

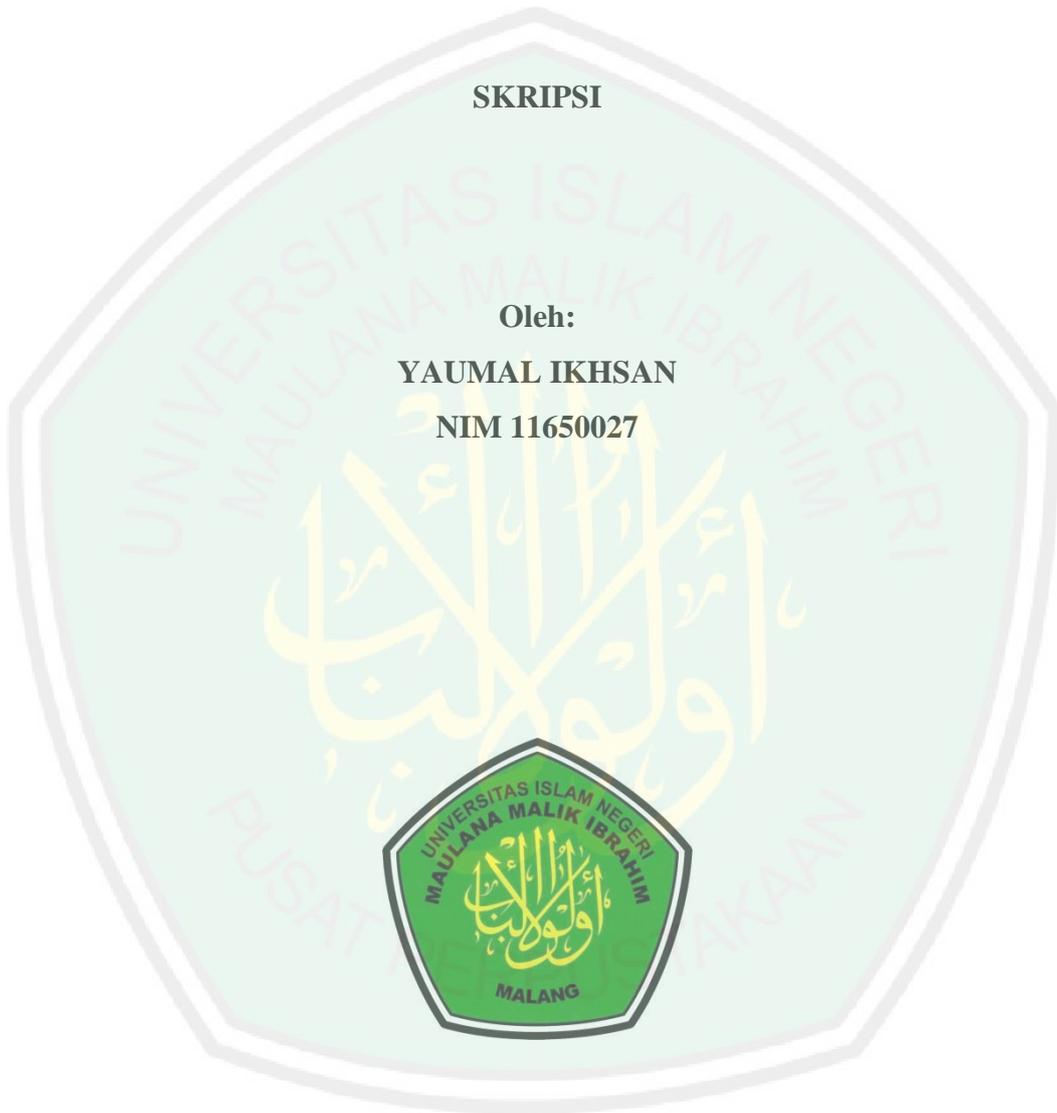
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU PJU  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328  
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh:

**YAUMAL IKHSAN**

**NIM 11650027**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU PJU  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328  
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

**Oleh:**

**YAUMAL IKHSAN**

**NIM. 11650027**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK  
IBRAHIM MALANG**

**2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU PJU  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328  
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh:

**YAUMAL IKHSAN**

**NIM. 11650027**

Telah disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Yunifa Miftachul A, MT

NIP. 19830616 201101 1 004

Fresy Nugroho, MT

NIP. 19710722 200101 1 001

Tanggal, 17 Juni 2015

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU PJU  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328  
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

**SKRIPSI**

Oleh:

**YAUMAL IKHSAN**

**NIM. 11650027**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Komunikasi (S.Kom)

Tanggal 26 Juni 2015

Susunan Dewan Penguji		Tanda Tangan
1. Penguji Utama	: <u>Fachrul Kurniawan, M.MT</u> NIP. 19771020 200901 1 001	( )
2. Ketua	: <u>Hani Nurhayati, MT</u> NIP. 19780625 200801 2 006	( )
3. Sekretaris	: <u>Yunifa Miftachul A, MT</u> NIP. 19830616 201101 1 004	( )
4. Anggota	: <u>Fresy Nugroho, MT</u> NIP. 19710722 200101 1 001	( )

Mengetahui dan Mengesahkan  
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008



## PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini kepada :

Kedua orangtua yang sangat aku sayangi dan cintai,  
Alm. Bapakku Nur Muslih dan Ibuku Siti Aminah  
Yang telah membimbingku dalam segala hal

Mas – mas dan mbak - mbakku,  
Muhammad Kholil sekeluarga, Abdul Mukti sekeluarga,  
Umi Fityatin sekeluarga, Sri Utami sekeluarga,  
Yang telah menjadi teladan yang baik bagiku

Semua dosen jurusan TI UIN Maliki Malang  
Terutama kedua dosen pembimbing  
Yang telah membimbing dari awal sampai akhir

Persembahan khusus untuk Ristika Nuriskharini  
Yang telah menemani dan sepenuh hati meluangkan waktunya  
Dari awal hingga terselesaikannya penelitian ini  
Semoga terselesaikannya penelitian ini  
Menjadi awal yang baik buat kita kedepannya

Teman seperjuanganku, seluruh satu angkatan  
Teknik informatika khususnya angkatan 2011  
Semoga sukses menyertai kita

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu*

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI LAMPU PJU BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328 MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI*” sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang ini dengan baik.

Sholawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang yaitu Islam.

Selanjutnya penulis hanturkan ucapan terima kasih seiring do’a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza’ kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Penulis sampaikan terima kasih kepada Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan do’a dan restunya kepada penulis selama ini, dan semua sahabat mahasiswa TI UIN Maliki Malang (khususnya angkatan 2011) yang selalu bersedia untuk berdiskusi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, dan juga kepada segenap sivitas akademika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang terutama Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang saat ini dan juga tak lupa Prof. Dr. Imam Suprayogo selaku mantan rektor periode sebelumnya, Yunifa Miftachul A, MT dan Fresy Nugroho, M.T selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah banyak memberikan pengarahan. Tak lupa kepada semua pihak yang turut mendukung sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. Amin Ya Rabbal Alamin.

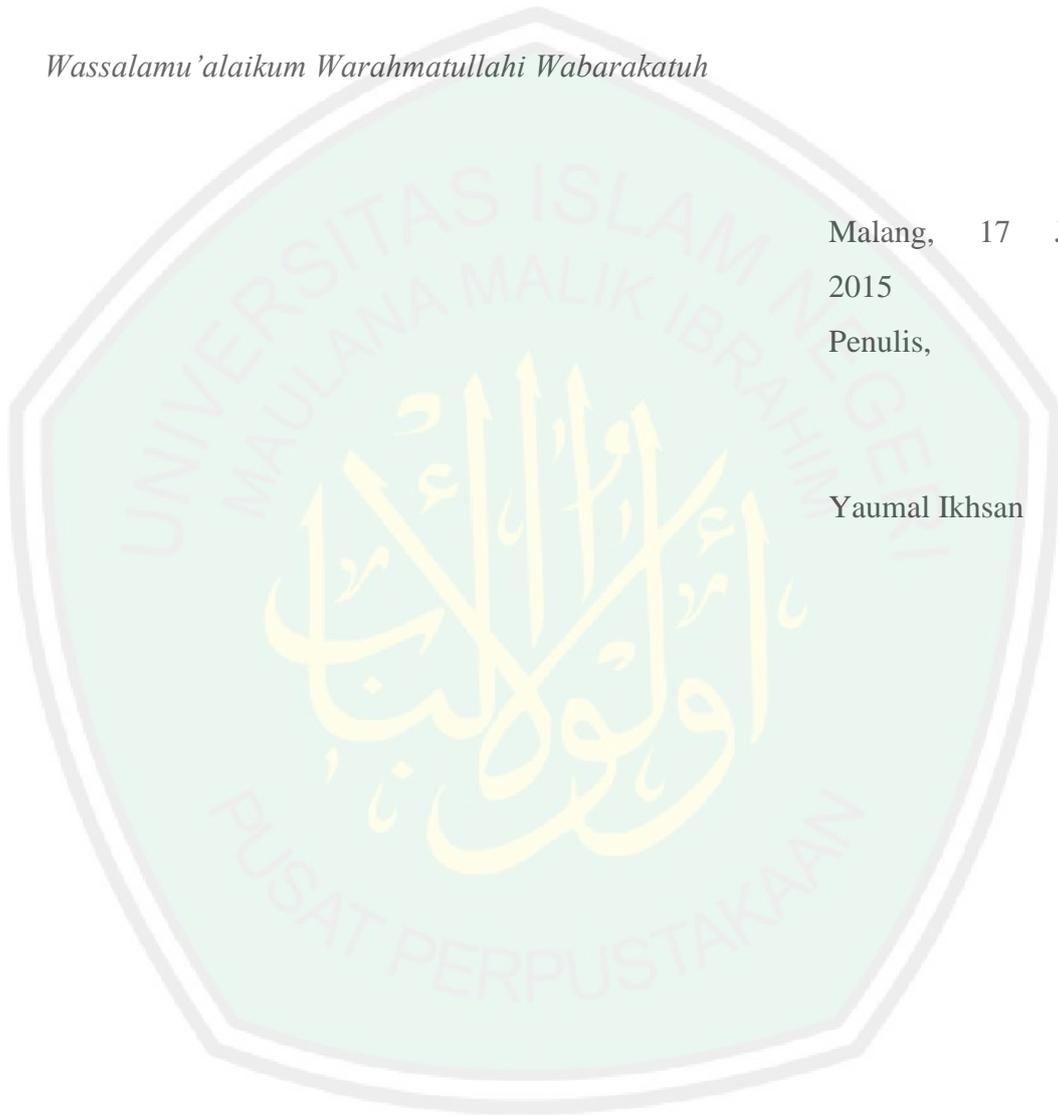
*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, 17 Juni

2015

Penulis,

Yaumal Ikhsan



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
ص                      ذ                      ل                      م                      ن                      ه	
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
1.6 Metode Penelitian.....	7
1.7 Sistematika Penelitian .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Anjuran Menghemat Energi Dalam Islam .....	12
2.2 Mikrokontroler .....	15
2.3 Mikrokontroler Atmel ATMEGA328.....	17
2.4 Sensor.....	24

2.4.1 Sensor Cahaya.....	24
2.4.2.Counter.....	24
2.5 Metode Fuzzy.....	26
2.5.1 Himpunan Fuzzy.....	27
2.5.2 Fungsi Keanggotaan.....	30
2.6 Fuzzy Mamdani.....	31
<b>BAB III.....</b>	<b>36</b>
3.1 Analisis Dan Perancangan Sistem.....	36
3.1.1 Keterangan Umum.....	36
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	37
3.1.3 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	37
3.2 Rancangan Sistem.....	37
3.2.1 Keterangan Umum.....	37
3.2.2 Desain Sistem.....	38
3.2.3 Blok Diagram Sistem.....	47
3.3 Flowchart System.....	48
3.4 Prinsip Kerja Sistem.....	49
3.5 Optimasi Menggunakan Fuzzy Mamdani.....	51
3.6 Menentukan Formasi Lampu.....	59
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Implementasi Desain Miniatur.....	61
4.2 Implementasi Desain Sistem.....	63
4.2.1 Masukan / Input.....	63
4.2.2 Controller / Proses.....	64
4.2.3 Keluaran / Output.....	65
4.3 Implementasi Fuzzy Mamdani.....	67
4.3.1 Penanganan Masukan.....	67
4.3.2 Menghitung Nilai Keanggotaan.....	68
4.3.3 Aplikasi Fungsi Implikasi.....	70
4.3.4 Komposisi Aturan.....	71

4.3.5 Penegasan / Defuzzyfikasi .....	72
4.4 Uji Coba .....	73
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>91</b>
Kesimpulan .....	91
Saran.....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>93</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar harga paket lampu PJU solar cell/buah.....	4
Tabel 2.1 Konfigurasi port B ATMEGA328 .....	22
Tabel 2.2 Konfigurasi port C ATMEGA328 .....	23
Tabel 2.3 Konfigurasi port D ATMEGA328 .....	23
Tabel 3.1 Aturan Kerja Sistem.....	50
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil uji coba .....	89



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikrokontroller .....	16
Gambar 2.2 Blok diahram ATMEGA328.....	19
Gambar 2.3 Pengalamatan pin pada ATMEGA328.....	21
Gambar 2.4 LDR.....	24
Gambar 2.5 Laser pointer.....	25
Gambar 2.6 LDR receiver.....	25
Gambar 2.7 Himpunan fuzzy pada variabel intensitas cahaya .....	29
Gambar 2.8 Representasi kurva bentuk trapezium .....	30
Gambar 3.1 Desain Miniatur system pengendali lampu PJU .....	39
Gambar 3.2 Rangkaian LDR.....	40
Gambar 3.3 Desain pemasangan counter.....	41
Gambar 3.4 rangkaian laser pinter (transmitter) .....	41
Gambar 3.5 Rangkaian LDR (receiver) .....	42
Gambar 3.6 Rangkaian dimmer .....	43
Gambar 3.7 Rangkaian relay.....	44
Gambar 3.8 Desain minimum system arduino.....	46
Gambar 3.9 Blok diagram system.....	47
Gambar 3.10 Flowchart system .....	48
Gambar 3.11 Penempatan counter .....	51
Gambar 3.12 Himpunan fuzzy intensitas cahaya.....	51
Gambar 3.13 Himpunan fuzzy frekuensi keramaian.....	52
Gambar 3.14 Penentuan formasi nyala lampu .....	60
Gambar 4.1 Miniatur.....	62
Gambar 4.2 Counter 2 saat aktif .....	63
Gambar 4.3 Counter 3 saat aktif .....	63
Gambar 4.4 Pemasangan LDR.....	64
Gambar 4.5 Mikrokontroller beserta minimum system .....	64
Gambar 4.6 Relay driver .....	65
Gambar 4.7 Dimmer driver .....	66

Gambar 4.8 Rangkaian menggunakan teg. 220V/AC.....	66
Gambar 4.9 Daerah hasil fuzzy.....	71
Gambar 4.10 Hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 1 .....	76
Gambar 4.11 Hasil uji coba ke – 1 pada lampu PJU.....	77
Gambar 4.12 Hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 2 .....	79
Gambar 4.13 Hasil uji coba ke – 2 pada lampu PJU.....	80
Gambar 4.14 Hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 3 .....	82
Gambar 4.15 Hasil uji coba ke – 3 pada lampu PJU.....	83
Gambar 4.16 Hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 4 .....	84
Gambar 4.17 Hasil uji coba ke – 4 pada lampu PJU.....	85



## ABSTRAK

Ikhsan, Yaumal. 2015. **Rancang Bangun System Pengendali Lampu PJU Berbasis Mikrokontroller ATMEGA328 Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani.** Pembimbing : Yunifa Miftachul A, MT(1), Fresy Nugroho, MT (2).

---

**Kata Kunci** : Fuzzy Mamdani, Penghematan Energi, Lampu PJU

Dewasa ini kebutuhan akan penghematan energi sangat diutamakan. Krisis energi yang dulu hanya menjadi sebuah wacana kini sedikit – demi sedikit mulai terasa. Bahkan di Negara yang katanya melimpah akan sumber daya alamnya juga terkena dampak dari krisis energi ini.

Upaya untuk melakukan penghematan energy dapat dilakukan dari berbagai aspek, mulai dari beralih ke peralatan ramah lingkungan, penghematan dari manusianya(pengguna), atau dari mengoptimalkan system cerdas yang dapat beradaptasi secara otomatis dengan kebutuhan.

Berdasar pada cara terakhir dalam upaya penghematan energy, penulis coba menerapkan sebuah system cerdas pada lampu PJU menggunakan algoritma optimasi menggunakan metode fuzzy mamdani, yang diterapkan pada penentuan nilai optimal pada intensitas cahaya pada lampu PJU serta penentuan formasi nyala lampu.

## ABSTRACT

Ikhsan, Yaumal. 2015. **System Design Public Street Lighting Controller Based On Microcontroller Atmega328 Using Fuzzy Mamdani**. Adviser : Yunifa Miftachul A, MT(1), Fresy Nugroho, MT (2).

---

Key words : Fuzzy mamdani, energy saving, public street lighting

Nowadays the need for energy savings is preferred. The energy crisis that had just become a discourse, today slowly had began to be felt. Even in countries that said abundant natural resources are also affected by this energy crisis.

Efforts to do energy savings can be made from various aspects, ranging from switching to environmentally friendly equipment, energy saving by human consumption (users), or by optimizing the intelligent system that can adapt automatically to the needs.

Based on the last way in energy saving measures, the authors try to apply an intelligent system on the public street lighting with an optimization algorithm using fuzzy mamdani, which is applied to the determination of the optimum value of the light intensity on the public street lighting as well as the determination of the public street lighting formation.

## الملخص البحث

يوما الإحسان، 2015. تصميم نظام أضواء تحكم الإضاءة طريق عمومي ATMEGA328 (PJU) الأسلوب القائم على متحكم عن طريق ضبابي ممداني. تحت الإشراف: : يونيتا مفتاح، الماجستير (1)، فرشي نوغروهو، الماجستير (2).

الكلمة الأساسية: ضبابي ممداني، توفير الطاقة، مصباح الإضاءة طريق عمومي (PJU)

أما الوقت الحاضر هناك حاجة إلى الحاجة لتوفير الطاقة. بدأت فشياً إلى أن يرى - أزمة الطاقة التي أصبحت مجرد الخطاب الآن قليلاً. حتى في البلدان التي قال تتأثر موارد طبيعية وفيرة أيضاً من هذه الأزمة الطاقة.

الجهود الرامية إلى تحقيق وفورات الطاقة يمكن أن تكون مصنوعة من جوانب مختلفة، بدءاً من ينتقل لمعدات صديقة للبيئة، وتوفير البشرية (المستخدمين)، أو تحسين نظام ذكي التي يمكن أن تتكيف تلقائياً إلى الاحتياجات.

على أساس طريقة مشاركة في تدابير توفير الطاقة، ويحاول المؤلفان لتنفيذ نظام ذكي في مصباح الإضاءة طريق عمومي (PJU) باستخدام خوارزميات الأمثل باستخدام ضبابي ممداني، والتي يتم تطبيقها على تحديد القيمة المثلى لشدة الضوء على ضوء الإضاءة طريق عمومي (PJU) وتحديد تشكيل الاضواء.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan penghematan energi sangat dibutuhkan. Krisis energi yang dulu hanya menjadi sebuah wacana kini sedikit – demi sedikit mulai terasa. Bahkan di Negara yang katanya melimpah akan sumber daya alamnya Indonesia, juga terkena dampak dari krisis energi ini.

Menteri Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) Sudirman menyatakan harus ada kerja keras untuk mengatasi krisis listrik di Indonesia. Menurutnya, krisis listrik mengancam Indonesia karena ada ketidakseimbangan antara kebutuhan dengan pasokan listrik. “ada gap (jarak) antara kebutuhan pertumbuhan listrik dan kapasitas membangun pembangkit”. (liputan6,2014).

Sedangkan menurut Outlook Energi Nasional 2011, dalam kurun waktu 2000 – 2009 konsumsi energi Indonesia meningkat dari 709,1 juta SBM (setara Barel Minyak/BOE) ke 865,4 juta SBM. Atau meningkat rata – rata 2,2 % per tahun. Konsumsi energi ini sampai akhir tahun 2011, terbesar masih dikuasai sektor industri, diikuti sektor rumah tangga dan sektor transportasi. (liputan6.com, 2014)

Fakta ini sejalan dengan apa yang diungkapkan Direktur Konstruksi dan Energi Terbarukan PT PLN (Persero) Nasri Sebayang “ krisis listrik di Jawa sudah mulai terjadi pada 2016, bukan 2018, datang lebih cepat.” Ia

mengatakan selama ini banyak pihak yang terlalu fokus pada masalah di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batang 2 x 1000 MW (MegaWatt) di Jawa Tengah. “sebenarnya tidak hanya PLTU Batang, kita itu kekurangan pasokan listrik mulai 2016 – 2018 mencapai 6000 MW, jadi bukan hanya di Batang saja 2000 MW.” Imbuhnya.

Krisis energi ini tidak lepas dari tindakan boros masyarakat (pemerintah maupun sektor rumah tangga) dalam menggunakan energi tersebut. Allah SWT telah berfirman dalam al qur'an QS. Al – isro' : 26-27

وَأْتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذُرْ تَبْذِيرًا  
 إِنَّ الْمُبْذِرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ  
 كَفُورًا

Tafsir jalalain : 026. (Dan berikanlah) kasihkanlah (kepada keluarga-keluarga yang dekat) famili-famili terdekat (akan haknya) yaitu memuliakan mereka dan menghubungkan silaturahmi kepada mereka (kepada orang-orang miskin dan orang-orang yang dalam perjalanan; dan janganlah kamu menghambur-hamburkan hartamu secara boros) yaitu menginfakkannya bukan pada jalan ketaatan kepada Allah.027. (Sesungguhnya orang-orang pemboros itu adalah saudara-saudara setan) artinya berjalan pada jalan setan (dan setan itu adalah sangat ingkar kepada Rabbnya) sangat ingkar kepada

nikmat-nikmat yang dilimpahkan oleh-Nya, maka demikian pula saudara setan yaitu orang yang pemboros.

Dari kedua ayat diatas dapat kita ketahui bahwa Allah menciptakan segala hal yang ada di muka bumi ini hanya untuk manusia, namun semua ciptaan Allah untuk manusia ini bukan untuk di hambur - hamburkan dalam perilaku boros.

Tanpa di sadari banyak sekali perilaku boros yang sering kita lakukan, bahkan dengan tanpa disengaja. Misalnya pada sektor rumah tangga, yaitu saat kita melakukan perjalanan selama beberapa hari, maka biasanya kita akan menghidupkan lampu selama kita tidak di rumah, padahal kita hanya membutuhkannya saat malam saja. Kemudia pada sektor infrastruktur (contohnya lampu jalan) harapan melakukan pembangunan yang merata membuat hampir disemua ruas jalan akan terdapat lampu jalan sebagai penerangnya, namun kadang kala terjadi tindakan pemborosan pada ruas jalan yang mulai sepi namun lampu masih menyala 100%, padahal dengan 50% penerangan sudah memadai. itulah beberapa contoh yang mungkin menggambarkan terjadinya tindakan pemborosan yang tidak disengaja oleh pelakunya.

Teknologi penggunaan panas matahari sebagai sumber energy dewasa ini mulai diperkenalkan kepada masyarakat. Dimulai dari pemanas air menggunakan energy panas matahari sampai penggunaan solar cell sebagai sumber energi lampu PJU. Teknologi penggunaan solar cell ini

bertujuan untuk melakukan penghematan energy listrik dengan tidak bergantung kepada PLN sebagai penyediaanya. Namun penggunaan solar cell pada PJU ini masih tergolong mahal atau membutuhkan biaya yang tinggi untuk memperolehnya. Berikut salah satu contoh harga 1 buah lampu PJU menggunakan solar cell (PT. YINGDE SOLAR ENERGI INDONESIA, 2014) :

Table 1.1. daftar harga paket lampu PJU solar cell/buah

Lampu PJU LED Merk Kalch	Solar Panel	Battery VRLA Panasonic	Kabel Instalasi	Controller	Box Panel	Harga (Rp)	
						Solar Panel Tanpa SNI	Solar Panel Dengan SNI
10W	50 Wp	60 Ah	NYYHY 2x1.5 & 2.5 mm	12V - 10A	Set Lengkap	4,200,000	4,600,000
30W	80 Wp	70 Ah	NYYHY 2x1.5 & 2.5 mm	12V - 10A	Set Lengkap	5,500,000	6,000,000
40W	100 Wp	100 Ah	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V - 10A	Set Lengkap	6,200,000	6,900,000
50W	80 Wp x 2	120 Ah	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V - 20A	Set Lengkap	8,000,000	9,000,000
75W	100 Wp x 2	100 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V - 20A	Set Lengkap	11,200,000	12,500,000
100W	80 Wp x 3	120 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V - 20A	Set Lengkap	12,700,000	14,400,000
120W	100 Wp x 3	150 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V - 20A	Set Lengkap	15,600,000	17,600,000

Harga diatas belum termasuk perawatan, harga tiang, pemasangan dll. Selain dari segi harga yang terlampau tinggi, lampu PJU dengan solar cell juga sangat bergantung terhadap cahaya matahari. Hal ini akan sangat terasa saat datangnya musim penghujan. Meskipun biasanya tiap satu lampu akan diberikan baterai dengan tenaga 2 – 3 kali lipat dari daya yang dibutuhkan lampu, namun apa jadinya jika selama satu minggu cahaya matahari tidak secerah biasanya. Mungkin lampu akan redup bahkan sangat mungkin lampu PJU dengan solar cell akan mati (Budi Tjahjono, 2008).

Berdasarkan fakta – fakta di atas, penulis coba melakukan sebuah penelitian yang berguna sebagai salah satu alternatif usaha penghematan energi, yakni dengan membuat sebuah system pengendali lampu PJU (Penerangan Jalan Umum) berbasis microcontroller ATMEGA 328 menggunakan metode fuzzy mamdani.

Metode fuzzy atau proses fuzzifikasi adalah pengembangan dari logika Boolean. Jika logika Boolean menggambarkan suatu keadaan kedalam benar (1) dan salah (0), maka metode fuzzy menyatakan suatu keadaan tersebut berdasarkan nilai keanggotaan misalnya jika pada Boolean hanya ada benar dan salah maka pada metode fuzzy memiliki benar, salah, sedang dan lain – lain.

Contoh lain dalam kehidupan sehari – hari salah satunya adalah intensitas suatu cahaya. Jika menggunakan logika Boolean maka keadaan yang muncul hanya gelap dan terang. Namun jika menggunakan metode fuzzy atau fuzzyfikasi maka keadaan / state yang mungkin diantaranya gelap, sedikit gelap, sedang, sedikit terang dan terang.

Dengan perangkat ini diharapkan dapat memberikan alternatif sebagai upaya pengehematan energi. Hal ini karena system ini menggunakan sensor cahaya dari luar dan intensitas pengguna jalan sebagai masukan utamanya. Jika pengguna jalan meningkat / ramai maka lampu akan memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi, begitu juga jika pengguna jalan agak ramai, sedang maupun sepi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- Apakah metode fuzzy mamdani dapat diterapkan dalam pembuatan aplikasi pengontrol lampu PJU (Penerangan Jalan Umum).
- Bagaimana merancang dan membangun aplikasi pengontrol lampu PJU (Penerangan Jalan Umum).

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Menerapkan konsep dan cara kerja metode fuzzy mamdani pada aplikasi pengontrol lampu PJU.
- Menciptakan sebuah perangkat dan aplikasi pengontrol lampu PJU.

## 1.4. Batasan Masalah

- Chip microcontroller yang digunakan adalah ATMEL ATMEGA 328.
- Perangkat atau system akan diuji dalam bentuk miniatur.
- Pengguna jalan diasumsikan berjalan berbaris sejajar arah jalan pada kedua ruas.
- Studi kasus menggunakan jalan utama UIN Maliki Malang.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Mafaat dari penelitian ini adalah :

- Memberikan alternative lain dalam melakukan penghematan energi listrik dengan menggunakan kontrol yang mampu beradaptasi sesuai kebutuhan.

### 1.6. Metode Penelitian

Berikut adalah langkah – langkah metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

#### 1. Analisis

Tahap analisis yaitu proses pencarian masalah / sumber masalah dalam menentukan obyek penelitian. Tahap ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

##### a. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi / menemukan masalah yang ada pada system atau keadaan saat ini.

##### b. Analisis masalah

Setelah semua masalah teridentifikasi, kemudian dilakukan proses analisis untuk menemukan solusi terbaik.

##### c. Analisis literatur

Dalam proses pemecahan masalah kita akan mendapatkan solusi dari beberapa sumber. Pada penelitian ini topic yang dikaji diantaranya : algoritma fuzzy mamdani, mikrokontroller ATMEGA328, system

kendali cerdas, dan materi pendukung lainnya dalam pembuatan system.

## 2. Desain

Terdapat beberapa macam desain pada pembuatan system ini, yaitu :

### a. Pembuatan desain miniature

Pembuatan miniature bertujuan sebagai media uji coba system kendali.

### b. Desain output

Output yang dihasilkan berupa intensitas Chaya yang dihasilkan serta formasi nyala.

### c. Desain input

Pemilihan input sangat menentukan dalam perancangan system. Input yang digunakan adalah intensitas cahaya luar dan jumlah pengguna jalan.

### d. Desain proses

Desain proses yaitu tahapan pada system untuk menghasilkan output yang sesuai dengan input menggunakan metode fuzzy mamdani.

## 3. Implementasi

Pada tahap ini membahas tentang implementasi dari desain - desai yang telah disusun sebelumnya.

### a. Implementasi metode

Mengimplementasikan metode fuzzy mamdani pada system kendali untuk proses penentuan intensitas cahaya dan formasi nyala lampu yang optimal.

b. Perancangan dan pembuatan system kendali

Perancangan system kendali menggunakan metode fuzzy mamdani kemudian membuat system tersebut.

4. Uji coba

Uji coba system akan dilakukan pada miniature yang telah dibuat sebelumnya.

5. Pembuatan laporan

Pembuatan laporan penelitian / skripsi sebagai dokumentasi tugas akhir.

### 1.7. Sistematika Penelitian

Sistematika dalam penulisan skripsi ini akan dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

#### **BAB I                   Pendahuluan**

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

#### **BAB II                 Tinjauan Pustaka**

Pada Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang terkait dengan permasalahan yang diambil.

### **BAB III Analisis, dan Perancangan Sistem**

Bab ini menjelaskan Perancangan system kendali yang dibuat meliputi perancangan perangkat, IDE yang digunakan sampai pada pembuatan system kendali.

### **BAB IV Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini membahas tentang implementasi dari algoritma pada sistem pengendali. Serta melakukan pengujian pada system pengendali lampu PJU, apakah dapat menyelesaikan permasalahan yang dihadapi sesuai dengan yang diharapkan.

### **BAB V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan dari lapotan tugas akhir dan saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan pembuatan system pengendali selanjutnya.

### **Daftar Pustaka**

Seluruh materi referensi dalam penulisan skripsi ini, dicantumkan dalam bab ini.

## Lampiran

Data pendukung untuk melengkapi uraian yang telah disajikan dalam bagian utama ditempatkan di bagian ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2. 1. Anjuran Menghemat Energi Dalam Islam

Dalam islam perilaku menghambur – hamburkan atau boros terhadap segala sesuatu adalah salah satu tindakan yang sangat dilarang. Menurut kamus besar bahasa Indonesia kata boros berarti berlebih – lebih dalam pemakaian uang, barang, tenaga, bensin dsb. Sejalan dengan itu, dalam islam boros berarti membelanjakan atau menggunakan harta benda yang berlebihan dan tidak pada tempatnya.

Allah SWT berfirman dalam surat Al – Isro' : 26 – 27

وَأْتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذُرْ تَبْذِيرًا  
 إِنَّ الْمُبْذِرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ  
 كَفُورًا

Tafsir jalalain : 026. (Dan berikanlah) kasihkanlah (kepada keluarga-keluarga yang dekat) famili-famili terdekat (akan haknya) yaitu memuliakan mereka dan menghubungkan silaturahmi kepada mereka (kepada orang-orang miskin dan orang-orang yang dalam perjalanan; dan janganlah kamu menghambur-hamburkan hartamu secara boros) yaitu menginfakkannya bukan pada jalan ketaatan kepada Allah.027. (Sesungguhnya orang-orang

pemboros itu adalah saudara-saudara setan) artinya berjalan pada jalan setan (dan setan itu adalah sangat ingkar kepada Rabbnya) sangat ingkar kepada nikmat-nikmat yang dilimpahkan oleh-Nya, maka demikian pula saudara setan yaitu orang yang pemboros. (QS. Al Isra : 26 - 27).

Pada ayat di atas dijelaskan boros adalah menghambur –hamburkan harta, pada tafsir jalalain menghambur – hamburkan harta ditafsirkan dengan membelanjakan atau menggunakan atau menginfakkan harta bukan pada jalan ketaatan kepada Allah.

Rasulullah SAW juga telah memperjelas ayat di atas dengan hadist beliau tentang anjuran berlaku hemat pada semua hal.

إِذَا كَانَ جُنْحُ اللَّيْلِ أَوْ أَمْسَيْتُمْ فَكُفُّوا صَبِيَانَكُمْ ، فَإِنَّ الشَّيْطَانَ  
يَنْتَشِرُ حِينَئِذٍ ، فَإِذَا ذَهَبَ سَاعَةٌ مِنَ اللَّيْلِ فَخَلُّوهُمْ ، وَأَغْلِقُوا  
الْأَبْوَابَ وَادْكُرُوا اسْمَ اللَّهِ فَإِنَّ الشَّيْطَانَ لَا يَفْتَحُ بَابًا مُغْلَقًا ،  
وَأَوْكُوا قِرْبَكُمْ وَادْكُرُوا اسْمَ اللَّهِ ، وَحَمِّرُوا آئِيَّتَكُمْ وَادْكُرُوا اسْمَ  
اللَّهِ وَلَوْ أَنْ تَعْرُضُوا عَلَيْهَا شَيْئًا ، وَأَطْفِنُوا مَصَابِيحَكُمْ

Artinya : Jika malam datang menjelang, atau kalian berada di sore hari, maka tahanlah anak-anak kalian, karena sesungguhnya ketika itu setan sedang bertebaran. Jika telah berlalu sesaat dari waktu malam,

maka lepaskan mereka. Tutuplah pintu dan berzikirlah kepada Allah, karena sesungguhnya setan tidak dapat membuka pintu yang tertutup. Tutup pula wadah minuman dan makanan kalian dan berzikirlah kepada Allah, walaupun dengan sekedar meletakkan sesuatu di atasnya, matikanlah lampu-lampu kalian. (Sahih Bukhari, volume 4, Book 54 No. 500)

### لَا تَنْرُكُوا النَّارَ فِي بُيُوتِكُمْ حِينَ تَنَامُونَ

Artinya : Janganlah biarkan api di rumah kalian (menyala) ketika kalian sedang tidur. (Sahih Bukhari, volume 8, Book 74, No. 308).

Dua hadist di atas memperinci perihal larangan Allah SWT dalam berlaku boros. Hadist yang pertama menganjurkan kita untuk selalu menutup pintu, menutup wadah – wadah minuman dan malakan mematikan lampu. Untuk anjuran mematikan api atau lampu diperjelas pada hadist ke dua yaitu dianjurkan mematikan api atau lampu saat tidur.

Untuk anjuran mematikan api saat tidur, terdapat beberapa penjelasan yang berbeda. Kelompok pertama menafsirkan tujuan untuk mematikan api saat tidur yaitu untuk menghindarkan diri atau rumah dari bahaya kebakaran, karena saat kita tidur kita tidak akan tahu apa yang akan terjadi. Selain itu menurut penelitian bahwa mematikan lampu saat tidur juga dapat membantu menjaga kesehatan yaitu menjaga tubuh tetap bigar. Hal ini karena jika saat tidur lampu masih menyala maka secara tidak sadar orgam

indra kita masih tetap bekerja saat seharusnya ia diistirahatkan (terutama mata).

Kemudian kelompok kedua menafsirkan anjuran untuk mematikan api saat tidur adalah untuk melakukan penghematan minyak sebagai bahan bakar api tersebut. Jika penafsiran kedua ini diumpamakan pada masa sekarang ini, maka mematikan api saat tidur sama halnya mematikan lampu saat tidur (tidak digunakan), karena hal ini memiliki tujuan yang sama yaitu melakukan penghematan energi listrik yang digunakan sebagai bahan untuk menghidupkan lampu tersebut. Sedangkan pendapat lain menjelaskan anjuran mematikan lampu ini adalah usaha

Terlepas dari perbedaan penafsiran tersebut, anjuran mematikan lampu adalah perilaku positif yang berbeda hanyalah alasannya saja. Pokok dari anjuran tersebut adalah mengajak kita untuk menjaga diri dan keluarga dan menjaga alam dengan melakukan penghematan energi.

## 2. 2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data.

Mikrokonktroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remote controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.



Gambar 2.1. Mikrokontroller

Berikut keuntungan adanya / penggunaan mikrokontroller :

- Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas
- Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
- Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Agar sebaauh mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan

sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem clock dan reset, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi.

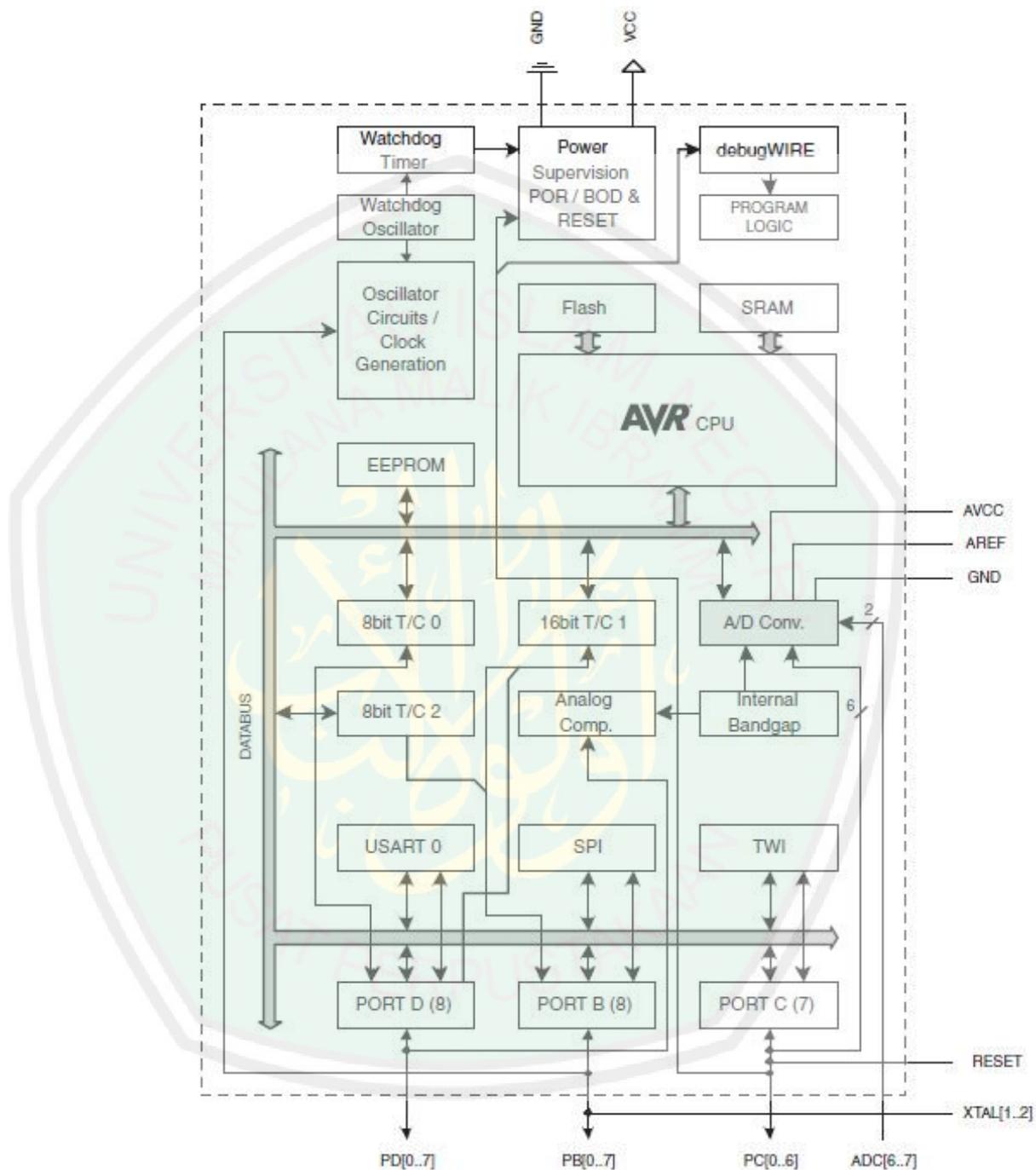
Yang dimaksud dengan sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri (Tim Iam Mikroprosesor BLPT Surabaya, 2007).

### **2. 3. Mikrokontroler Atmel Atmega328**

ATmega328 adalah microcontroller keluaran Atmel yang merupakan anggota dari keluarga AVR 8-bit. Mikro controller ini memiliki kapasitas flash (program memory) sebesar 32 Kb (32.768 bytes), memori (static RAM) 2 Kb (2.048 bytes), dan EEPROM (non-volatile memory) sebesar 1024 bytes. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 20 MHz. Rancangan khusus dari keluarga prosesor ini memungkinkan tercapainya kecepatan eksekusi hingga 1 cycle per instruksi untuk sebagian besar instruksinya, sehingga dapat dicapai kecepatan mendekati 20 juta instruksi per detik. ATmega328 adalah prosesor yang kaya fitur. Dalam chip yang dipaketkan dalam bentuk DIP-28 ini terdapat 20 pin Input/Output (21 pin bila pin reset tidak digunakan, 23 pin bila tidak menggunakan oskilator eksternal), dengan 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai pin ADC (analog-

to-digital converter), dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (pulse width modulation).

Chip ini juga memiliki modul USART (Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter) terintegrasi, hardware SPI (Serial Peripheral Interface), hardware TWI (Two Wire Interface, kompatibel dengan protokol I<sup>2</sup>C dari Phillips, 2x pencacah (timer) 8-bit, 1x pencacah 16-bit, RTC (Real Time Counter) dengan oskilator terpisah, watchdog timer, komparator analog terintegrasi, pendeteksi tegangan turun (brown-out detector), sumber interupsi internal dan eksternal, dan oskilator internal yang terkalibrasi (8 MHz) (ATmega48PA/88PA/168PA/328P datasheet, 2009).



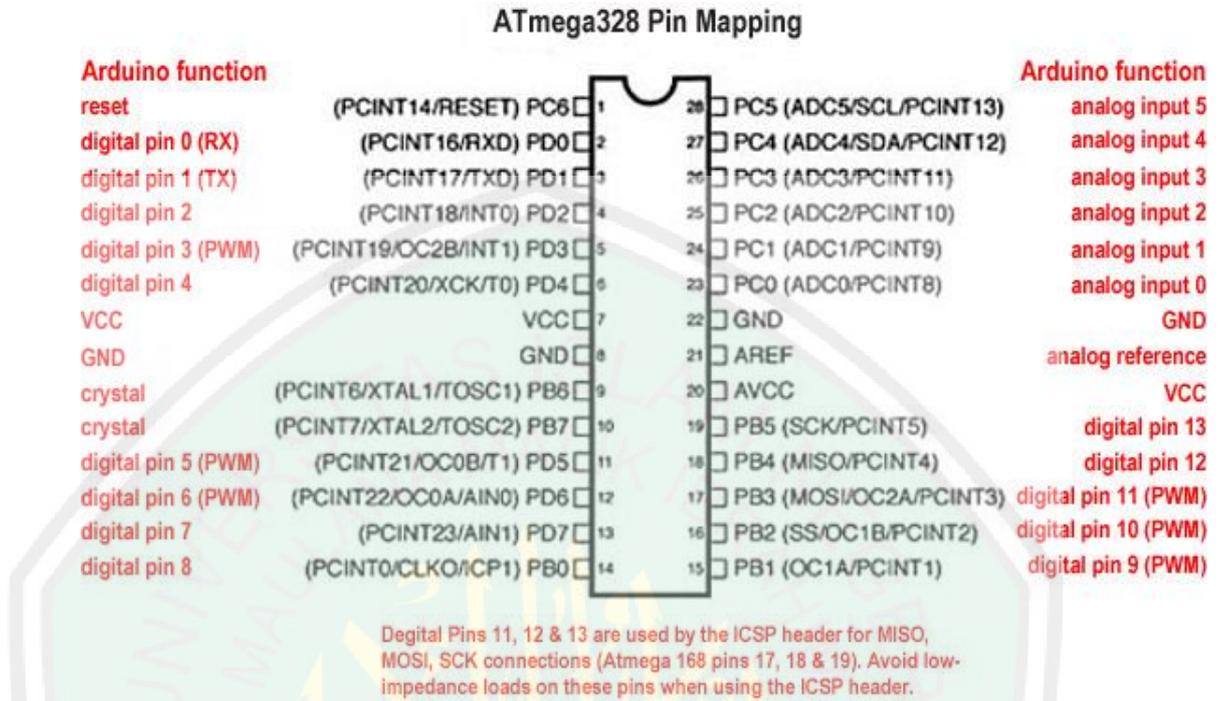
Gambar 2.2. Blok diagram ATMEGA328

Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler ATMEGA8535 terdiri dari:

- 32 saluran I/O (Port A, Port B, Port C, dan Port D)

- 10 bit 8 Channel ADC (Analog to Digital Converter)
- 4 channel PWM
- 6 Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- 3 buah timer/counter
- Analog comparator
- Watchdog timer dengan osilator internal
- 512 byte SRAM
- 512 byte EEPROM
- 8 kb Flash memory dengan kemampuan Read While Write
- Unit interupsi (internal & eksternal)
- Port antarmuka SPI8535 “memory map”
- Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5Mbps
- 4.5 sampai 5.5V operation, 0 sampai 16MHz

Berikut konfigurasi pin mikorkontrol ATMEGA328 :



Gambar 2.3. Pengalamatan pin pada ATMEGA328

- VCC = pin masukan catu daya
- GND = pin ground
- Port A (PA0 – PA7) = pin I/O (bidirectional), pin ADC
- Port B (PB0 – PB7) = pin I/O (bidirectional), pin timer/counter, analog comparator, SPI
- Port C (PC0 – PC7) = pin I/O (bidirectional), TWI, analog comparator, Timer Oscilator
- Port D (PD0 – PD7) = pin I/O (bidirectional), analog comparator, interupsi eksternal, USART
- RESET = pin untuk me-reset mikrokontroler
- XTAL1 & XTAL2 = pin untuk clock eksternal

- AVCC = pin input tegangan ADC
- AREF = pin input tegangan referensi ADC
- Berikut pengalamatan masing – masing port pada mikorkontrol

ATMEGA328 :

Tabel 2.1. konfigurasi port B ATMEGA328

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	<b>SCK</b> (SPI Bus Master clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2A (Timer/Counter2 Output Compare Match A Output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	$\overline{SS}$ (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Input) CLKO (Divided System Clock Output) PCINT0 (Pin Change Interrupt 0)

Tabel 2.2. konfigurasi port C ATMEGA328

Port Pin	Alternate Function
PC6	RESET (Reset pin) PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (2-wire Serial Bus Clock Line) PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-wire Serial Bus Data Input/Output Line) PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3) PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2) PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1) PCINT9 (Pin Change Interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0) PCINT8 (Pin Change Interrupt 8)

Tabel 2.3. konfigurasi port D ATMEGA328

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) OC0A (Timer/Counter0 Output Compare Match A Output) PCINT22 (Pin Change Interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input) OC0B (Timer/Counter0 Output Compare Match B Output) PCINT21 (Pin Change Interrupt 21)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) PCINT20 (Pin Change Interrupt 20)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input) OC2B (Timer/Counter2 Output Compare Match B Output) PCINT19 (Pin Change Interrupt 19)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input) PCINT18 (Pin Change Interrupt 18)
PD1	TXD (USART Output Pin) PCINT17 (Pin Change Interrupt 17)
PD0	RXD (USART Input Pin) PCINT16 (Pin Change Interrupt 16)

## 2. 4. SENSOR

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variable keluaran dari sensor yang dapat dirubah menjadi besaran listrik disebut transduser. Pada system ini, kami menggunakan beberapa sensor sebagai penerima masukan dari lingkungan luar. Berikut – sensor – sensor yang kami gunakan :

### 2.4.1 Sensor Cahaya (LDR)

LDR (Light Dependent Resistor) adalah sebuah sensor cahaya yang bersifat Fotokonduktif, yaitu sensor yang akan memberikan perubahan tahanan (resistansi) pada sel – selnya, semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima maka semakin kecil pula nilai tahanannya (Sri Supatmi, 2010).



Gambar 2.4. LDR

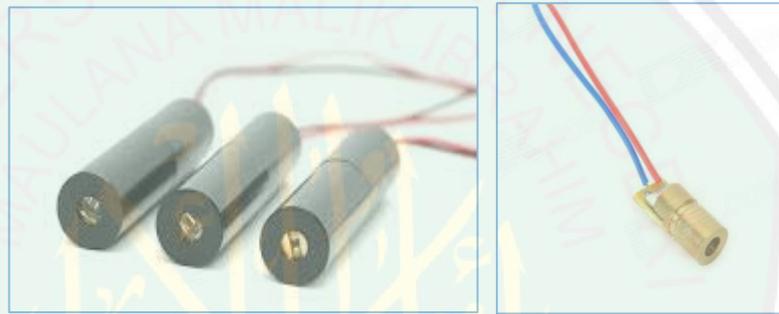
### 2.4.2 Counter / Pencacah

Counter atau pencacah adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk penghitung. Pada system ini counter kami gunakan untuk menghitung jumlah pengguna jalan. Rangkaian counter ini menggunakan dua

perangkat yaitu laser pointer sebagai transmitter dan LDR sebagai receiver.

- Laser Pointer

Laser pointer adalah sebuah perangkat yang mampu menghasilkan atau memancarkan cahaya laser.



Gambar 2.5. Laser pointer

- Receiver

Receiver (LDR) adalah sebuah perangkat yang mampu mendeteksi atau menerima cahaya yang ada di sekitar atau yang dipancarkan oleh Transmitter.



Gambar 2.6. LDR receiver

## 2. 5. METODE FUZZY

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelegant*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai-nilai. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai “benar” atau “salah”. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya : “sangat lambat”, “sedang”, “sangat cepat” dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya. Logika *fuzzy* menggunakan satu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan dengan menggunakan *statemen IF... THEN.* (Nazzala Tia Kumalasari, 2014)

Suatu himpunan *fuzzy* bisa didefinisikan berdasarkan variabel linguistik tertentu. Variabel linguistik didefinisikan sebagai : (Kusumadewi, 2004)

$$(u, T(u), U, R, S) \quad (2.8)$$

dengan  $U$  adalah nama variabel linguistik;  $T(u)$  adalah himpunan *term* (*linguistic value/linguistic label*) pada  $u$  dan masing-masing *term* didefinisikan dengan fungsi keanggotaan yang normal (mempunyai harga maksimum sama dengan 1) dan *convex* pada  $U$ ;  $R$  adalah aturan sintatik untuk menghasilkan nama nilai-nilai pada  $u$ ; dan  $S$  adalah aturan sematik untuk menghubungkan tiap nilai dengan artinya. Proses fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu

ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzyfikasi. Selanjutnya yaitu Pada umumnya, aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk “*IF...THEN*” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan  $R$ , juga disebut implikasi *fuzzy*. Dan tahapan yang terakhir adalah proses defuzzyfikasi. Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk *fuzzy*, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non fuzzy* melalui proses defuzzyfikasi.

### 2.5.1. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $f | A[x]$ , memiliki dua kemungkinan, yaitu : satu (1), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $f | A[x] = 0$  berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , demikian pula apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $f | A[x] = 1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$ .

Kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas terkadang menimbulkan kerancuan, karena memiliki nilai pada interval  $[0,1]$ , namun

interpretasi nilainya sangat berbeda. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu group yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : Muda, Parobaya, Tua.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 30,70,90.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami suatu sistem *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh : umur, temperature, permintaan, dsb.

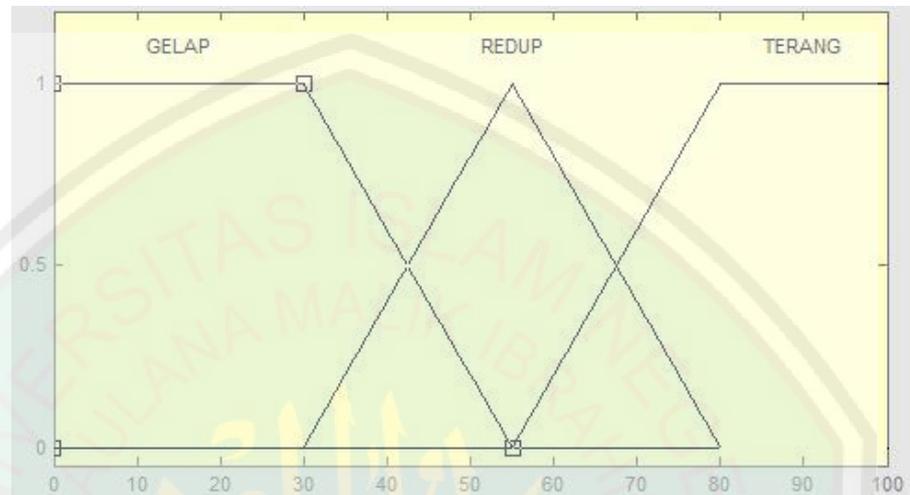
- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh :

- Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu:  
Muda,Parobaya,Tua

- Variabel intensitas cahaya, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu GELAP, REDUP DAN TERANG.



**Gambar 2.7.** Himpunan *fuzzy* pada variabel intensitas cahaya

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batasnya atasnya.

Contoh :

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $[0 + \infty]$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur :  $[0 40]$

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai dominan dapat berupa bilangan positif maupun negative. Contoh domain himpunan *fuzzy* :

- Gelap : [0-55]
- Redup : [30-80]
- Terang : [55-...]

### 2.5.2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang memiliki nilai interval antara 0 dan 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi.

Salah satu representasi fungsi keanggotaan dalam *fuzzy* yang akan dipakai adalah representasi kurva bentuk trapesium. Kurva yang bentuknya seperti trapezium.



**Gambar 2.8.** Representasi Kurva Bentuk Trapesium

Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

## 2. 6. METODE MAMDANI

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan : (Purnomo, 2004)

1. Pembentukan himpunan fuzzy
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
3. Komposisi aturan
4. Penegasan (defuzzy)

Dengan penjelasan sebagai berikut :

### 1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

### 2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

### 3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

#### a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilaimaksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$  dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

Misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK

THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR

THEN Produksi Barang NORMAL;

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN

THEN Produksi Barang BERKURANG;

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan

bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum

dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

#### 4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

a. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) daerah fuzzy.

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

c. Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.



## **BAB III**

### **ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

#### **3. 1. Analisis Dan Perancangan Sistem**

##### **3. 1. 1. Keterangan Umum**

System pengendali lampu PJU biasanya hanya menggunakan LDR sebagai sensor cahaya luar saja, yakni akan menghidupkan lampu pada saat keadaan sekitar gelap (senja atau malam) dan akan mematikan lampu jika keadaan sekitar terang (pagi atau siang). System kendali seperti ini bukan bertujuan untuk melakukan penghematan energy melainkan untuk mempermudah tugas / kerja manusia dalam mematikan dan menghidupkan lampu PJU sesuai jadwal. System ini akan tetap menghidupkan lampu secara berlebihan bahkan saat tidak ada pengguna jalan.

Untuk mengoptimalkan fungsi penghematan energi pada system kendali lampu PJU ini, kami menambahkan counter sebagai penghitung jumlah pengguna jalan. Kelebihan dari system kendali ini yaitu dalam segi fleksibilitas. System dapat beradaptasi menyesuaikan dari keadaan lingkungan sekitar. Tidak hanya dari cahaya luar melainkan juga dari jumlah pengguna jalan, sehingga system akan menyesuaikan penggunaan lampu PJU sesuai kebutuhan. jika pengguan sedikit maka energi yang akan dikeluarkan juga sedikit, begi tu juga sebaliknya. Hal ini akan sangat membantu dalam upaya penghematan energy terutama energi listrik.

### **3. 1. 2. Kebutuhan Perangkat Keras**

Beberapa komponen atau perangkat keras yang digunakan dalam membentuk system ini diantaranya :

1. Laptop / pc
2. Mikrokontroller ATMEGA328
3. Minimum system arduino UNO
4. Sensor cahaya LDR
5. Laser head LED
6. Rangkaian dimmer
7. Relay
8. Miniatur sebagai media untuk melakukan uji coba sistem.

### **3. 1. 3. Kebutuhan Perangkat Lunak**

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Arduino IDE

## **3. 2. Rancangan Sistem**

### **3. 2. 1. Keterangan Umum**

System pengendali lampu PJU inimerupakan sebuah system kendali cerdas yang mampu beradaptasi sesuai keadaan lingkungan sekitar. Pada system ini terdapat dua buah sensor yang digunakan untuk menangkap keadaan sekitar, sensor pertama yaitu LDR sebagai pembaca keadaan cahaya di sekitar (gelap - terang) dan sensor kedua adalah

kombinasi laser led – LDR sebagai counter yang berfungsi untuk menghitung jumlah pengguna jalan tersebut (sepi – ramai).

Sebagai otaknya, kami menggunakan mikrokontroler ATMEGA328. Mikrokontroler ini akan memproses data yang dihasilkan oleh kedua sensor yang kemudian digunakan untuk menentukan seberapa terang lampu PJU akan menyala serta seperti apa formasi yang akan digunakan.

System pengendali ini akan diujicobakan pada sebuah miniature yang merepresentasikan keadaan serta peletakan sensor – sensor sebagai input dan beberapa lampu PJU sebagai outputnya.

### 3. 2. 2. Desain Sistem

Pada system kendali lampu PJU ini terdapat beberapa sub system yang bekerja saling berkesinambungan. Beberapa subsistem tersebut di antaranya :

#### a. Desain Miniatur

Miniatur ini berfungsi untuk mempermudah presentasi serta pengujian system. Pada miniatur ini juga memiliki semua bagian dari system, termasuk jalan umum, sensor – sensor sebagai input, mikrokontroler sebagai pengendali dan lampu – lampu yang merepresentasikan lampu PJU, namun pada miniatur ini semua masih berbentuk replika atau bukan bentuk sebenarnya. Berikut gambar miniatur system pengendali lampu PJU :



Gambar 3.1. Desain Miniatur system pengendali lampu PJU

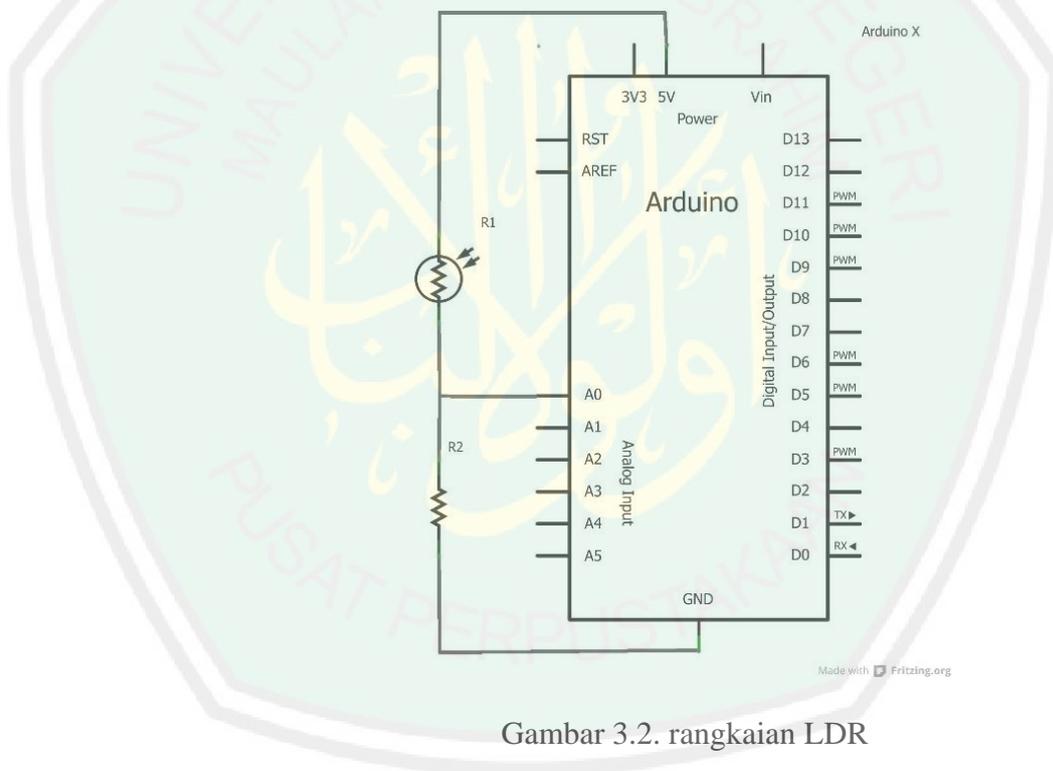
b. Desain input

Masukan dari system ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu :

- Sensor cahaya (LDR)

Sensor cahaya yang berfungsi untuk menangkap kondisi cahaya di luar system ini menggunakan LDR. Saat cahaya luar terang maka tahanan dari LDR tersebut akan berkurang, begitu juga sebaliknya.

Berikut rangkaian LDR dengan arduino :



Gambar 3.2. rangkaian LDR

- Counter (laser LED - LDR)

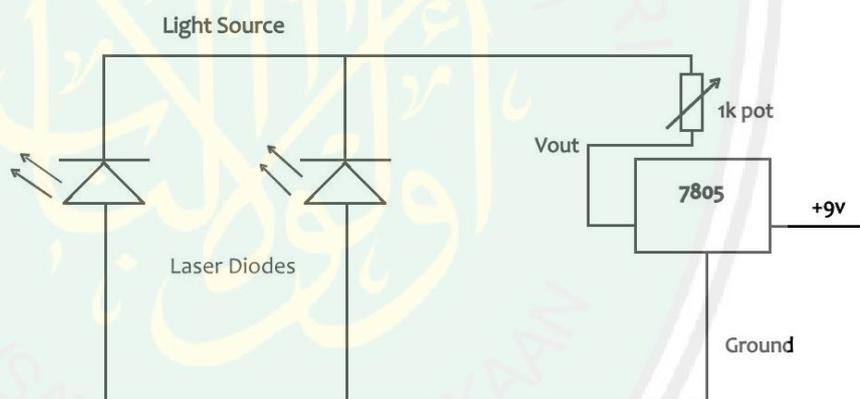
Rangkaian counter ini menggunakan dua komponen yaitu LDR sebagai receiver dan laser LED sebagai transmitter. Laser led akan diletakkan pada salah satu sisi jalan dan LDR pada sisi jalan yang lainnya. Jika ada benda yang melewati jalan maka cahaya dari

laser led akan terputus / tidak sampai pada LDR, pada saat itulah counter akan menghitungnya.

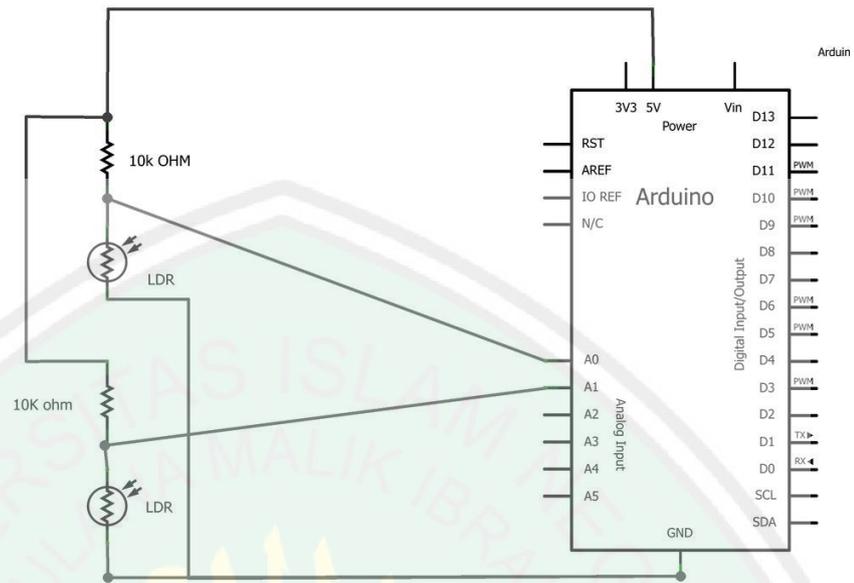


Gambar 3.3. desain pemasangan counter

Berikut rangkaian keduanya :



Gambar 3.4. rangkaian laser pointer (transmitter)



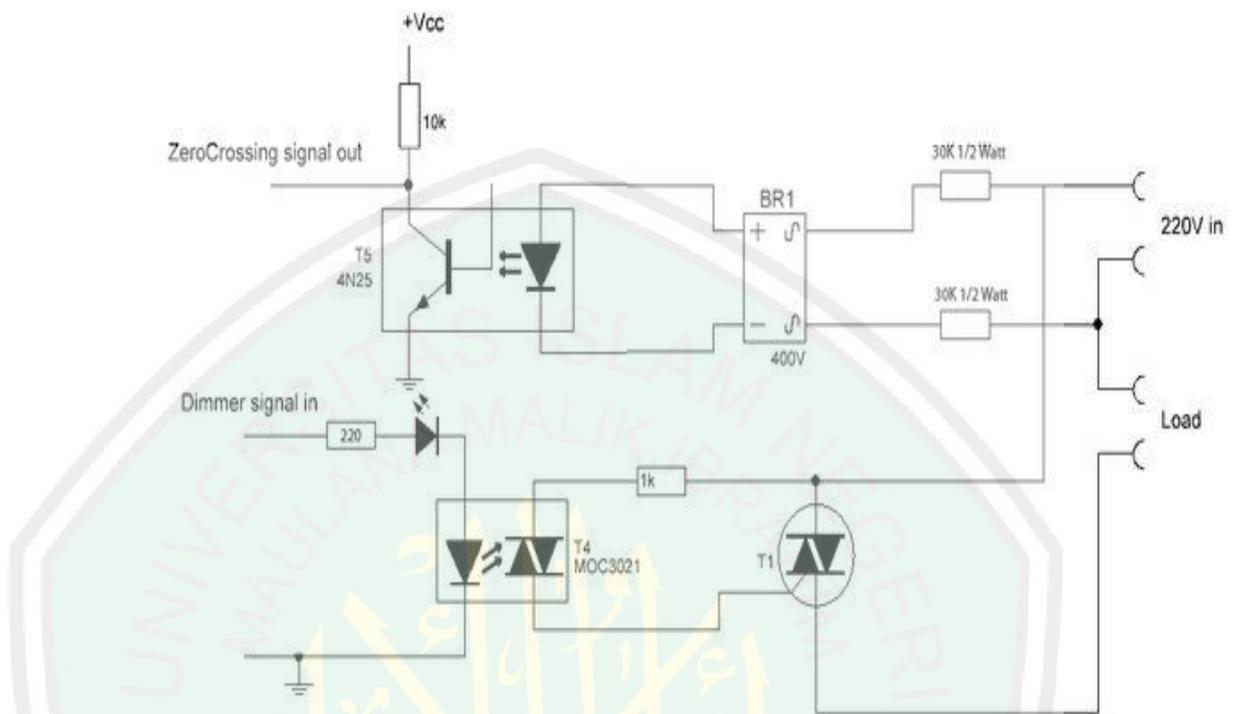
Gambar 3.5. rangkaian LDR (receiver)

c. Desain output

Output dari system pengendali lampu PJU ini adalah lampu PJU itu sendiri. Namun untuk menghubungkan antara lampu dan mikrokontroller agar supaya lampu PJU dapat dikendalikan intensitas cahaya yang dihasilkan serta formasi nyala lampunya maka kami menambahkan dua rangkaian diantara bagian proses dan output, yaitu :

- Rangkaian Dimmer

Rangkaian dimmer ini berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya yang akan dikeluarkan oleh lampu PJU. Pengendalian intensitas cahaya ini menggunakan triac sebagai pengatur arus yang akan digunakan oleh lampu. Berikut gambar rangkaian dimmer yang kami gunakan :



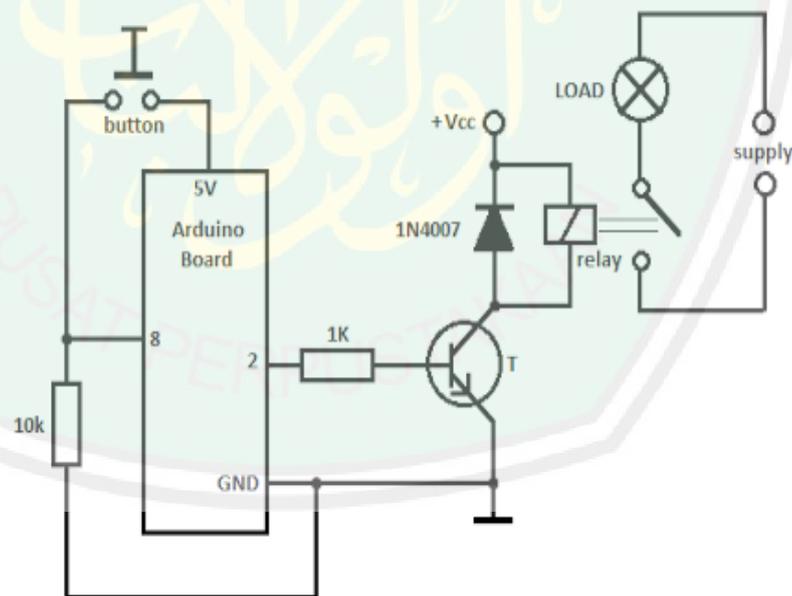
Gambar 3.6. rangkaian dimmer

Prinsip kerja rangkaian dimmer : Driver dimmer (PWM Dimmer) akan difungsikan untuk meredup-terangkan lampu pijar pada simulator, ketika menerima logika 1 dari Arduino, driver akan memberikan tegangan positif ke optocoupler sehingga optocoupler akan bekerja, maka lampu pijar akan redup, ini diakibatkan gerbang pada mosfet tertahan. Untuk membuka gerbang pada mosfet tersebut harus ada pengaturan dari optocoupler yang menerima sinyal PWM (pulse width modulation) yang diatur oleh Arduino. Ketika ada pengaturan PWM dari Arduino, driver akan memberikan tegangan positif perlahan ke optocoupler sehingga optocoupler akan mengkopling gerbang mosfet secara perlahan

pula maka lampu pijar akan menyala dari redup ke terang seiring penerimaan kopling dari optocoupler.

#### - Formasi Lampu

Selain mengendalikan intensitas cahaya, system ini juga mengendalikan formasi lampu yang akan menyala sesuai dengan keadaan sekitar. Pengaturan ini menggunakan relay sebagai penghubung antara mikrokontrol dengan lampu. Penggunaan relay ini dikarenakan adanya abtas maksimum dari arus yang dapat dihasilkan oleh mikrokontroller itu sendiri yaitu  $\pm 200\text{mA}$ . Berikut gambar rangkaian relay yang kami gunakan :



Gambar 3.7. rangkaian relay

Prinsip kerja rangkaian relay : pada saat pin 2 pada arduino bernilai 0/LOW maka basis pada transistor tidak akan ter-trigger, sehingga relay tidak mendapatkan ground untuk mengaktifkan induktornya.

Kemudian jika pin 2 pada arduino bernilai 1 / HIGH, maka basis pada transistor akan ter-trigger sehingga relay akan terhubung dengan ground untuk mengaktifkan induktornya.

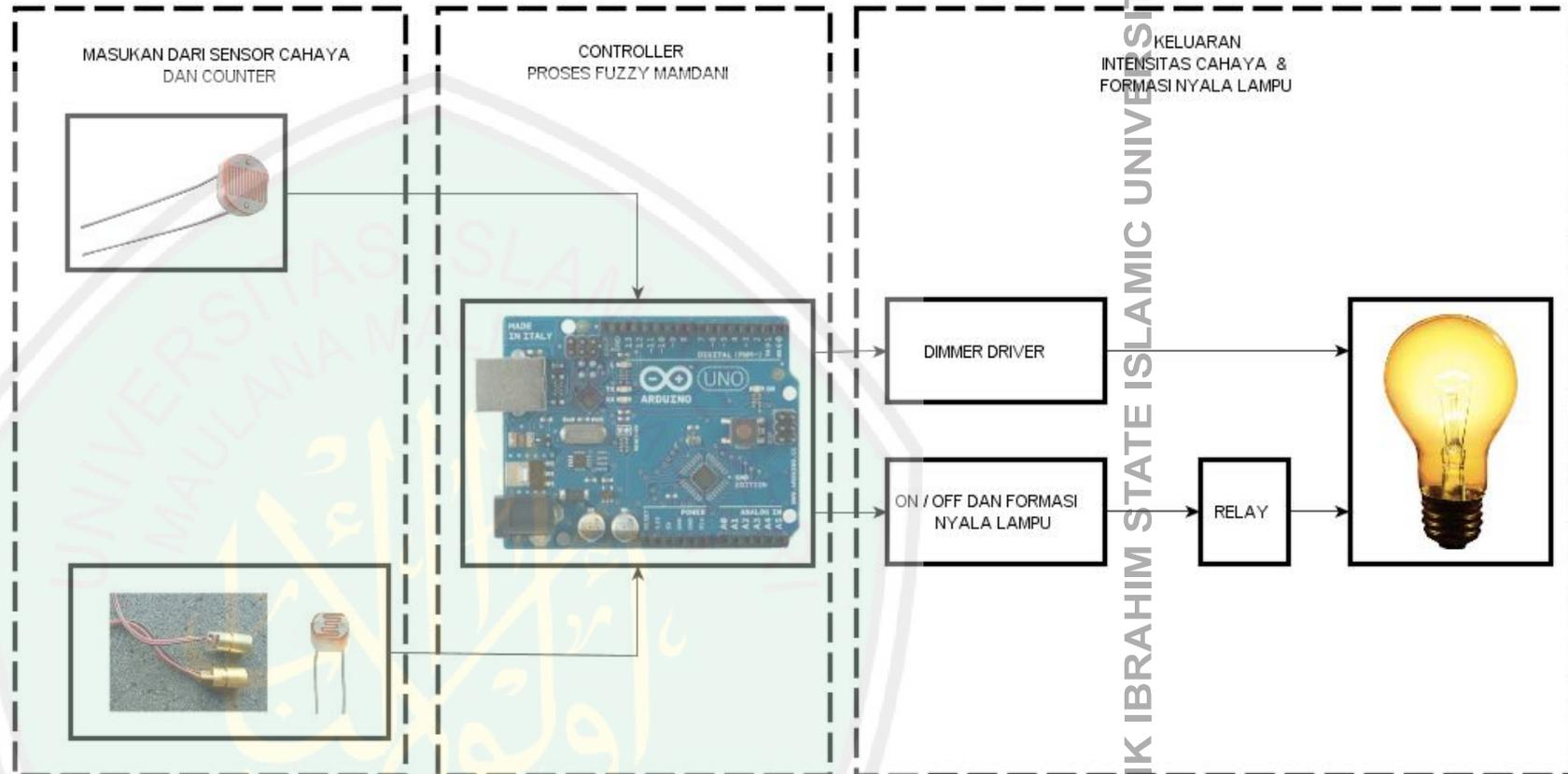
d. Desain proses

Untuk pengendalinya kami menggunakan mikrokontroller TMEGA328 sebagai otaknya. Pada mikrokontroller inilah semua data – data dari bagian input akan dikumpulkan dan diproses sehingga dapat menghasilkan nilai yang nantinya akan digunakan untuk mengatur nilai output.

Untuk mempermudah proses pemrograman, kami menggunakan minimum system arduino. Kami menggunakan minimum system arduino dikarenakan kemudahan dalam proses pemrograman. Berikut design dari minimum system arduino :

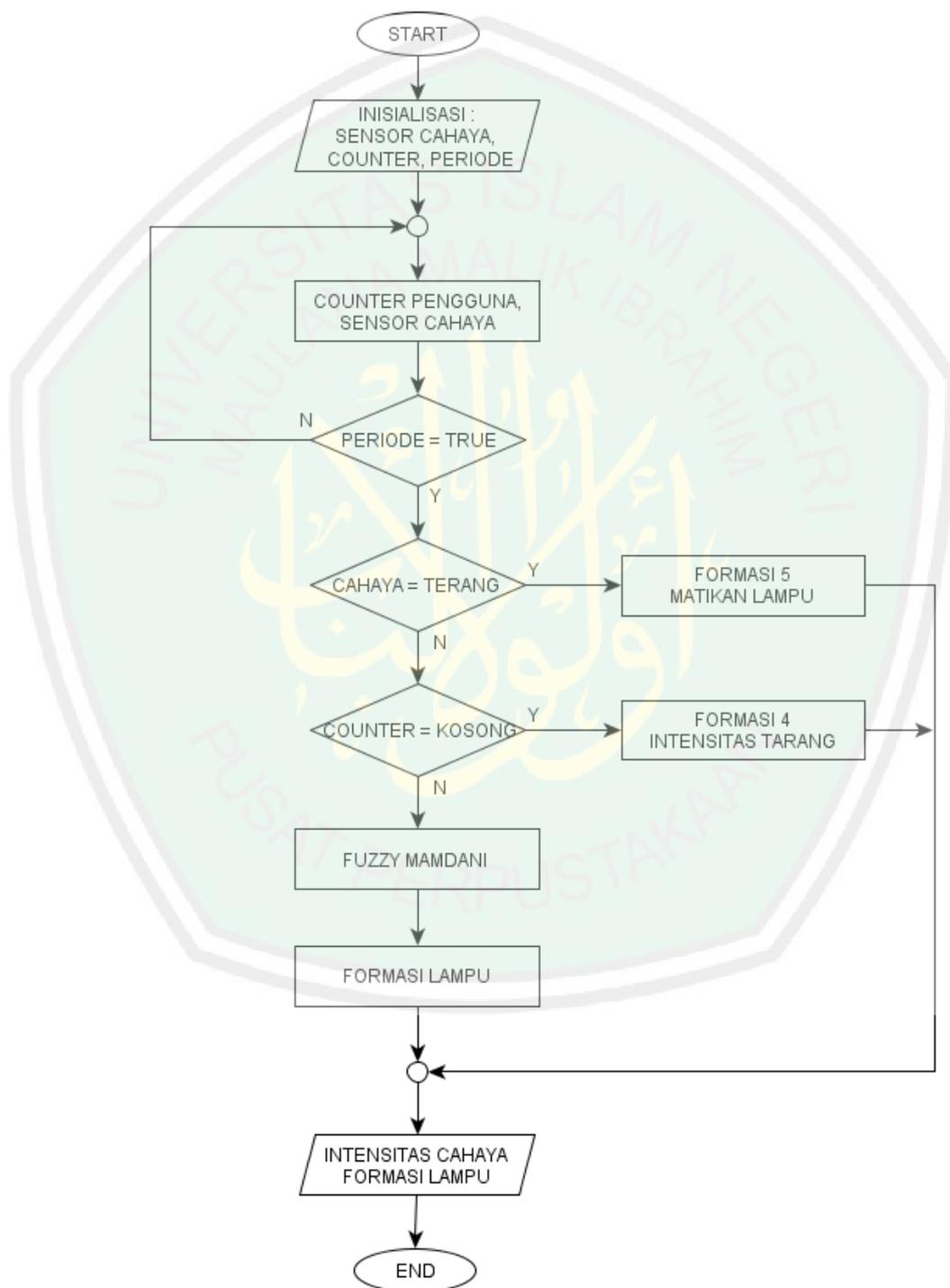


### 3. 2. 3. Blok Diagram Sistem



Gambar 3.9. blok diagram system

3.3. Flowchart System



Gambar 3.10. Flowchart system

### 3. 4. Prinsip Kerja System

System pengendali lampu PJU ini menggunakan masukan dua buah sensor sebagai masukan, yaitu sensor cahaya (LDR) dan counter untuk menghitung jumlah pengguna jalan. Sensor LDR (Light Dependent Resistor) menangkap perubahan kondisi pencahayaan dari luar sebagai trigger / pemicunya. Semakin terang cahaya yang ia terima maka tahanan / resistansi dari LDR akan berkurang / mengecil dan semakin redup cahaya yang ia terima maka resistansinya akan bertambah. Masukan kedua yaitu counter yang berfungsi untuk menghitung jumlah pengguna jalan. Sensor ini terdiri dari transmitter dan receiver. Transmitter atau pengirim sinyal akan diletakkan pada bahu jalan dan receiver atau penerima sinyal akan diletakkan pada bahu jalan lainnya. Penempatan posisi antara transmitter dan receiver harus sejajar agar proses penerimaan sinyal oleh receiver dapat dibaca dengan baik. Setiap ada pengguna jalan atau benda yang menghalangi pengiriman sinyal dari transmitter dan receiver maka receiver akan mengirim data ke mikrokontroller sebagai counter.

Pada proses pengaplikasiannya, system ini membutuhkan rule atau aturan bagaimana system akan beradaptasi sesuai perubahan lingkungan sekitar. Berikut aturan – aturan dari system pengendali lampu PJU ini :

- A = masukan cahaya dengan dengan himpunan fuzzy gelap, redup dan terang
- B = masukan kepadatan pengguna jalan dengan himpunan fuzzy kosong, sepi, sedang, dan ramai.
- C = keluaran system yaitu intensitas cahaya yang dihasilkan lampu
- D = keluaran system yaitu formasi nyala lampu. Pada system ini ada beberapa formasi nyala lampu :

1=11111111

2=11011011

3=10101010

4=00100100

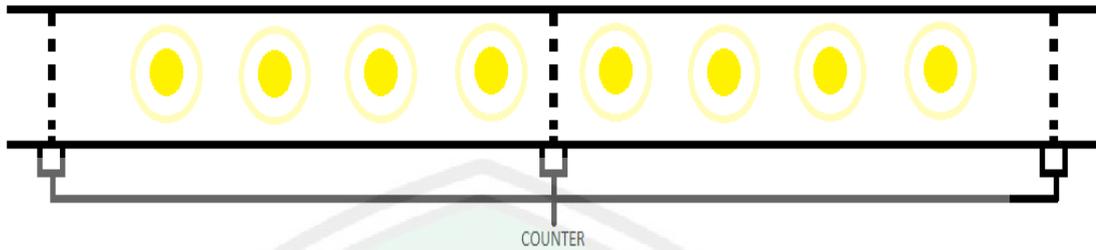
5=00000000

Table 3.1. Aturan kerja sistem

INPUT		OUTPUT	
A	B	C	D
TERANG	-	-	5
REDUP	KOSONG	REDUP	4
REDUP	SEPI	REDUP	4
REDUP	SEDANG	REDUP	3
REDUP	RAMAI	TERANG	3
GELAP	KOSONG	REDUP	4
GELAP	SEPI	REDUP	3
GELAP	SEDANG	TERANG	2
GELAP	RAMAI	TERANG	1

System ini mendukung mode standby, yakni jika pada beberapa waktu tidak ada pengguna jalan yang melintasi jalan tersebut maka system akan berpindah ke mode standby. Mode standby yaitu mode dimana proses penghematan daya pada tingkat maksimum yakni dengan mengurangi lampu yang nyala dan meminimalkan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu. Mode standby ini akan berhenti atau kembali ke mode yang dibutuhkan jika sensor mendeteksi adanya pengguna jalan yang melintas.

berikut gambaran awal penempatan counter yang digunakan untuk menghitung pengguna jalan :



Gambar 3.11. penempatan counter

### 3. 5. Optimasi Menggunakan Fuzzy Mamdani

Lampu PJU (Penerangan Jalan Umum) akan dikendalikan secara otomatis oleh controller. Dalam hal ini controller akan menggunakan metode fuzzy mamdani sebagai system untuk pengambilan keputusan terhadap lampu – lampu yang ada berdasar pada sensor – sensor yang tersedia.

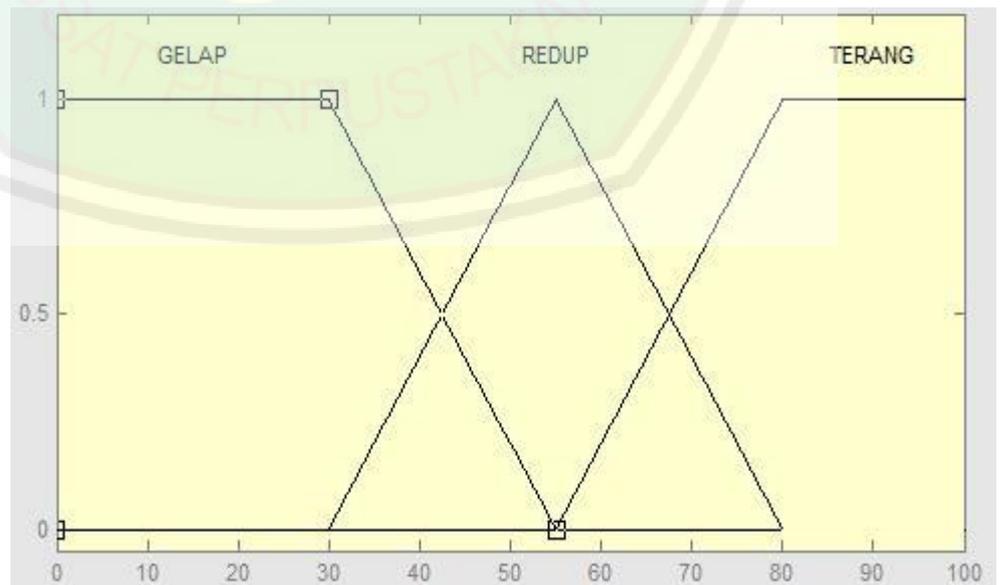
Pengambilan keputusan terhadap keadaan nyala / mati lampu ini diambil dengan proses perhitungan fuzzy mamdani sebagai berikut :

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Metode fuzzy mamdani ini menggunakan dua variable, yaitu :

- Intensitas cahaya

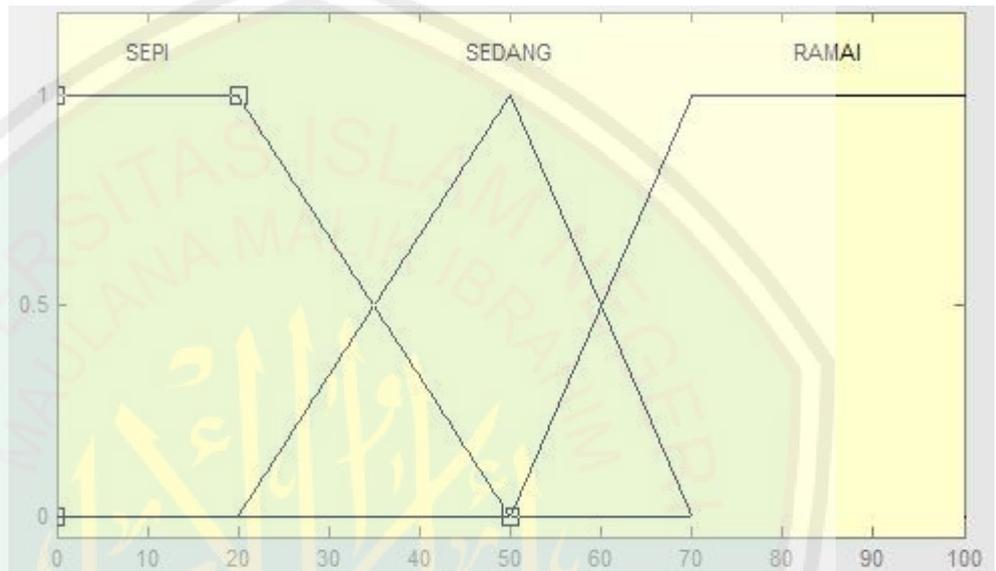
Variable intensitas cahaya dibagi menjadi beberapa himpunan fuzzy:



Gambar 3.12. himpunan fuzzy intensitas cahaya

- Frekuensi keramaian

Variable frekuensi keramaian dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu sepi, sedang dan ramai.



Gambar 3.13. himpunan fuzzy frekuensi keramaian

## 2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ AND } y \text{ is } B \text{ THEN } z \text{ is } C$$

Pada perhitungan mamdani menggunakan Min (minimum). Fungsi ini akan memotong output himpunan fuzzy. Rule atau aturan pada system ini seperti telah dituliskan pada table 3.1 yaitu :

- jika CAHAYA LUAR TERANG maka LAMPU MATI
- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAAN SEPI maka INTENSITAS REDUP
- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAAN SEDANG maka INTENSITAS REDUP
- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAAN RAMAI maka INTENSITAS TERANG

- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAAN SEPI maka INTENSITAS REDUP
- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAAN SEDANG maka INTENSITAS TERANG
- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAAN RAMAI maka INTENSITAS TERANG.

Dari beberapa rule di atas, akan dilakukan proses aplikasi fungsi implikasi pada data masukan system. Kita umpamakan masukan system adalah

- INTENSITAS CAHAYA = 45; KERAMAIAAN = 32

Langkah pertama yaitu menentukan nilai keanggotaan dari masing – masing masukan menggunakan rumus

$$k_{up} = ( k_{max} - x ) / ( k_{max} - k_{min} )$$

$$k_{down} = ( x - k_{min} ) / ( k_{max} - k_{min} )$$

menggunakan kedua rumus di atas untuk menentukan derajat keanggotaan masing – masing masukan.

- Derajat keanggotaan intensitas cahaya

$$\begin{aligned} k_{gelap} &= ( 55 - 45 ) / ( 55 - 30 ) \\ &= 10 / 25 \\ &= \underline{0,4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{redup} &= ( 45 - 30 ) / ( 55 - 30 ) \\ &= 15 / 25 \\ &= \underline{0,6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{terang} &= ( 45 - 55 ) / ( 80 - 55 ) \\ &= -10 / 25 \\ &= \underline{< 0 -> 0} \end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan keramaian

$$\begin{aligned} k_{sepi} &= ( 50 - 32 ) / ( 50 - 20 ) \\ &= 18 / 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \underline{0,6} \\
 k_{\text{sedang}} &= (32 - 20) / (50 - 20) \\
 &= 12 / 30 \\
 &= \underline{0,4} \\
 k_{\text{ramai}} &= (32 - 50) / (70 - 50) \\
 &= -18 / 20 \\
 &= \underline{< 0 -> 0}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui semua derajat keanggotaan, kemudian dilakukan proses aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode MIN dari masing – masing rule / aturan.

- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAN SEPI maka INTENSITAS REDUP

$$\text{MIN}(0,6 ; 0,6) = 0,6$$

- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAN SEDANG maka INTENSITAS REDUP

$$\text{MIN}(0,6 ; 0,4) = 0,4$$

- jika CAHAYA LUAR REDUP dan KERAMAIAN RAMAI maka INTENSITAS TERANG

$$\text{MIN}(0,6 ; 0) = 0$$

- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAN SEPI maka INTENSITAS REDUP

$$\text{MIN}(0,4 ; 0,6) = 0,4$$

- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAN SEDANG maka INTENSITAS TERANG

$$\text{MIN}(0,4 ; 0,4) = 0,4$$

- jika CAHAYA LUAR GELAP dan KERAMAIAN RAMAI maka INTENSITAS TERANG.

$$\text{MIN}(0,4 ; 0) = 0$$

### 3. Komposisi aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasil dari aplikasi fungsi implikasi adalah sebagai berikut :

- $R1 = 0,6$
- $R2 = 0,4$
- $R3 = 0$
- $R4 = 0,4$
- $R5 = 0,4$
- $R6 = 0$

Dari hasil tersebut, rule atau aturan dikelompokkan berdasarkan keanggotaan (REDUP, TERANG) hasil / outputnya. Lalu dipilih menggunakan metode MAX dari masing – masing kelompok.

- Mencari derajat keanggotaan aturan pada output

$$y1 = \text{MAX}(R1, R2, R4)$$

$$y2 = \text{MAX}(R3, R5, R6)$$

- $y1 = \text{MAX}(0.6, 0.4, 0.4)$

$$\underline{\mathbf{y1 = 0.6}}$$

- $y2 = \text{MAX}(0, 0.4, 0)$

$$\underline{\mathbf{y2 = 0.4}}$$

- Mencari batas – batas area pada output

$$a1 = (y1 * (\text{output\_max} - \text{output\_min})) + \text{output\_min}$$

$$a2 = (y2 * (\text{output\_max} - \text{output\_min})) + \text{output\_min}$$

- $a1 = (0.6 * (200 - 110)) + 110$

$$a1 = (0.6 * 90) + 110$$

$$a1 = 54 + 110$$

$$\underline{\mathbf{a1 = 164}}$$

- $a2 = (0.4 * (200 - 110)) + 110$

$$a2 = (0.4 * 90) + 110$$

$$a2 = 36 + 110$$

$$\underline{\mathbf{a2 = 146}}$$

dari perhitungan batas area, dapat diketahui bahwa hasil berada pada daerah :

$$\mu|z| = \begin{cases} y1, & z \leq a2 \\ \frac{(z - output_{min})}{(output_{max} - output_{min})}, & a2 \leq z \leq a1 \\ y2, & z \geq a1 \end{cases}$$

$$\mu|z| = \begin{cases} 0.6, & z \leq 146 \\ \frac{(z - 110)}{(200 - 110)}, & 146 \leq z \leq 164 \\ 0.4, & z \geq 164 \end{cases}$$

#### 4. Penegasan (defuzzy)

Metode penegasan yang akan kita gunakan adalah metode centroid.

Berikut langkah – langkah proses perhitungannya :

- Menghitung moment tiap – tiap area

$$M1 = \int_0^{a2} (y1)z dz$$

$$M2 = \int_{a2}^{a1} \left( \frac{(z - output_{min})}{(output_{max} - output_{min})} \right) z dz$$

$$M3 = \int_{a1}^{max} (y2)z dz$$

- $M1 = \int_0^{a2} (y1)z dz$

$$M1 = \int_0^{146} (0.6) * \frac{1}{2} z^2$$

$$M1 = \int_0^{146} (0.3) * z^2$$

$$M1 = (0.3 * 146^2) - (0.3 * 0^2)$$

$$M1 = 6394,8 - 0$$

$$\underline{\underline{M1 = 6394,8}}$$

- $M2 = \int_{a2}^{a1} \left( \frac{(z - \text{output}_{\min})}{(\text{output}_{\max} - \text{output}_{\min})} \right) z dz$

$$M2 = \int_{146}^{164} \left( \frac{(z - 110)}{(200 - 110)} \right) z dz$$

$$M2 = \int_{146}^{164} \left( \frac{(z - 110)}{(90)} \right) * \frac{1}{2} z^2$$

$$M2 = \int_{146}^{164} \left( \frac{(z - 110)}{180} \right) * z^2$$

$$M2 = \int_{146}^{164} \left( \frac{z^3 - 110z^2}{180} \right)$$

$$M2 = \left( \frac{164^3 - (110 * 164^2)}{180} \right) - \left( \frac{146^3 - (110 * 146^2)}{180} \right)$$

$$M2 = 8068,8 - 4263.2$$

$$\underline{\mathbf{M2 = 3805.6}}$$

- $M3 = \int_{a1}^{max} (y2)z dz$

$$M3 = \int_{164}^{255} (0.4) * \frac{1}{2} z^2$$

$$M3 = \int_{164}^{255} (0.2) * z^2$$

$$M3 = (0.2 * 255^2) - (0.2 * 164^2)$$

$$M3 = 13005 - 5379.2$$

$$\underline{\mathbf{M3 = 7625.8}}$$

- Menghitung luas masing – masing area

$$L1 = a2 * y1$$

$$L2 = (y1 + y2) * (a1 - a2) / 2$$

$$L3 = (output\_max - a1) * (y2)$$

- $L1 = a2 * y1$

$$L1 = 146 * 0.6$$

$$\underline{\mathbf{L1 = 87.6}}$$

- $L2 = (y1 + y2) * (a1 - a2) / 2$

$$L2 = (0.6 + 0.4) * (164 - 146) / 2$$

$$L2 = (1 * 18) / 2$$

$$\underline{\mathbf{L2 = 9}}$$

- $L3 = (\text{output\_max} - a1) * (y2)$

$$L3 = (255 - 164) * (0.4)$$

$$\underline{L3 = 36.4}$$

- Menghitung nilai crisp dari intensitas cahaya lampu

Langkah terakhir yaitu menghitung nilai crisp yang dihasilkan dari proses fuzzy mamdani, yaitu dengan cara membagi jumlah semua moment dibagi jumlah semua luas area.

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^n M}{\sum_{k=1}^n L}$$

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^n M}{\sum_{k=1}^n L}$$

$$z = \frac{6394.8 + 3805.6 + 7625.8}{87.6 + 9 + 36.4}$$

$$z = \frac{17826.2}{133}$$

$$\underline{z = 134}$$

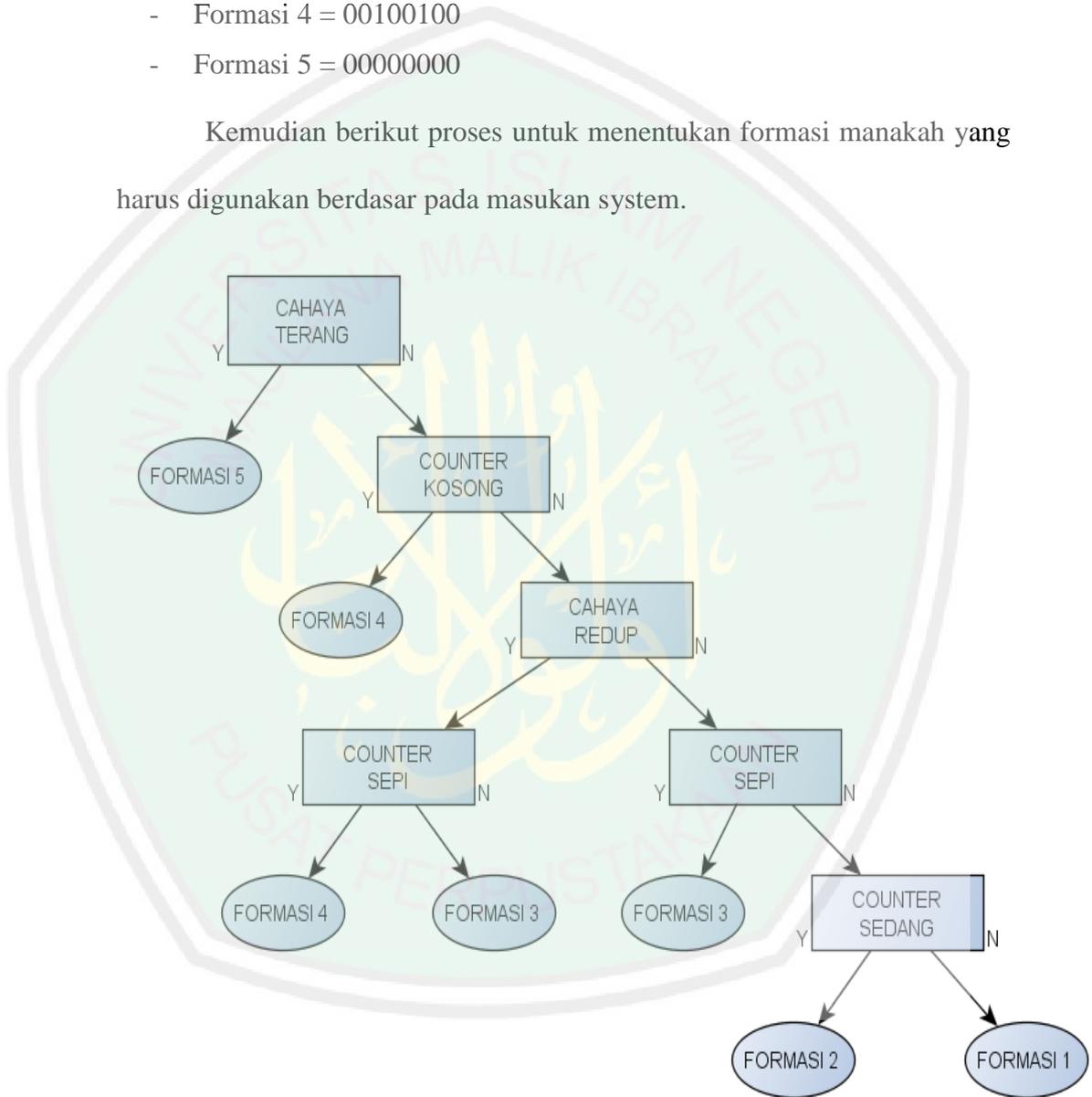
Jadi intensitas cahaya lampu yang harus dikeluarkan adalah **134** pada range 0 - 255

### 3. 6. Menentukan Formasi Lampu

Kelebihan dari system ini dengan yang lain adalah adanya control formasi nyala lampu untuk lebih mengoptimalkan efisiensi dari penggunaan lampu (energi). Terdapat lima bentuk formasi nyala lampu yang dapat dikerjakan system berdasar pada masukan intensitas cahaya serta keramaian pengguna jalan. Berikut lima formasinya :

- Formasi 1 = 11111111
- Formasi 2 = 11011011
- Formasi 3 = 10101010
- Formasi 4 = 00100100
- Formasi 5 = 00000000

Kemudian berikut proses untuk menentukan formasi manakah yang harus digunakan berdasar pada masukan system.



Gambar 3.14. Penentuan formasi nyala lampu

## **BAB IV**

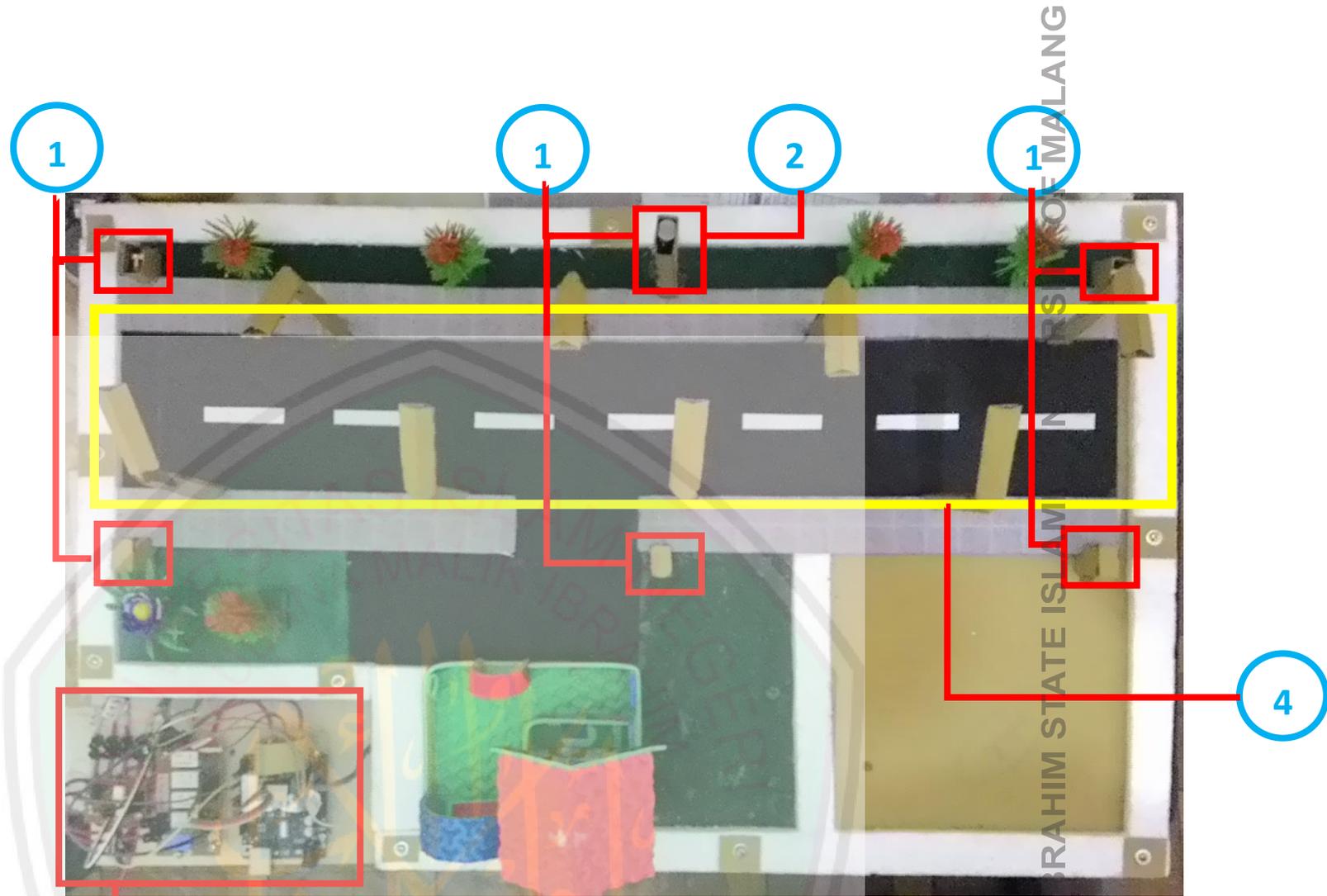
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai implemementasi dari hasil perancangan system serta perangkat keras (rangkaian kendali) yang telah dibuat, berikut penjelasan dari implementasinya.

#### **4. 1. Implementasi Desain Miniatur**

Pada desain miniatur menjelaskan seperti apa bentuk miniature serta penentuan posisi – posisi dari masing - masing bagian. Penempatan posisi masing – masing bagian akan sangat mempengaruhi proses kerja system, selain itu juga akan membantu melakukan penghematan kabel pada proses pengkabelan atau wiring. Selain itu bagian input counter sangat bergantung pada peletakan posisi antara transmitter dan receiver, jika antara keduanya tidak sejajar maka counter tidak akan bekerja dengan maksimal.

Bagian lain yang membutuhkan penempatan posisi dengan benar adalah input sensor cahaya / LDR. Diusahakan sebisa mungkin penampang LDR tidak terhalang apapun dari datangnya sinar (matahari) dan harus tidak ada gangguan dari sumber cahaya lampu PJU itu sendiri, hal ini berarti sensor cahaya (LDR) harus berada pada posisi yang lebih tinggi dari lampu PJU itu sendiri. Berikut gambar miniature beserta penempatan bagian – bagiannya :



Gambar 4.1. Miniatur

3

- 1 = Input laser (counter)
- 2 = Input LDR (cahaya luar)

4

- 3 = Proses / control
- 4 = Output / lampu PJU

## 4. 2. Implementasi Desain Sistem

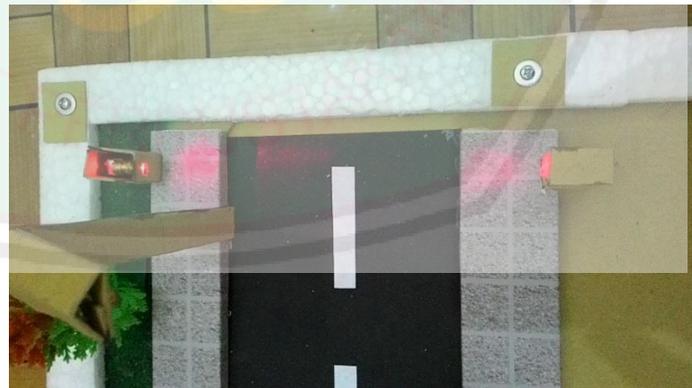
### 4. 2. 1. Masukan / Input

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa masukan dari system ini ada dua, yaitu counter sebagai penghitung pengguna jalan dan LDR sebagai sensor cahaya. Berikut gambaran lebih detail dari perangkat tersebut :

- Counter



Gambar 4.2. counter 2 saat aktif



Gambar 4.3. counter 3 saat aktif

- LDR



Gambar 4.4. pemasangan LDR

#### 4. 2. 2. Controller / Proses

Controller / bagian proses kami menggunakan IC microcontroller ATMEGA 328 dengan Arduino UNO sebagai minimum sistemnya.



Gambar 4.5. microcontroller beserta minimum sistemnya

Pada gambar di atas, saya menambahkan satu rangkaian regulator sebagai sumber tegangan bagi minimum system. Selain itu

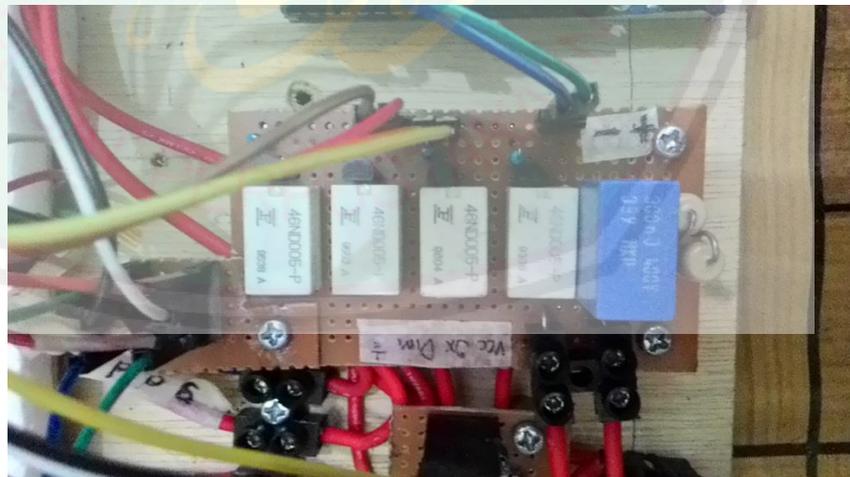
regulator ini juga berfungsi untuk mensuply tegangan untuk laser (input device).

#### 4. 2. 3. Keluaran / Output

Untuk output device / keluaran system kami menggunakan dua rangkaian tambahan sebagai penghubung antara mikrokontrol dengan lampu PJU.

##### - Relay Driver

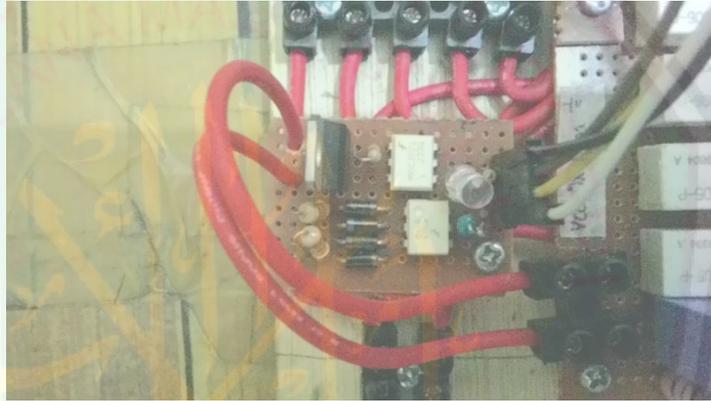
Rangkaian relay driver berfungsi untuk menangani penentuan formasi nyala lampu. Penggunaan relay disini dikarenakan mikrokontroller / minimum system tidak mampu menghandle beban yang berlebih, kapasitas maksimum dari arus yang dapat dikeluarkan oleh minimum system  $\pm 200\text{mA}$ . Berikut gambar rangkaian relay driver :



Gambar 4.6. Relay driver

- Dimmer Driver

Dimmer adalah sebuah rangkaian untuk mengatur tegangan yang masuk pada beban. Rangkaian dimmer ini menggunakan triac sebagai perangkat utamanya. Penghubung antara microcontroller dengan triac ini adalah photo-transistor MOC3021. Berikut gambar rangkaian dimmer drivernya :



Gambar 4.7. dimmer driver

Rangkaian dimmer ini menggunakan tegangan jala – jala (AC 220V), sehingga akan sangat berbahaya jika kita menyentuh bagian terbuka rangkaian ini secara langsung.



Gambar 4.8. rangkaian menggunakan teg 220V/AC

### 4.3. Implementasi Fuzzy Mamdani

Pada system kendali ini implementasi metode fuzzy mamdani digunakan untuk menemukan nilai optimasi dari intensitas cahaya lampuPJU yang harus dihasilkan sehingga sesuai dengan kebutuhan lingkungan sekitar.

#### 4.3.1. Penanganan Masukan

```
int baca_ldr(int a){
  a = analogRead(a)/10.23;
  a = (a-100)*(-1);
  return a;
}

void baca_counter(){
  int a = analogRead(ctr_2);
  if(help==true){
    if(a<500){
      penghitung = penghitung + 1;
      Serial.print("jumlah pengguna jalan :
");
      Serial.println(penghitung);
      help=false;
    }
  }else{
    if(a>500){
      help=true;
    }
  }
}
```

### 4.3.2. Menghitung Nilai Keanggotaan

Jika nilai masukan didapat, kemudian nilai tersebut diproses oleh metode fuzzy mamdani. Proses pertama yaitu menghitung nilai keanggotaan masing – masing masukan. berikut listing kode nya :

```
//menentukan nilai keanggotaan intensitas cahaya
if(intensitas<intens_med){
    if(intensitas<=intens_min){
        intensitas_gelap=1;
    }else{
        intensitas_gelap=(intens_med-
intensitas)/(intens_med-intens_min);
        intensitas_redup=(intensitas-
intens_min)/(intens_med-intens_min);
    }

}else if(intensitas == intens_med){
    intensitas_redup=1;

}else if(intensitas>intens_med){
    if(intensitas>=intens_max){
        intensitas_terang = 1;
    }else{
        intensitas_redup=(intens_max-
intensitas)/(intens_max-intens_med);
        intensitas_terang=(intensitas-
intens_med)/(intens_max-intens_med);
    }
}
}
```

```

//menentukan nilai keanggotaan counter pengguna
jalan
if (pengguna < count_med) {
    if (pengguna <= count_min) {
        counter_sepi = 1;
    } else {
        counter_sepi = (count_med - pengguna) / (count_med -
count_min);
        counter_sedang = (pengguna - count_min) / (count_med -
count_min);
    }

} else if (pengguna == count_med) {
    counter_sedang = 1;
} else if (pengguna > count_med) {
    if (pengguna >= count_max) {
        counter_ramai = 1;
    } else {
        counter_sedang = (count_max - pengguna) / (count_max -
count_med);
        counter_ramai = (pengguna - count_med) / (count_max -
count_med);
    }
}
}

```

Proses diatas akan menghasilkan beberapa nilai keanggotaan dari masing – masing input (counter\_sepi, counter\_sedang, counter\_ramai intensitas\_gelap, dsb).

### 4.3.3. Aplikasi Fungsi Implikasi

Proses aplikasi fungsi implikasi ini menggunakan metode MIN untuk menentukan nilai maksimum keluaran dari atura – aturan yang telah dibentuk. Berikut listing kode nya :

```
// aturan 1
if(intensitas_redup<=counter_sepi){
    rule[0]=intensitas_redup;
}else{
    rule[0]=counter_sepi;
}
// aturan 2
if(intensitas_redup<=counter_sedang){
    rule[1]=intensitas_redup;
}else{
    rule[1]=counter_sedang;
}
// aturan 3
if(intensitas_redup<=counter_ramai){
    rule[2]=intensitas_redup;
}else{
    rule[2]=counter_ramai;
}
// aturan 4
if(intensitas_gelap<=counter_sepi){
    rule[3]=intensitas_gelap;
}else{
    rule[3]=counter_sepi;
}
```

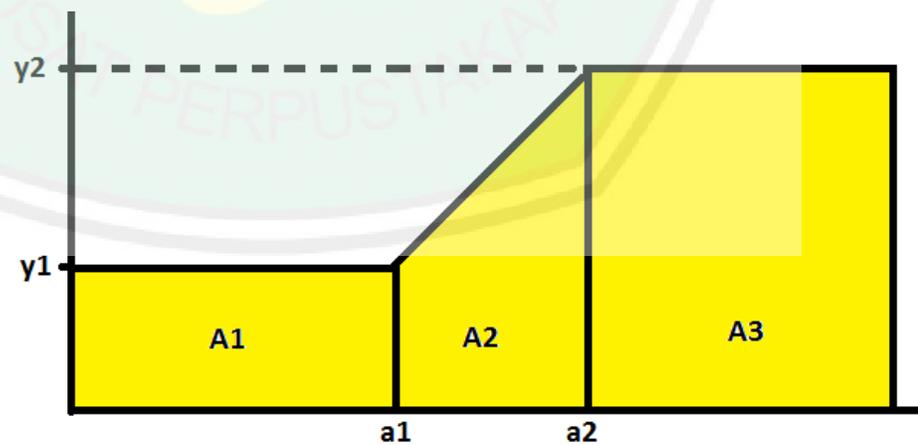
```

// aturan 5
if(intensitas_gelap<=counter_sedang) {
    rule[4]=intensitas_gelap;
}else{
    rule[4]=counter_sedang;
}
// aturan 6
if(intensitas_gelap<=counter_ramai) {
    rule[5]=intensitas_gelap;
}else{
    rule[5]=counter_ramai;
}

```

#### 4.3.4. Komposisi Aturan

Langkah ketiga yaitu komposisi aturan menggunakan metode MAX. pada tahap ini aturan – aturan yang telah dibentuk dikelompokkan berdasarkan keluaran yang ada (REDUP, TERANG). Kemudian dicari nilai fungsi implikasi maksimum dari kedua kelompok tersebut.



Gambar 4.9. daerah hasil fuzzy

```

y1=max(rule[0],rule[1]);
y1=max(y1,rule[3]);

y2=max(rule[2],rule[4]);
y2=max(y2,rule[5]);

```

Dari proses diatas akan didapat y1 dan y2 sebagai hasil maksimum dari kedua kelompok berdasarkan keluarannya. Dari y1 dan y2 tersebut dapat dicari nilai a1 dan a2 sebagai batas dari masing – masing area tersebut :

```

// menghitung batas area
a1=(y1*(lamp_max-lamp_min))+lamp_min;
a2=(y2*(lamp_max-lamp_min))+lamp_min;
float help;
if(a1>a2){
    help=a2;
    a2=a1;
    a1=help;
}

```

#### 4.3.5. Penegasan / Defuzzyfikasi

Proses terakhir yaitu penegasan (defuzzyfikasi). Proses ini bertujuan untuk menentukan nilai crisp. Proses penegasan ini emnggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai crisp. Nilai crisp ini nantinya akan digunakan untuk menentukan intensitas cahaya yang akan dihasilkan oleh lampu. Pada tahap penegasan ada dua hal yang harus di cari :

- Nilai moment

```
// mencari nilai moment
m1=y1*0.5;
m1=(m1*pow(a1,2))-(m1*pow(55,2));

float a=lamp_max-lamp_min;
float m2_a=(pow(a2,3)-(55*pow(a2,2)))/290;
float m2_b=(pow(a1,3)-(55*pow(a1,2)))/290;
m2=m2_a-m2_b;

m3=y2*0.5;
m3=(m3*(pow(255,2)))-(m3*(pow(a2,2)));
```

- Luas area hasil

```
// menghitung luar area
luas1=a1*y1;
luas2=((y1+y2)*(a2-a1))/2;
luas3=y2*(255-a2);
```

Setelah kedua nilai tersebut didapat kita dapat menghitung nilai crisp untuk hasil akhirnya dengan mencari titik pusatnya. Berikut listing kodenya :

```
// menghitung titik pusat atau nilai crisp
fuzzy_hasil=(m1+m2+m3)/(luas1+luas2+luas3);
```

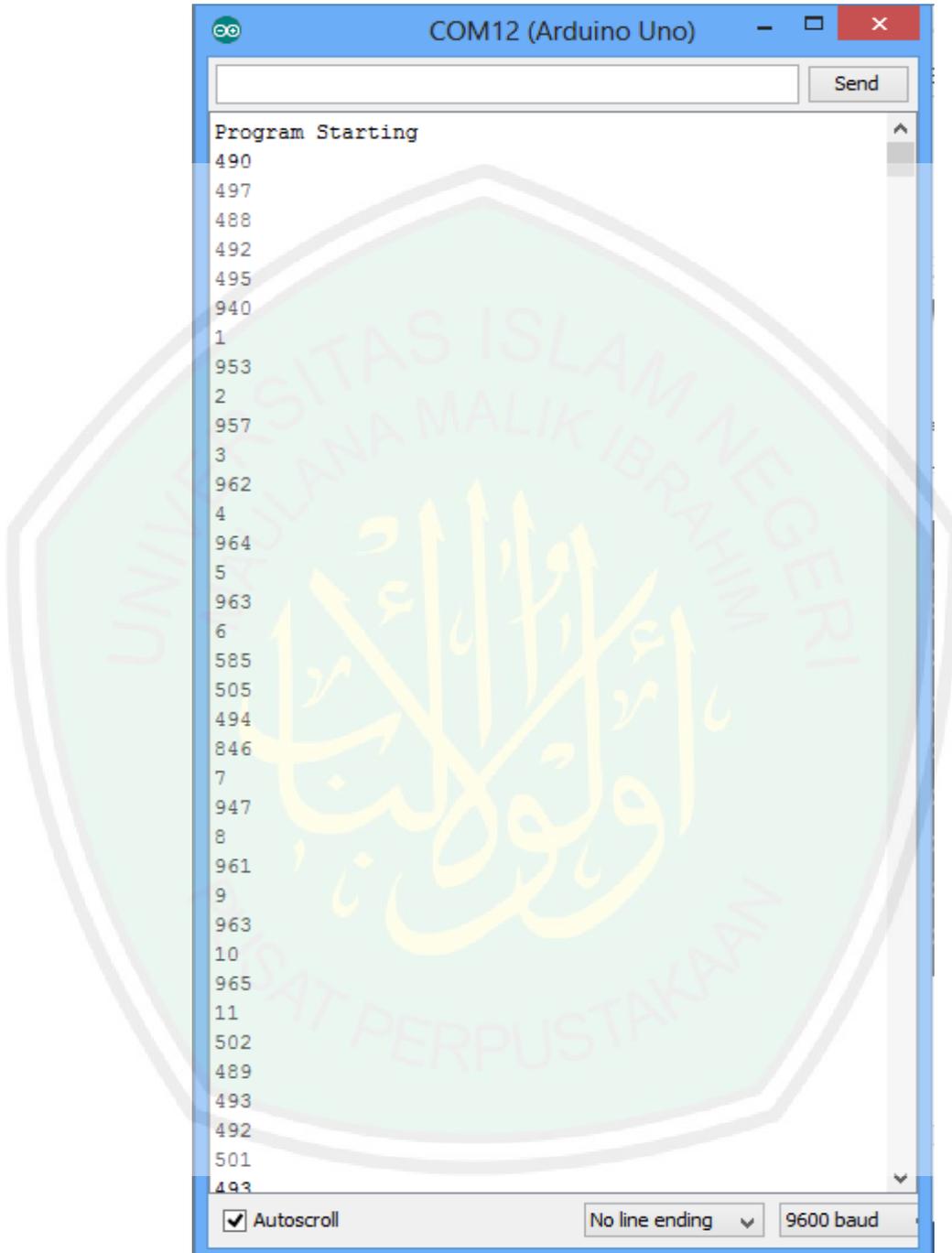
#### 4.4. Uji Coba

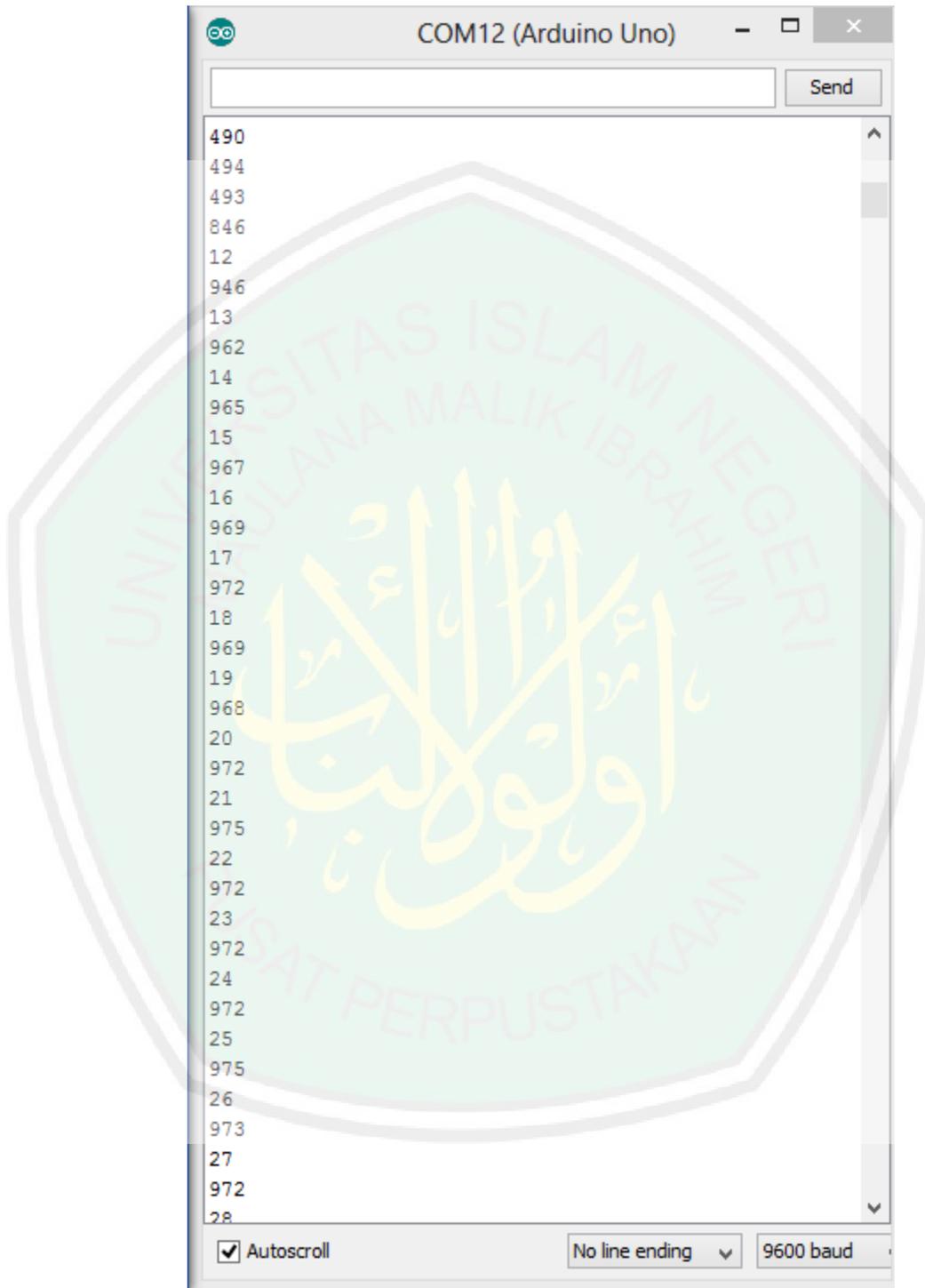
untuk mengetahui sejauh mana implementasi algoritma terhadap system kendali lampu PJU ini, maka perlu dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan

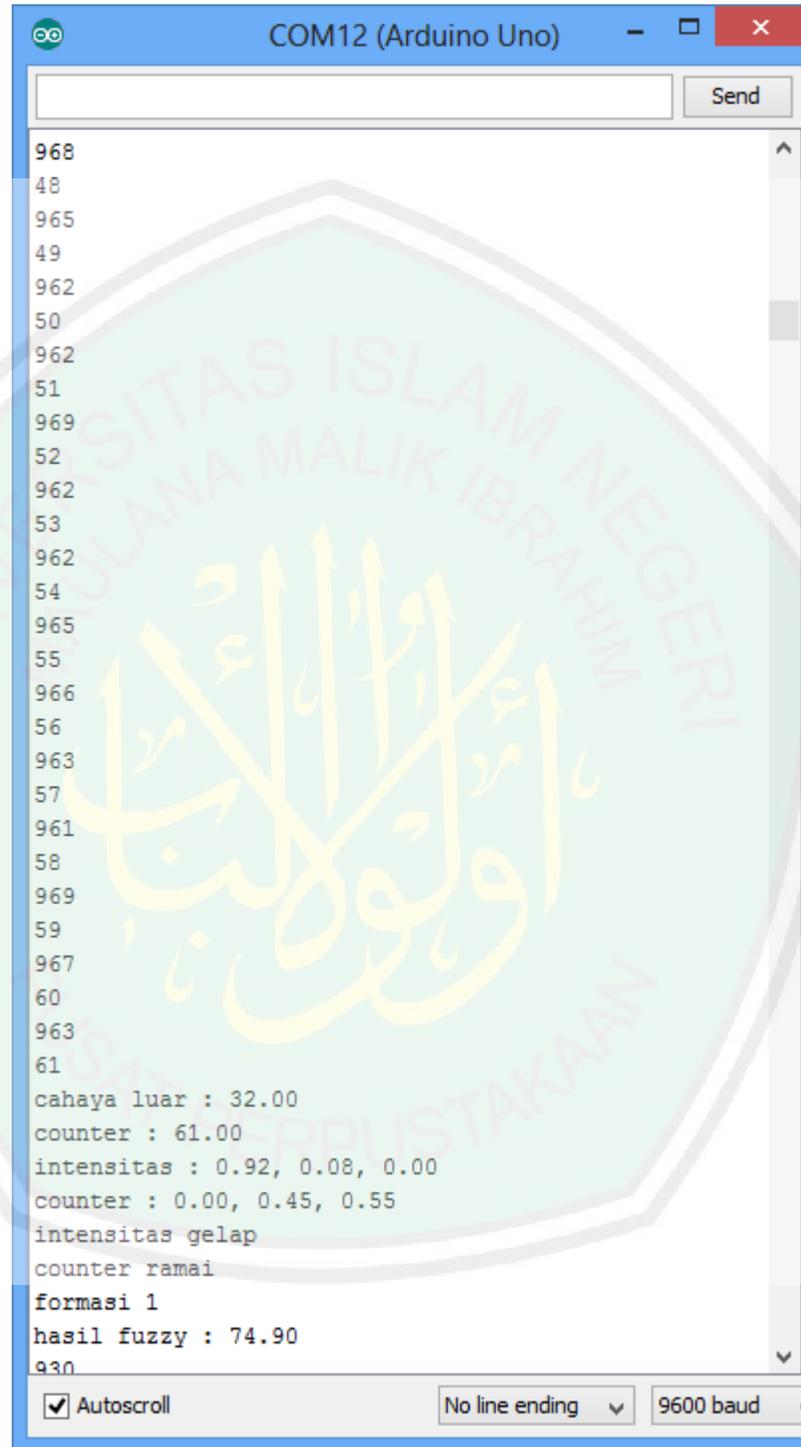
beberapa kali dengan menggunakan lampu tambahan sebagai pengganti cahaya luar (matahari) serta obyek yang melintasi jalan. Untuk mengetahui proses perhitungan fuzzy mamdaninya, digunakan komunikasi asinkron antara mikrokontroller (minimum system arduino UNO) dengan computer.

a. Pengujian pertama

Pada pengujian pertama ini kami coba memasukkan pengguna jalan sebanyak 61 serta intensitas cahaya luar sebesar 32 (dalam skala 0 - 100). Pengujian counter kami lakukan dengan melewati sebuah benda terhadap sensor yang telah diletakkan di kedua sisi jalan.







Gambar 4.10. hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 1



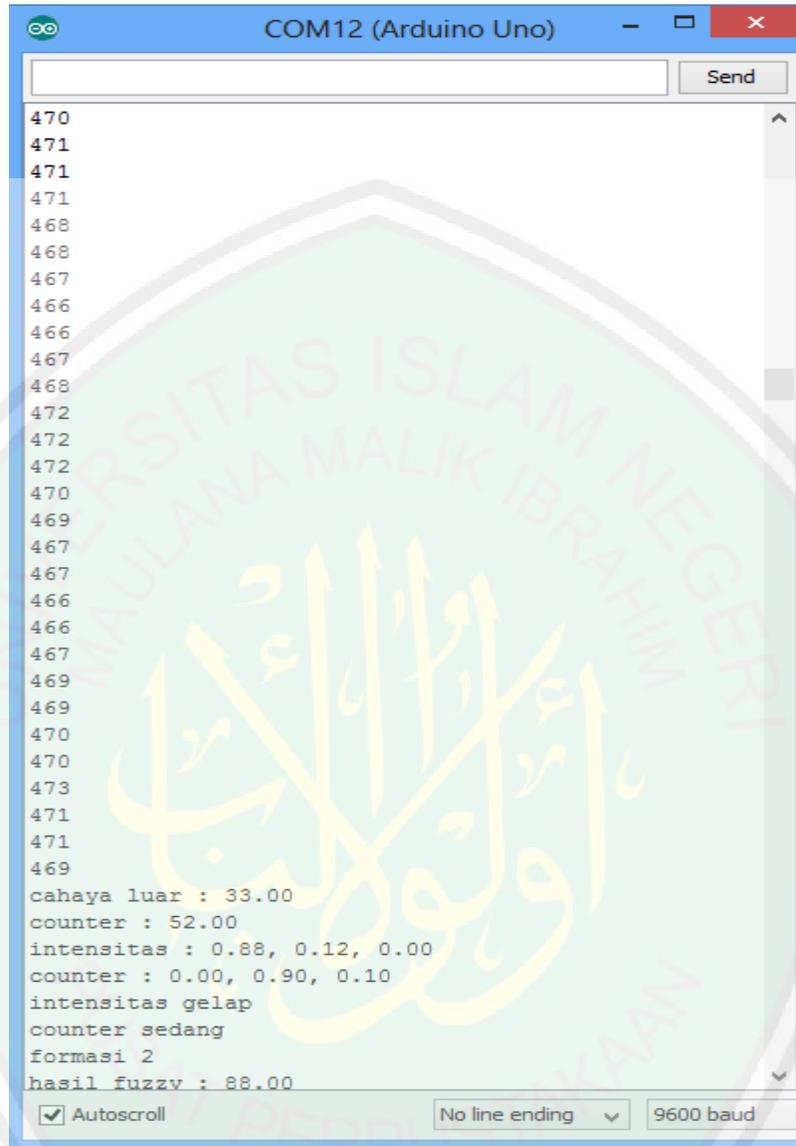
Gambar 4.11. hasil uji coba ke 1 pada lampu PJU

Dari pengujian pertama ini dapat kita ketahui dengan cahaya luar sebesar 32 dan counter mendeteksi adanya pengguna jalan sebanyak 61, maka formasi yang harus digunakan adalah formasi 1 (11111111) dengan intensitas cahaya lampu PJU sebesar 74.9 (pada skala 0 - 100).

b. Pengujian kedua

Pada pengujian kedua kami coba mengurangi jumlah pengguna jalan menjadi 52.





```

470
471
471
471
468
468
467
466
466
467
468
472
472
472
470
469
467
467
466
466
467
469
469
470
470
473
471
471
469
cahaya luar : 33.00
counter : 52.00
intensitas : 0.88, 0.12, 0.00
counter : 0.00, 0.90, 0.10
intensitas gelap
counter sedang
formasi 2
hasil fuzzy : 88.00
 Autoscroll   No line ending   9600 baud

```

Gambar 4.12. hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 2

Dari uji coba kedua ini kita mendapatkan hasil

cahaya luar : 33.00

counter : 0.00, 0.90, 0.10

counter : 52.00

formasi 2

intensitas : 0.88, 0.12, 0.00

hasil fuzzy : 88.00



Gambar 4.13. hasil uji coba ke 2 pada lampu PDU

Pada pengujian kedua ini, dengan intensitas cahaya luar 33 dan counter sebanyak 52, maka formasi yang aktif adalah formasi 2 (11011011) atau dengan mematikan 2 buah lampu dan intensitas cahaya yang dipancarkan sebesar 88.0 pada skala 0 – 100.

c. Uji coba ketiga

Kali ini kami mengurangi kembali pengguna jalan menjadi 31, dan berikut hasil dari fuzzy mamdani :



```
COM12 (Arduino Uno)
Send
953
13
954
14
953
15
954
16
953
17
955
18
953
19
952
20
953
21
952
22
953
23
954
24
952
25
954
26
953
27
953
28
954
29
954
30
953
```

Autoscroll    No line ending    9600 baud

```

COM12 (Arduino Uno)
470
467
469
471
467
469
469
468
469
470
468
468
469
467
467
471
468
468
469
469
468
470
468
471
469
cahaya luar : 32.00
counter : 31.00
intensitas : 0.92, 0.08, 0.00
counter : 0.63, 0.37, 0.00
intensitas gelap
counter sepi
formasi 3
hasil fuzzy : 50.34
Autoscroll No line ending 9600 baud

```

Gambar 4.14. hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 3

Dari uji coba kedua ini kita mendapatkan hasil

cahaya luar : 32.00

counter : 0.63, 0.37, 0.00

counter : 31.00

formasi 3

intensitas : 0.92, 0.08, 0.00

hasil fuzzy : 50.34



Gambar 4.15. hasil uji coba ke 3 pada lampu PJU

Pada pengujian kedua ini, dengan intensitas cahaya luar 32 dan counter sebanyak 31, .maka formasi yang aktif adalah formasi 3 (10101010) atau dengan mematikan 4 buah lampu dan intensitas cahaya yang dipancarkan sebesar 50.34 pada skala 0 – 100.

d. Uji coba keempat

Uji coba kali ini kami coba mengaktifkan mode standby, yaitu mode dimana pada waktu tertentu tidak ada pengguna jalan sama sekali.

```

COM12 (Arduino Uno)
485
487
489
490
491
486
487
486
489
486
488
488
490
489
488
490
487
490
491
486
484
cahaya luar : 32.00
counter : 0.00
intensitas : 0.92, 0.08, 0.00
counter : 1.00, 0.00, 0.00
counter kosong
formasi 4
hasil fuzzy : 63.60
Autoscroll No line ending 9600 baud

```

Gambar 4.16. hasil fuzzy mamdani percobaan ke – 4

cahaya luar : 32.00

counter : 1.00, 0.00, 0.00

counter : 0.00

formasi 4

intensitas : 0.92, 0.08, 0.00

hasil fuzzy : 63.60



Gambar 4.17. hasil uji coba ke 4 pada lampu PDU

Pada pengujian kedua ini, dengan intensitas cahaya luar 32 dan counter kosong (stand by mode).maka formasi yang aktif adalah formasi 4 (00100100) atau dengan hanya menhidupkan 2 buah lampu dan intensitas cahaya yang dipancarkan sebesar 63.0 pada skala 0 – 100.

Berikut rekapitulasi dari hasil uji coba system pengendali lampu PJU yang telah kami lakukan :

Tabel 4.1 rekapitulasi hasil uji coba

Percobaan Ke -	INPUT		OUTPUT		KET
	INTENSITAS CAHAYA	COUNTER	INTENSITAS LAMPU	FORMASI	
1	32	61	74.9	1	Cahaya luar : 32.00; Counter : 61; Intensitas : 0.92; 0.08; 0; Counter : 0; 0.45; 0.55; Intensitas gelap; Counter ramai; Formasi 1

					<p>Hasil fuzzy : 74.90</p>
2	33	52	88	2	<p>Cahaya luar : 33.00; Counter : 52; Intensitas : 0.88; 0.12; 0; Counter : 0; 0.90; 0.10; Intensitas gelap; Formasi 2 Hasil fuzzy : 88.00</p>
3	32	31	50.34	3	<p>Cahaya luar : 32.00; Counter : 31; Intensitas : 0.92; 0.08; 0;</p>

					<p>Counter :</p> <p>0.63; 0.37; 0;</p> <p>Intensitas gelap;</p> <p>Counter sepi;</p> <p>Formasi 3</p> <p>Hasil fuzzy : 50.34</p>
4	32	0	63.60	4	<p>Cahaya luar : 32.00;</p> <p>Counter : 0;</p> <p>Intensitas : 0.92; 0.08; 0;</p> <p>Counter : 1; 0; 0;</p> <p>Intensitas gelap;</p> <p>Counter kosong;</p>

					Formasi 4 Hasil fuzzy : 63.60
5	91	61	nan	5	Cahaya luar : 91.00; Counter : 65; Intensitas : 1; 0; 0; Counter : 0; 0.45; 0.55; Intensitas terang; Counter ramai; Formasi 5 Hasil fuzzy : nan

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasar pada penelitian hingga proses pembuatan System pengendali lampu PJU berbasis mikrokontroller ATMEGA 328 serta kemudian dilakukan uji coba, maka kami sebagai penulis coba menyimpulkan beberapa hal dari hasil penelitian ini. Diantaranya :

1. Metode fuzzy mamdani dapat berfungsi dengan baik digunakan untuk mencari nilai optimal pada rancang bangun system pengendali intensitas cahaya lampu PJU.
2. Berdasarkan hasil uji coba, perancangan dan pembangunan system pengontrol lampu PJU dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rencana awal.
3. Mode standby berfungsi dengan sangat baik untuk melakukan upaya penghematan energy yaitu dengan prosentase penghematan sebesar 80 % jika dilihat dari jumlah lampu yang dinyalakan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran bagi pengembang untuk upaya pengembangan system pengendali lampu PJU ini kedepannya. Diantaranya :

1. Penambahan system control / kendali manual, baik untuk pengaturan maupun untuk kendali langsung terhadap lampu PJU.
2. Penambahan monitor sebagai media visualisasi terhadap system.
3. Penggunaan counter / penghitung jumlah pengguna jalan yang memancarkan gelombang atau cahaya tidak kasat mata, sehingga proses deteksi tidak menarik perhatian bagi pengguna jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asatri, Sutris. 2013. *“Kran Air Wudhu’ Otomatis Berbasis Arduino Atmega 328”*.
- Hamzah. 2008. *“Evaluasi Sstem Penerangan Jalan H.R. Soebrantas Kota Pekanbaru”*.
- Indrawan. 2012. *“Rancang Bangun Aplikasi Lampu Otomatis Dan Monitoring Ruangan Memanfaatkan Teknologi Webcam Dan Inframerah”*.
- Kadir, Abdul. 2013. *“Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroller Dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino”*. Yogyakarta: CV Andi Offset (Penerbit Andi).
- Kumalasari, Nazzala Tia. 2014. *“Inplementasi Metode Fuzzy Mamdani Berbasis GroIMP XL-SYSTEM Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intensitas Penyiraman Dan Pemupukan”*.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2004. *“Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan”*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nursyeha, Muhammad. 2014. *“Rancangan Dan Implementasi Sistem Kendali Penerangan Rumah Tinggal Berbasis Arduino-Uno Dan Smartphone Android”*.
- Putra, Reida Pasgara. 2013. *“Rancang Bangun Instalasi Listrik Otomatis Berbasis Mikrokontroller Arduino”*.
- Ratnawati, Dwi Ana. 2011. *“System Kendali Cerdas”*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tim lab. Mikroprosesor BLPT Surabaya. *“Pemrograman Mikrokontroller AT89S51 dengan C++ dan Assembler”*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.

- Tjahjono, Budi. 2008. *“Analisis Perhitungan Nilai Ekonomis Pemakaian Lampu Penerangan Jalan Umum Dengan Solar Cell”*.
- Ying-Wen & Ku, Yi-Te. 2008. *“Automatic Room Light Intensity Detection And Control Using A Microprocessor And Light Sensors”*.
- ATMEL. 2009. *“Datasheet ATmega48PA/88PA/168PA/328P”*.
- As-Suyuthi, Jalaluddin & Al-Mahally, Jalaluddin Muhammad Ibnu Ahmad. – . *“Tafsir Jalalain (Indonesia)”*.
- Khan, M Muhsin. 2009. *“Sahih Bukhari”*. Mika’il al - Allmany
- Wicaksono, Pebrianto Eko. *“Hampir Krisis Energi, RI Masih Terbuai dengan Kekayaan”*. 24 Mei 2015. <http://bisnis.liputan6.com/read/2238512/hampir-krisis-energi-ri-masih-terbuai-dengan-kekayaan>.
- Praditya, Ilyas Istianur. *“Proyek Pembangkit Listrik 35 Ribu Mw, Baru Terealisasi 19%”*. 25 Juni 2015. <http://bisnis.liputan6.com/read/2259537/proyek-pembangkit-listrik-35-ribu-mw-baru-teralisasi-19>.