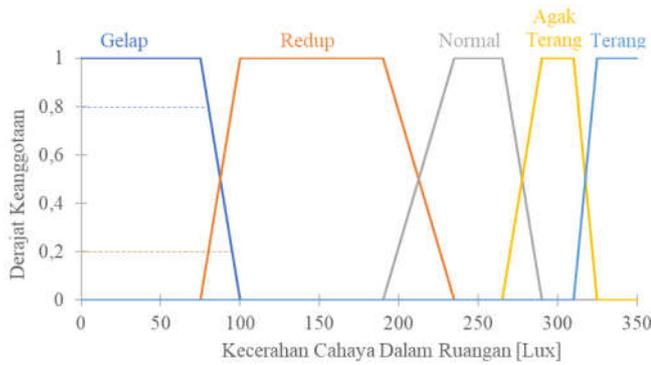
$$P = 24,62994 \text{ Watt}$$

Terbukti bahwa daya yang digunakan ketika menggunakan pengendali berlogika *fuzzy* dapat mencapai:

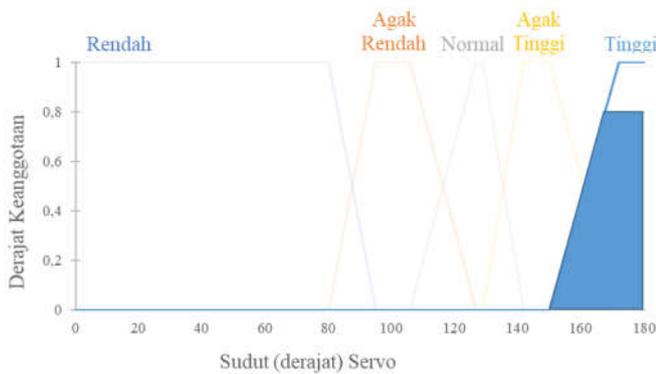
$$\frac{24,62994 \text{ Watt}}{60 \text{ Watt}} \times 100\% = 41,0499\%$$

D. Pengujian Ketidakstabilan Sistem

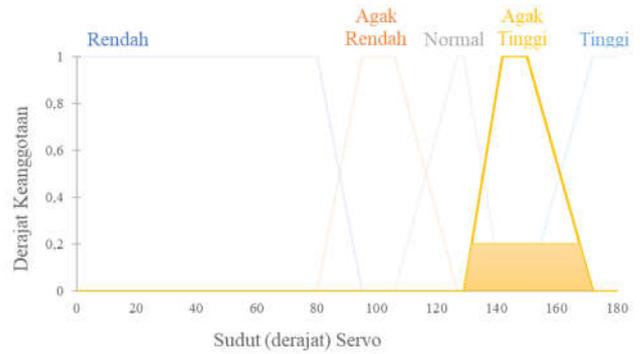
Pengujian ini dilakukan untuk melihat ketidakstabilan dari sistem cerdas dengan logika *fuzzy* yang dibuat dan ternyata saat menggunakan sistem cerdas logika *fuzzy* tidak membuat sistem berjalan dengan stabil secara terus-menerus sebagaimana hasil yang didapat pada tabel VII.



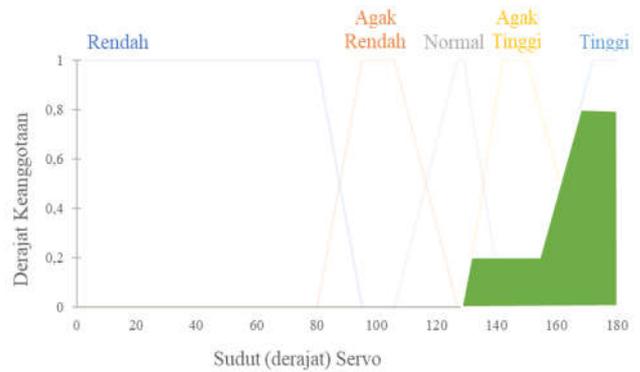
Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Input



Gambar 18. Hasil Inferensi Mamdani (Clipping) untuk Tinggi (0,8)



Gambar 19. Hasil Inferensi Mamdani (Clipping) untuk Agak Tinggi (0,2)



Gambar 20. Hasil Proses *Composition* dari dua fuzzy set, 'sudut(derajat) is Tinggi(0,8)' dan sudut(derajat) is 'Agak Tinggi(0,2)'

**E. Perhitungan Logika Fuzzy Secara Manual**

Misalkan intensitas cahaya dalam ruangan adalah sebesar 80 lux, maka agar intensitas cahaya dapat mencapai angka 250 lux, sudut (derajat) servo harus berputar sekian derajat untuk memutar potensiometer *dimmer* sehingga cahaya dari lampu mampu meningkatkan intensitas cahaya dalam ruangan hingga mencapai 250 lux.

Untuk memecahkan masalah ini digunakanlah logika fuzzy dengan metode Mamdani sebagai berikut:

**1) Menentukan Derajat Keanggotaan**

Dalam contoh kasus ini intensitas kecerahan cahaya yang terbaca oleh sensor LDR adalah sebesar 80 lux. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 17 nilai input ini berada pada dua variabel linguistik yaitu: Gelap dan Redup. Nilai derajat keanggotaan dari masing-masing variabel linguistik tersebut dapat ditentukan sebagai berikut:

1) Derajat keanggotaan gelap untuk  $75 < x \leq 100$ ;

$$\mu_{Gelap} = \frac{100 - 80}{100 - 75} = \frac{20}{25} = 0,8$$

2) Derajat keanggotaan redup untuk  $75 < x \leq 100$ ;

$$\mu_{Redup} = \frac{80 - 75}{100 - 75} = \frac{5}{25} = 0,2$$

Dengan demikian terdapat dua input fuzzy yaitu; Gelap (0,8) dan Redup (0,2)

**2) Proses Inferensi Mamdani**

Dengan menggunakan inferensi Mamdani dari dua input fuzzy dan dua aturan yang dapat diaplikasikan (dari lima aturan pada tabel II), diperoleh dua pernyataan, sebagai berikut:

- sudut(derajat) servo is Tinggi(0,8)
- sudut(derajat) servo is Agak Tinggi(0,2)

**3) Menentukan Fuzzy Output**

**a. Hasil Inferensi Mamdani (Clipping)**

Hasil inferensi Mamdani (*clipping*) untuk tinggi(0,8) dan agak tinggi(0,2) dapat dilihat pada gambar 18 dan 19.

**b. Proses Komposisi**

Proses komposisi adalah agregasi hasil *clipping* dari semua aturan fuzzy sehingga didapatkan satu fuzzy set tunggal. Proses komposisi dari dua fuzzy set, 'sudut(derajat) is Tinggi(0,8)' dan sudut(derajat) is 'Agak Tinggi(0,2)' menghasilkan satu fuzzy set tunggal seperti yang ditampilkan gambar 20.

**1. Defuzifikasi**

Untuk proses Defuzifikasi digunakan *Centroid of Area*. Di mana titik-titik pada area hijau gambar 20 ditentukan secara sembarang dengan nilai-nilai; 136, 138, 140, 142, 166, 168, 170, 172, dan 174.

Sehingga dengan menggunakan titik-titik tersebut dan persamaan 10:

$$x = \frac{\sum x \cdot \mu_A(x)}{\sum \mu_A(x)} \quad (10)$$

diperoleh hasil sebagai berikut:

$$x = \frac{0,2(136 + 138 + 140 + 142 + 144) + 0,8(166 + 168 + 170 + 172 + 174)}{0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,8 + 0,8 + 0,8 + 0,8 + 0,8}$$

$$= \frac{0,2(700) + 0,8(850)}{5} = \frac{820}{5} = 164^\circ$$

Dengan demikian dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*, pada saat intensitas cahaya dalam ruangan sebesar 80 lux maka sudut (derajat) *servo* harus berputar sebesar 164° agar cahaya dalam ruangan dapat mencapai 250 lux.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

- 1) Alat yang menggunakan pengendali berlogika *fuzzy* ini dapat menghemat daya listrik. Daya yang dihemat sebesar 24,62994 Watt atau hemat 41,04999%.
- 2) Lampu yang menggunakan pengendali berlogika *fuzzy* ini dapat menyesuaikan intensitas cahaya lampu dengan ruangan sesuai SNI 03-6197-2000. Alat yang berupa *prototype* yang menggunakan sistem cerdas ini bisa diterapkan pada ruangan-ruangan pada rumah maupun perkantoran agar dapat menghemat tagihan biaya listrik.

##### B. Saran

- 1) Lebih baik menambah pemasangan *gear* dan *belt* pada *horn dimmer* sebelum tempelkan langsung pada *horn motor servo* agar gerakannya lebih halus.
- 2) Sensitivitas dari sensor LDR kurang begitu baik, sehingga untuk pengembangan ke depannya dapat menggunakan sensor cahaya yang lebih baik daripada sensor LDR.

#### V. KUTIPAN

- [1] Arduino LC, *Arduino Nano* [online]. Tersedia di : [www.Arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano](http://www.Arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano). Diakses Oktober 2017.
- [2] Arduino LC, *Arduino Nano* [online]. Tersedia di : [www.Arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf](http://www.Arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf). Diakses Oktober 2017.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, “*Konservasi energi pada sistem pencahayaan SNI 03-6197-2000*” [online]. Tersedia di : [sni-03-6197-2000.pdf](http://sni-03-6197-2000.pdf). Diakses Oktober 2017.
- [4] F. D. Kambey, “*Pengoptimalan Konstanta Pengontrol PID Menggunakan Algoritma Genetika*,” Skripsi S.T., Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2005.
- [5] F. Nirwana. *Alat Kendali Penerangan Ruangan Dengan Logika Fuzzy Berbasis ATmega 16*. [online]. Tersedia di : <http://iaeeta.org/wp-content/uploads/2017/08/sni-03-6197-2000Pencahayaan.pdf>. Diakses Oktober 2017.
- [6] G. Klir. and B. (1995). Yuan. *Fuzzy Sets And Fuzzy Logic*. [online]. Tersedia di : [www.wearealgerians.com/upuploads/139955152739491.pdf](http://www.wearealgerians.com/upuploads/139955152739491.pdf). Diakses Oktober 2017
- [7] J. R. Jang. C. Sun. and E. Mizutani, “*Neuro-Fuzzy and Soft Computing : A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*”, 1997.
- [8] M. D. Putro. dan F. D. Kambey. Sistem Pengaturan Pencahayaan Ruangan Berbasis Android pada Rumah Pintar. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. [online]. Vol.5, No. 3. Tersedia di : <http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/294>.
- [9] P. Fauziah. *Pengembangan Algoritma Logika Fuzzy Untuk Optimasi Daya Listrik Pada Suatu Ruangan*. [online]. Tersedia di : <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/10915/1/PUSP-ITA%20FAUZIAH-FST.pdf>. Diakses Oktober 2017.



**Bobby Yoga Prawira**, adalah anak pertama dari tiga bersaudara. Lahir dari pasangan suami – istri, Slamet, S.T. (ayah) dan Minarni (ibu), di Sukoharjo pada tanggal 28 November 1997. Penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di, SD 06 Manado (2003-2009), SMP Negeri 1 Manado (2009-2011), SMA Negeri 9 Binsus Manado (20011-2013). Pada tahun 2013 penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Kendali pada tahun 2015. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PT. MSM (Meares Sopotan Mining) Likupang pada 19 Juli 2015 s/d 09 September 2015. Dan penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 28 Februari 2018. Begitu pula selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, penulis juga aktif dalam organisasi mahasiswa Himpunan Mahasiswa Elektro (HME), Badan Tadzkir Fakultas Teknik (BTFT), menjadi Koordinator Laboratorium Teknik Kendali, pernah menjadi Ketua dalam Bakti Sosial yang dilakukan oleh Laboratorium Teknik Kendali, dan juga pernah menjabat sebagai Koordinator Lintas Fakultas dan Hubungan Masyarakat di Badan Perwakilan Fakultas Teknik (BPM-FT).