



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL INTENSITAS LED  
OTOMATIS UNTUK MENGHEMAT ENERGI LISTRIK PADA LAMPU  
PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA BERBASIS ARDUINO  
UNO**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Muhamad Ade Rahmatullah

NIM.5301414045

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2019**

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Led Otomatis Untuk Menghemat Daya Listrik Pada Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Arduino” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal bulan Mei tahun 2019.

Oleh

Nama : Muhamad Ade Rahmatullah  
NIM : 5301414045  
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

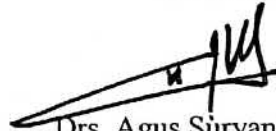
Panitia

Ketua



Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, M.T.  
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.  
NIP. 196708181992031004

Penguji 1



Drs. Isdiyarto, M.Pd.  
NIP. 195706051986011001

Penguji 2



Drs. Sutarno, M.T.  
NIP. 195510051984031001

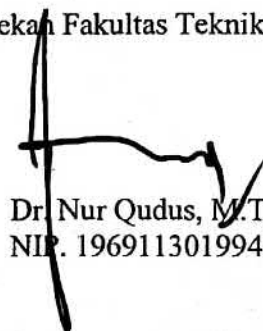
Penguji 3/Pembimbing1



Drs. H. Said Sunardiyo, M.T.  
NIP. 196505121991031003

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun diperguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Semarang, Mei 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhamad Ade Rahmatullah  
NIM. 5301414045

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

- ❖ Impian tidak terserah dan dituju bukan mengalir
- ❖ Mustahil sesuatu yang ditakdirkan Tuhan akan keliru
- ❖ Selalu berusaha berbuat baik sejak dalam pikiran apalagi perbuatan
- ❖ Kebenaran yang baik diletakkan dalam diri sendiri dan kebaikan yang benar dicurahkan pada semua orang.

### **PERSEMBAHAN**

- ❖ Bapak, Ibu serta keluargaku yang selalu memberikan material, doa serta semangat
- ❖ Adikku Izatul Mahya yang selalu menjadi motivasi dengan tidak pernah menyerah pada keadaan
- ❖ Keluarga Pendidikan Teknik Elektro UNNES angkatan 2014 yang selalu memberi semangat dan sumbangsih saran
- ❖ Sahabat Warung Crayon dan Donat Donie
- ❖ Jakwir Alumni SMA N 1 Balapulang
- ❖ Teman – teman SAYQYUH

## ABSTRAK

Muhamad Ade Rahmatullah, 2019. **Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Led Otomatis untuk Menghemat Energi Listrik Pada Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Arduino**. Pembimbing 1 : Drs.H. Said Sunardiyo,M.T. Program studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Penerangan jalan umum adalah salah satu infrastruktur yang banyak mengkonsumsi energi listrik, mengingat sumber energi listrik yang semakin menipis maka penghematan listrik perlu dilakukan. Penerangan jalan umum menggunakan tenaga surya (PJUTS) merupakan salah satu cara menghemat energi listrik, namun pada sistem penerangan jalan umum konvensional setelah jam 12 malam 90% listrik terbuang didaerah dengan lalu lintas rendah. Karya tulis ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototipe penerangan jalan umum tenaga surya dengan kontrol intensitas led otomatis untuk menghemat energi listrik pada penerangan jalan umum tenaga surya.

Metode pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang menghasilkan prototipe penerangan jalan umum tenaga surya menggunakan sistem kontrol intensitas led otomatis dengan beberapa tahapan pengujian sistem yang diawali pengujian komponen secara individual, komponen yang sudah terhubung dengan komponen lain pengujian fungsional sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan, adapun beberapa komponen yang diuji antara lain : pengujian voltage divider, pengujian jarak deteksi sensor pir, pengujian rangkaian *driver* PWM dan perhitungan potensi penghematan listrik pada sistem intensitas led otomatis.

Penelitian ini menghasilkan prototipe penerangan jalan umum tenaga surya dengan sistem intensitas led otomatis yang terdiri dari panel surya 20 WP, baterai vrla 12 volt 7,5 Ah, *solar charge controller* RBL-8810, mikrokontroler arduino uno R3, rangkaian driver PWM, sensor arus INA219, sensor PIR HCSR501, LED 12 volt, dan modul SD Card. Perubahan intensitas led otomatis untuk menghemat daya listrik diatur dengan mengubah nilai *duty cycle* 20% untuk peredupan led dan pada kondisi terang nilai *duty cycle* 100%. Berdasarkan observasi yang dilakukan di jalan Taman siswa, Sekaran, Gunungpati, Semarang terhadap jumlah kendaraan yang melintas penghematan daya listrik dihitung setelah jam 12 malam mencapai 35,67%.

Kata kunci : PJUTS, penghematan daya listrik, *duty cycle* PWM.

## ABSTRACT

Muhamad Ade Rahmatullah, 2019. **Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Led Otomatis untuk Menghemat Energi Listrik Pada Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Arduino.** Pembimbing 1 : Drs.H. Said Sunardiyo,M.T. Program studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Public street lighting is one of the infrastructures that consumes a lot of electricity, considering the depletion of electricity, electricity savings need to be done. Solar street lighting (SSL) is one way to save electricity, but in conventional public street lighting systems after 12pm 90% of electricity is wasted in areas with low traffic. This paper aims to design and create a prototype of solar street public lighting with automatic LED intensity control to save electrical energy in solar street lighting.

The method in this study uses an experimental method that produces a prototype of public street lighting solar power using an automatic led intensity control system with several stages of system testing that begins testing individual components, components that are already connected with other components of system functional testing and testing the system as a whole. some of the components tested include: voltage divider testing, pear sensor detection distance testing, PWM driver circuit testing and calculation of electricity saving potential in an automatic led intensity system.

This study produced a solar street lighting prototype with an automatic led intensity system consisting of solar panels 20 WP, battery vrla 7,5 Ah, RBL-8810 solar charge controller, Arduino Uno R3 microcontroller, PWM driver circuit, INA219 current sensor , HCSR501 PIR sensor, 12 volt LED, and SD Card module. Changes in the automatic led intensity to save electric power are regulated by changing the value of the duty cycle 20% for led dimming and in bright conditions the duty cycle 100%. Based on observations made on Taman Siswa street, Sekaran, Gunungpati, Semarang, the number of vehicles passing electric power savings calculated after 12 o'clock at night reached 35.67%.

Keywords: SSL, electrical power savings, PWM duty cycle.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpah, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Led Otomatis Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya Listrik Pada Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Arduino Uno. Penulis menyadari sepenuhnya, tanpa bimbingan dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada :

1. Bapak Drs. Said Sunardiyo, M.T., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak, Ibu, keluarga dan sahabat yang selalu menyayangiku, memberi nasihat, dan mengiringi langkah studiku dengan doa.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
6. Rekan – rekan mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2014.
7. Sahabat Warung Crayon dan Donat Donie yang turut serta memberikan semangat dan material dalam menyelesaikan studiku.
8. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu – persatu yang telah memberikan kontribusi dalam studiku.

Akhirnya penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan Skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Namun demikian penulis masih berharap skripsi ini mempunyai arti dan manfaat bagi pembaca umumnya dan bagi penulis khususnya.

Semarang, Mei 2019

Penulis

Muhamad Ade Rahmatullah

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Rumusan Masalah .....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
2.1. Kajian Pustaka .....	7
2.2. Landasan Teori .....	12
2.2.1. Sistem Kontrol .....	12
2.2.2. Energi Terbarukan.....	13
2.2.3. Energi Matahari.....	14
2.2.4. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS).....	14
2.2.4.1. Konfigurasi Sistem Lampu Penerangan Jalan .....	16
2.2.4.2. Prinsip Kerja Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya .....	18
2.2.4.3. Komponen PJUTS .....	21
2.2.5. Pulse Width Modulation (PWM) .....	24
2.2.5.1. PWM pada Arduino .....	26
2.2.6. Arduino UNO.....	27
2.2.7. <i>Solar Charge Controller</i> .....	31
2.2.8. Sensor PIR (Passive Infrared) .....	32



2.2.9.	Sensor Arus INA219 .....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....		36
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.2.	Objek Penelitian .....	36
3.3.	Desain Penelitian .....	36
3.3.1.	Metode Eksperimen .....	36
3.3.2.	Alur Penelitian .....	37
3.3.3.	Diagram Blok Sistem .....	38
3.3.4.	Diagram Alur Program.....	39
3.4.	Alat dan Bahan Penelitian .....	40
3.5.	Rancangan Alat .....	41
3.5.1.	Perancangan <i>Voltage Divider</i> .....	42
3.5.2.	Perancangan <i>Driver PWM</i> .....	44
3.5.3.	Perancangan Program.....	47
3.6.	Pengujian Sistem dan Pengambilan Data .....	47
3.7.	Teknik Analisis Data .....	48
3.7.1.	Pengukuran <i>Voltage Divider</i> .....	49
3.7.2.	Pengujian Jarak Deteksi Sensor PIR .....	50
3.7.3.	Pengujian <i>Driver PWM</i> .....	50
3.7.4.	Pengukuran Daya .....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		53
4.1.	Hasil.....	53
4.1.1.	Hasil Perancangan Sistem Kontrol Intensitas LED Otomatis Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya .....	53
4.1.2.	Perangkat Keras (Hardware) .....	54
4.1.3.	Perangkat lunak (software) .....	56
4.1.4.	Hasil Pengujian Program.....	57
4.2.	Analisis .....	58
4.2.1.	Pengukuran <i>Voltage Divider</i> .....	58
4.2.2.	Pengujian Jarak Deteksi Sensor .....	62
4.2.3.	Pengujian <i>Driver PWM</i> .....	63
4.2.4.	Analisis Kecepatan Kendaraan Terhadap PJUTS Otomatis .....	66

4.2.5.	Analisis Pengukuran Daya .....	68
4.2.5.1.	Pengukuran Tegangan Duty Cycle 100% .....	68
4.2.5.2.	Pengukuran Arus Duty Cycle 100% .....	69
4.2.5.3.	Pengukuran Daya Duty Cycle 100% .....	70
4.2.5.4.	Pengukuran Tegangan Duty Cycle 20% .....	70
4.2.5.5.	Pengukuran Arus Duty Cycle 20% .....	71
4.2.5.6.	Pengukuran Daya Duty Cycle 20% .....	72
4.2.6.	Analisis Potensi Hemat Daya.....	72
4.2.6.1.	Daya PJUTS Konvensional .....	73
4.2.6.2.	Daya PJUTS Intensitas Otomatis.....	74
BAB V PENUTUP.....		76
5.1.	Simpulan.....	76
5.2.	Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....		78
LAMPIRAN.....		80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram blok sistem penelitian “Automation of Street Light For Smart City” .....	8
Gambar 2.2. Diagram blok sistem penelitian “Design and implementation of Smart Solar LED Street Light” .....	9
Gambar 2.3. Diagram blok sistem penelitian “Efisiensi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Sensor Gerak Berbasis Mikrokontroler” .....	11
Gambar 2.4. Sistem Kontrol Terbuka .....	12
Gambar 2.5. Sistem Kontrol Tertutup.....	13
Gambar 2.6. Prinsip Kerja PJU Tenaga Surya.....	18
Gambar 2.7. Contoh Lampu Merkuri, Sodium, LED .....	19
Gambar 2.8. Beberapa bentuk lengan tiang lampu jalan .....	20
Gambar 2.9. Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan ..	20
Gambar 2.10. Komponen PJUTS.....	21
Gambar 2.11. Bentuk Sinyal PWM.....	25
Gambar 2.12. Beberapa contoh perhitungan duty cycle .....	25
Gambar 2.13. Contoh Grafik PWM pada Arduino .....	27
Gambar 2.14. Papan Arduino UNO .....	28
Gambar 2.15. <i>Solar Charge Controller RBL-8810</i> .....	31

Gambar 2.16. Sensor PIR.....	32
Gambar 2.17. Diagram internal Rangkaian Sensor PIR .....	33
Gambar 2.18. Arah Jangkauan Gelombang Sensor PIR .....	33
Gambar 2.19. Konfigurasi Sensor PIR.....	34
Gambar 2.20 Modul Sensor Arus INA219 .....	35
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 3.2. Diagram blok sistem .....	38
Gambar 3.3. Diagram alur program .....	39
Gambar 3.4. Blok diagram skema rancang bangun alat.....	41
Gambar 3.5. Rangkaian pembagi tegangan.....	44
Gambar 3.6. Rangkaian driver PWM.....	45
Gambar 4.1. <i>Prototype</i> PJUTS .....	53
Gambar 4.2 Rangkaian sistem intensitas led otomatis.....	54
Gambar 4.3 Rangkaian data logger .....	55
Gambar 4.4 Sistem automasi penerangan jalan umum tenaga surya .....	56
Gambar 4.5. Diagram Distribusi Data Normal Hasil Pengukuran Tegangan .....	59
Gambar 4.6. Pemasangan Sensor PIR.....	61
Gambar 4.7. Pengukuran Tegangan Duty Cycle 100% .....	67

Gambar 4.8. Pengukuran Arus Duty Cycle 100% .....	68
Gambar 4.9. Pengukuran Daya Duty Cycle 100% .....	69
Gambar 4.10. Pengukuran Tegangan Duty Cycle 20% .....	69
Gambar 4.11. Pengukuran Arus Duty Cycle 20% .....	70
Gambar 4.12. Pengukuran Daya Duty Cycle 20% .....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Daftar Harga Paket Lampu PJU Panel Surya/buah 3 .....	2
Tabel 2.1. Rincian Komponen PJUTS.....	22
Tabel 2.2. Spesifikasi Arduino Uno .....	28
Tabel 2.3. Spesifikasi Pin Digital Arduino UNO .....	29
Tabel 2.4. Spesifikasi Pin Analog Arduino UNO.....	30
Tabel 2.5. Spesifikasi Pin Daya Arduino UNO.....	30
Tabel 2.6. Spesifikasi Pin Lain-lain Arduino UNO.....	30
Tabel 2.7 Spesifikasi RBL-8810.....	31
Tabel 3.1. Rancangan pengujian sensor tegangan .....	49
Tabel 3.2. Rancangan pengujian sensor PIR .....	49
Tabel 3.3. Rancangan Pengujian Driver PWM .....	50
Tabel 3.4. Rancangan Pengukuran Daya .....	51
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Fungsionalitas Program.....	57
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Voltage Divider.....	57
Tabel 4.3. Output Mean dan Deviasi Standar Pengukuran Tegangan.....	59
Tabel 4.4. Hasil Uji Normalitas Pengukuran Voltage Divider .....	60
Tabel 4.5. Hasil pengujian sensor PIR.....	61
Tabel 4.6. Hasil pengujian Driver PWM .....	63
Tabel 4.7. Penggunaan Lampu Jalan di malam hari .....	72

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia yang berada di wilayah tropis dan dilalui garis khatulistiwa mempunyai potensi energi matahari yang cukup besar sepanjang tahun dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun., energi ini setara dengan  $2 \times 10^{17}$  Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi diseluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1 persen saja permukaan bumi dengan panel surya yang memiliki efisiensi 10 persen sudah mampu menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini. (Susilo,2010)

Pemanfaatan energi listrik tenaga surya sudah banyak mencakup bidang yang ada, tidak terkecuali sistem pencahayaan. Sistem pencahayaan diimplementasikan secara luas di jalan. Jalan raya antar kota dan pemukiman untuk memudahkan pengguna mobil dan pejalan kaki di area yang dilewati dan pada area yang sepi tengah malam sangat penting untuk melindungi pengguna jalan dari tindak kejahatan dan serangan binatang nokturnal, akan tetapi di daerah dengan lalu lintas pengguna jalan rendah pada malam hari lampu jalan tetap menyala dengan terang, itu adalah pemborosan energi yang akhirnya meningkatkan jejak karbon. Sistem lampu jalan konvensional mengkonsumsi 35% dari listrik selama malam hari, sedangkan setelah jam 12 malam 90% dari listrik terbuang di daerah

dengan lalu lintas rendah, lampu penerangan jalan umum tetap menyala sepanjang malam sampai pagi. (Khalil, 2017)

Di Indonesia teknologi penggunaan matahari sebagai energi listrik dewasa ini mulai diperkenalkan kepada masyarakat, dimulai dari pemanas air menggunakan energi panas matahari sampai penggunaan *solar cell* sebagai sumber energi lampu PJU (penerangan jalan umum). Teknologi penggunaan *solar cell* ini bertujuan untuk melakukan penghematan energi listrik dengan tidak bergantung pada listrik 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)

**Tabel 1.1.** Daftar Harga Paket Lampu PJU Panel Surya/buah

Lampu PJU LED Merk Kalch	Solar Panel	Battery VRLA Panasonic	Kabel Instalasi	Controller	Box Panel	Harga (Rp)	
						Solar Panel Tanpa SNI	Solar Panel 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 – 10A	Set Lengkap	8,000,000	9,000,000
75W	100 Wp x 2	100 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V – 10A	Set Lengkap	11,200,000	12,500,000
100W	80 Wp x 3	120 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V – 10A	Set Lengkap	12,700,000	14,400,000
120W	100 Wp x 3	150 Ah x 2	NYYHY 2x1.5 & 4 mm	12V – 10A	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 panel surya juga sangat bergantung terhadap cahaya matahari. Hal ini akan sangat terasa saat musim penghujan. Meskipun biasanya tiap satu lampu akan diberikan 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 panel surya akan mati. (Budi Tjahjono, 2008)

Perkembangan teknologi pemanfaatan energi terbarukan dan *Smart Grid* berkembang dengan pesat. Penelitian dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai efisiensi listrik yang tinggi. Penelitian mengenai sistem penerangan jalan umum sudah banyak dilakukan, salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Revathy.M, Ramya.S, Sathiyavathi.R, B.Bharathi dan V. Maria Anu pada tahun 2017 "*Automation of Street Light For Smart City*". Pada penelitian tersebut merancang sistem kontrol otomatis lampu penerangan jalan umum surya dengan menggunakan mikrokontroler (PIC16f877a) dan dua sensor LDR (*Light Dependent Resistors*) dan sistem tersebut mampu menghemat energi listrik 48% selama 1 bulan pemasangan dibanding sistem penerangan jalan umum surya konvensional, namun sistem ini masih memiliki kekurangan karena sensor tidak mampu mendeteksi pejalan kaki, pengendara sepeda atau kendaraan lain tanpa lampu depan.

Menurut penelitian yang dilakukan Nikhil Khatavkar, dkk (2017) yang berjudul "*Energy Efficient Street Light Controller for Smart Cities*" sistem

penerangan jalan umum kedepannya harus bisa dikontrol secara otomatis dan efisiensi energi listrik pada penerangan jalan umum juga harus ditingkatkan. Pada penelitian tersebut konsep pengaturan intensitas lampu jalan menggunakan sensor LDR, RTC (*Real Time Clock*) dan sensor inframerah, Kontroler ARM dihubungkan dengan LDR dan deteksi kendaraan melalui sensor inframerah sebelum *inbuilt* RTC. *Output* pengontrol diberikan ke rangkaian driver LED yang terhubung dengan lampu jalan LED yang sebenarnya. Perubahan *duty cycle* pada PWM berfungsi untuk kecerahan dan redupnya lampu jalan, pada perencanaan sistem tersebut mampu menghemat listrik lebih dari 35%.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dibuat RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL INTENSITAS LED OTOMATIS UNTUK MENGHEMAT ENERGI LISTRIK PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA BERBASIS ARDUINO UNO sebagai salah satu alternatif menghemat dan meningkatkan efisiensi energi listrik pada penerangan jalan umum menggunakan panel surya.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Perlunya penghematan penggunaan energi listrik.
2. Perlunya menghemat energi listrik pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya.
3. Perlunya sistem kontrol otomatis pada lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya.

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah penelitian ini dimaksudkan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan yang akan dikaji lebih lanjut. Batasan masalah tersebut antara lain:

1. Penelitian berfokus pada konsumsi energi listrik.
2. Perangkat atau sistem akan diuji dalam bentuk miniatur atau prototipe.
3. Penerangan Jalan Umum *Stand Alone* tenaga surya dengan tegangan 12 volt.

### **1.4. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, rumusan masalah utama yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem kontrol intensitas led otomatis pada penerangan jalan umum tenaga surya?.
2. Seberapa besar penghematan energi listrik penerangan jalan umum tenaga surya setelah menggunakan sistem kontrol intensitas led otomatis?

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, maka tujuann penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan prototipe penerangan jalan umum tenaga surya menggunakan sistem kontrol intensitas led otomatis.
2. Menghitung besar nilai penghematan energi listrik Sistem Kontrol Otomatis Intensitas LED pada PJU Surya selama pukul 17.00 – 05.00.

## **1.6. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

### **1. Bagi Peneliti lain**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi studi tentang sistem penerangan jalan umum tenaga surya.

### **2. Bagi Masyarakat**

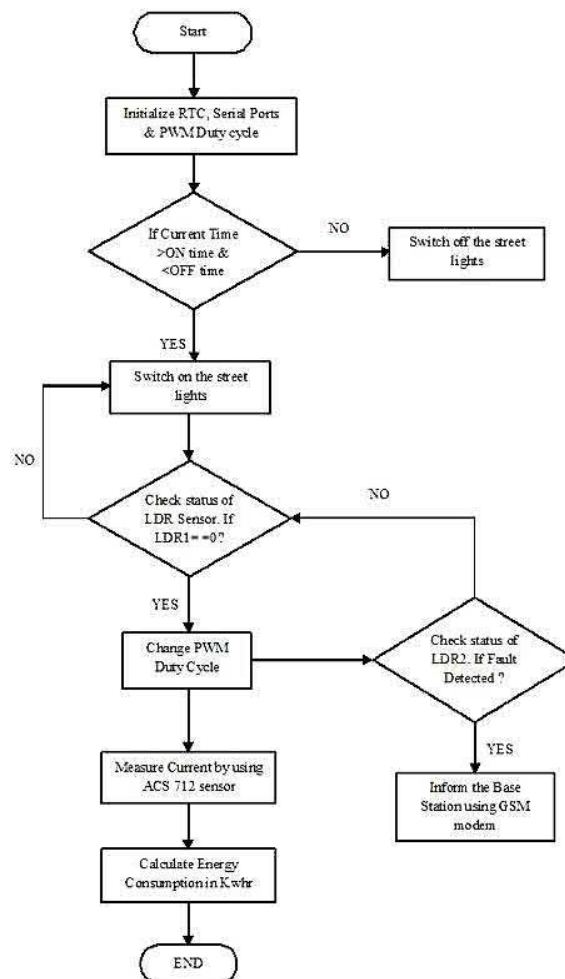
Penelitian ini diharapkan nantinya akan bermanfaat untuk diimplementasikan sebagai salah satu alternatif penghematan daya listrik bersumber energi listrik terbarukan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Kajian Pustaka

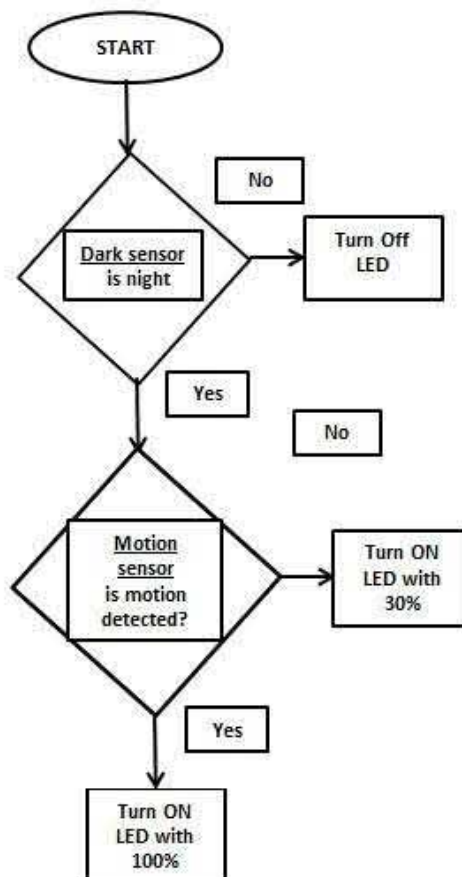
Beberapa penelitian relevan yang sudah dilakukan terkait dengan sistem kontrol efisiensi penerangan jalan umum surya diantaranya, Revathy.M, Ramya.S, Sathiyavathi.R, B.Bharathi dan V. Maria Anu pada *International Conference on Communication and Signal Processing*, 6-8 April 2017 di India berjudul “Automation of Street Light For Smart City” menyajikan model kerja sistem skala prototipe untuk mengontrol intensitas cahaya yang dikeluarkan LED pada lampu penerangan jalan, Sistem dirancang secara otomatis mengatur kecerahan LED menggunakan mikrokontroler (PIC16f877a). Setiap lampu jalan diprogram untuk bersinar dengan intensitas rata-rata 20% dan dirancang secara *independen* sehingga dapat mengambil keputusan sendiri tentang pengaktifan LED. Mikrokontroler mengatur besar PWM untuk mengalihkan catu daya dari 5V ke 1V untuk tujuan peredupan. Setiap lampu jalan dipasang dua sensor LDR dengan fungsi yang berbeda. Satu dipasang di bawah lampu (LDR-1) untuk melacak pergerakan kendaraan dan yang lainnya (LDR-2) dipasang di atas lampu jalan untuk memeriksa status lampu. LDR-1 memeriksa status jalan, jika ada pergerakan kendaraan yang diamati maka sensor memberi isyarat untuk mengubah intensitas lampu jalan sesuai kebutuhan. Kerusakan pada lampu dideteksi oleh sensor LDR-2 dan masalah tersebut dilaporkan ke stasiun pusat menggunakan modul GSM. Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1.** Diagram blok sistem penelitian “Automation of Street Light For Smart City”

Maheshkumar Narsayya Bhairi, Manohar Suresh Edake Shubhangi, Shital Kangle dan Bhaskar Shivraj Madgundi dalam *International Conference on Trends in Electronics and Informatics* tahun 2017 dengan judul “Design and implementation of Smart Solar LED Street Light” menyajikan desain sistem penerangan jalan umum pintar menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Sistem kontrol penerangan jalan dipasok energi matahari dari panel surya pada siang hari dan disimpan pada baterai. Pada keadaan gelap sensor LDR akan

memberi perintah pada mikrokontroler untuk menyalakan LED ON sampai intensitas 30% maksimal saat tidak ada gerakan di bawah lampu jalan. Jika ada orang atau kendaraan yang lewat di dekat lampu jalan, sensor PIR akan aktif dan memberikan perintah kepada Arduino untuk meningkatkan kecerahan hingga 100%. Setelah waktu yang ditetapkan dan jika tidak ada gerakan terdeteksi, intensitas berkurang secara bertahap hingga 30%. Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.2.



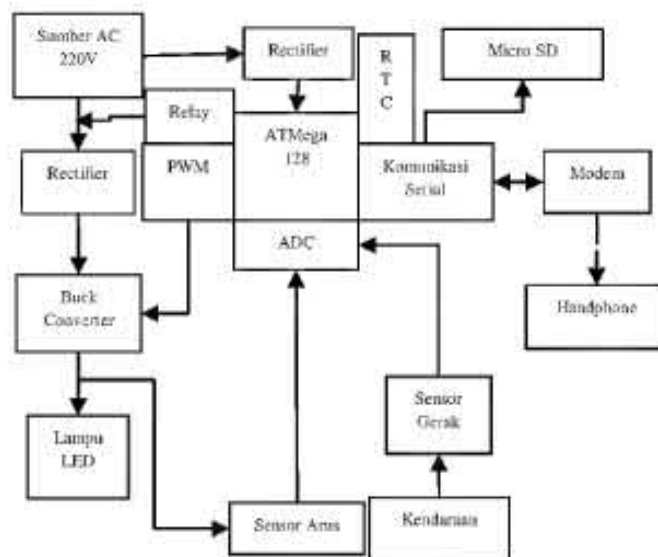
**Gambar 2.2.** Diagram blok sistem penelitian “*Design and implementation of Smart Solar LED Street Light*”

Penelitian yang dilakukan di Indonesia oleh Yaumal Ikhsan pada tahun 2015 berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengendali Lampu PJU Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328 Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani” menyajikan alat sistem kontrol pengendali lampu PJU yang mampu mengatur nilai intensitas lampu penerangan jalan dengan menggunakan sensor LDR dan laser led yang difungsikan sebagai *counter* untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas. Dengan menggunakan metode fuzzy mamdani dibentuk beberapa formasi intensitas LED sepanjang jalan dalam menanggapi jumlah kendaraan yang melintas. Hasil penelitian menyatakan bahwa metode yang digunakan berfungsi dengan baik dan nilai efisiensi terbesar 80% didapat saat kondisi *standby* atau kondisi dimana tidak ada kendaraan yang melintas.

Pada Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX, Fakultas Sains dan Matematika, UKSW tahun 2014 oleh William Timotius S, Mohamad Safrodin, dan Suryono berjudul “Efisiensi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Sensor Gerak Berbasis Mikrokontroler” menyajikan sebuah sistem yang mengatur intensitas cahaya pada penerangan jalan umum. Sumber dari sistem adalah listrik AC dari PLN yang kemudian disearahkan menggunakan dioda penyearah tipe jembatan menjadi tegangan DC yang kemudian menjadi masukan *buck converter*, lalu dari *buck converter* diteruskan menuju beban LED. *Buck converter* yang digunakan adalah DC to DC dimana penggunaannya untuk menurunkan tegangan dari tegangan masukan. Pengaturan *buck converter* sendiri menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) yang diaktifkan oleh mikrokontroler. PWM mengeluarkan gelombang pulsa kotak yang digunakan untuk mengatur tegangan



tegangan keluar dari *buck converter* lalu dibuat tegangan DC yang murni menggunakan komponen L dan C. Pada penelitian ini menggunakan sensor PIR sebagai awal masukan perintah pengaturan intensitas lampu penerangan jalan. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan sensor arus yang digunakan untuk mencatat arus yang keluar yang kemudian disimpan pada SD card sebagai data monitoring dan digunakan sebagai pendeteksi kerusakan pada LED. Apabila terjadi kerusakan pada lampu mikrokontroler akan mendeteksi arus yang tidak stabil kemudian mengirimkan SMS pada kantor pusat dengan menggunakan *SMS gateway*. Pengaturan nyala lampu sendiri menggunakan Real Time Clock (RTC) yang ada pada mikrokontroler. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 2.3.



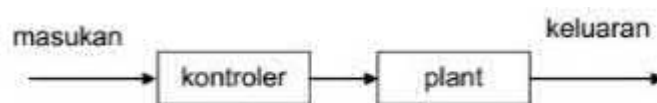
**Gambar 2.3.** Diagram blok sistem penelitian “Efisiensi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Sensor Gerak Berbasis Mikrokontroler”

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan susunan suatu komponen yang dihubungkan sedemikian rupa untuk mengatur suatu kondisi agar mencapai kondisi yang diharapkan. Sistem kontrol ini secara umum terdiri dari tiga elemen pokok, yaitu *input*, proses dan *output* (Ichwan, dkk, 2013). *Input* merupakan suatu kondisi yang mempengaruhi pengendalian yang mengatur *ouput* dan proses merupakan suatu operasi yang dikendalikan. Sementara itu, *output* merupakan suatu kondisi hal yang dihasilkan oleh pengendalian.

Sistem pengendalian atau yang biasa disebut dengan sistem kontrol yang sering diketahui dibagi menjadi 2, yaitu sistem kontrol terbuka (*open loop system*) dan sistem kontrol tertutup (*close loop system*). Sistem kontrol terbuka merupakan suatu proses dalam suatu sistem yang mana variabel input akan berpengaruh pada output yang dihasilkan. Sistem ini lebih stabil dan ketelitian pada sistem ini bergantung pada kalibrasinya.

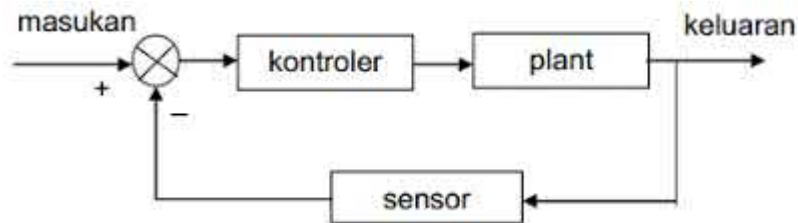


**Gambar 2.4.** Sistem Kontrol Terbuka

Sumber : (Triwiyatno, Aris.2011.Buku Ajar Sistem Kontrol Analog)

Sistem kontrol tertutup merupakan sebuah proses dimana variabel yang ada dikendalikan secara terus menerus oleh sensor kemudian dibandingkan dengan kuantitas referensi. Sistem ini juga sering dikenal dengan sistem kendali umpan balik sehingga besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan.

Besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap kondisi yang diinginkan. Perbedaan kondisi yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan kondisi yang diinginkan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan.



**Gambar 2.5.** Sistem Kontrol Tertutup

Sumber : (Triwiyatno, Aris.2011.Buku Ajar Sistem Kontrol Analog)

Dalam aplikasinya, suatu sistem kontrol memiliki tujuan atau sasaran tertentu. Sasaran sistem kontrol adalah untuk mengatur keluaran (*output*) dalam suatu sikap, kondisi, atau keadaan yang telah diterapkan oleh masukan (*input*) melalui elemen sistem kontrol.

### 2.2.2. Energi Terbarukan

Menurut UU No 30 Tahun 2007 Tentang Energi pengertian energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetik sedangkan pengertian energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi baru, sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan, laut.

### **2.2.3. Energi Matahari**

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang berlainan bahan bakar minyak adalah hasil fotosintesis, tenaga hidro elektrik adalah hasil sirkulasi hujan tenaga angin adalah hasil perbedaan suhu antar daerah dan sel surya (sel fotovoltaik) yang menjanjikan masa depan yang cerah sebagai sumber energi listrik. (Saiful Manan, 2009)

### **2.2.4. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)**

PJU (Penerangan Jalan Umum) Tenaga Surya adalah penerangan jalan umum dimana daya listrik untuk lampu disuplai oleh sistem mandiri yang diperoleh dari energi matahari. Banyak istilah PJU tenaga surya yang dipakai. Ada yang meningkatnya dengan istilah PJUTS, ada juga yang menyebut dengan istilah PJU

*solar cell*. Namun pada intinya semua istilah itu akan mengacu pada komponen utama penghasil daya yang ada dalam sistem suplai daya dari PJU tersebut: Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Meskipun namanya penerangan jalan umum, namun prinsip utama PJU adalah menerangi suatu kawasan tertentu pada luas bidang tertentu pula. Sehingga bisa diaplikasikan pada penerangan lain selain penerangan jalan. Berikut aplikasi lainnya:

- Lampu jalan, baik jalan umum, jalan tol maupun jalan lingkungan
- Lampu taman yang juga dapat berfungsi sebagai lampu hias / dekoratif
- Lampu fasilitas transportasi seperti, terminal bis, pelabuhan laut, bandar udara
- Lapangan, seperti lapangan parkir, lapangan olahraga, lapangan peti kemas dll
- Penerangan kawasan seperti kawasan wisata, kawasan perkebunan, kawasan pertambangan, dll.

Pertumbuhan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) mengalami peningkatan yang sangat pesat dalam 5-6 tahun terakhir ini. Menurut data Statistik yang diterbitkan oleh PT. PLN (Persero), pada tahun 2015 secara Nasional terdapat 186.118 sistem LPJU atau tumbuh sebesar 47% dibandingkan tahun 2010. Dari aspek konsumsi energi, pada tahun 2015 LPJU, mengkonsumsi energi listrik sebesar 3.448 GWh atau berkontribusi sekitar 1.7% dari total konsumsi energi listrik semua kelompok pelanggan PLN. Jika menggunakan faktor kapasitas tahunan (8.760 jam setahun) dan efisiensi pembangkit 60%, maka diperlukan satu pembangkit kelas 700 MW untuk memenuhi kebutuhan LPJU di Indonesia. (Putri, 2017)

#### **2.2.4.1. Konfigurasi Sistem Lampu Penerangan Jalan**

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat dipasang di kiri atau kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan disekitar jalan. Penerangan Jalan Tenaga Surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi matahari. Menggunakan Modul/Panel Surya dengan *lifetime* hingga 25 tahun yang berfungsi menerima cahaya (sinar) matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses photovoltaic. Kemudian disimpan di baterai sehingga tidak memerlukan suplai dari PLN , secara otomatis dapat mulai menyala pada sore hari dan padam pada pagi hari dengan perawatan yang mudah dan efisien selama bertahun tahun. Secara keseluruhan sistem ini dirancang untuk penyediaan cahaya penerangan umum dengan sumber energi terbarukan, bebas biaya perawatan dan berumur ekonomis lama.

Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya ( PJU-TS ) sangat cocok digunakan untuk jalan-jalan di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh listrik PLN dan juga daerah-daerah yang mengalami krisis energi listrik terutama di daerah terpencil seperti perkebunan, daerah pertambangan, pedesaan atau perkampungan yang belum terjangkau oleh PLN. Namun belakangan ini PJU Tenaga Surya juga marak diaplikasikan di daerah perkotaan seperti di kawasan jalan-jalan utama, jalan kawasan perumahan, halte bis, tempat parkir, pompa bensin (SPBU) dan sebagainya.

Lampu jalan PJU tenaga surya berbasis LED menggunakan daya yang lebih sedikit dan efisien. Menggunakan Lampu LED jenis hi-power yang sangat terang, hemat energi dan tahan lama . Masa pemakaian Lampu LED bisa mencapai 50.000 jam dengan sumber daya DC. Dengan lamanya interval penggantian lampu berarti juga mengurangi frekuensi dan menghemat biaya operasional pemeliharaan untuk ongkos jasa penggantian bola lampunya saja. Baterai yang digunakan adalah baterai bebas perawatan (*maintenance free*) jenis VRLA dan tipe Deep Cycle. Dengan menggunakan perangkat ini, kita sudah memiliki sumber energi sendiri tanpa ketergantungan dengan pihak lain, hemat BBM, dan ramah lingkungan. PJU Tenaga Surya beroperasi secara mandiri dan tidak memerlukan kabel jaringan antar tiang sehingga instalasinya menjadi sangat mudah, praktis, sangat ekonomis dan tentunya dapat terhindar dari *black out* total jika terjadi gangguan. Dengan sistem pemasangan yang cepat dan mudah, PJU LED Tenaga Surya dapat menjadi solusi yang cepat dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum.

### 2.2.4.2. Prinsip Kerja Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya

Secara umum prinsip kerja PJU Tenaga Surya dapat diuraikan sebagai berikut :

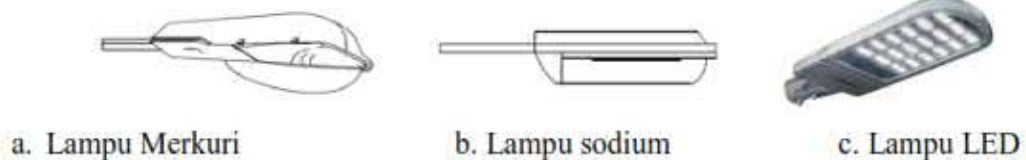


**Gambar 2.6.** Prinsip Kerja PJU Tenaga Surya  
Sumber : TMLEnergy

Pada siang hari, sinar matahari dikonversi menjadi arus listrik oleh panel surya. Arus listrik tersebut dialirkan ke baterai melalui SCC (*Solar Charge Controller*) sebagai regulator arus dan menjaga agar tidak terjadi over discharge pada baterai. Pada malam hari, lampu akan menyala dengan mengambil energi listrik yang disimpan pada baterai ketika siang hari. Arus listrik dari baterai ke lampu mengalir melalui SCC agar arus listrik tetap stabil.

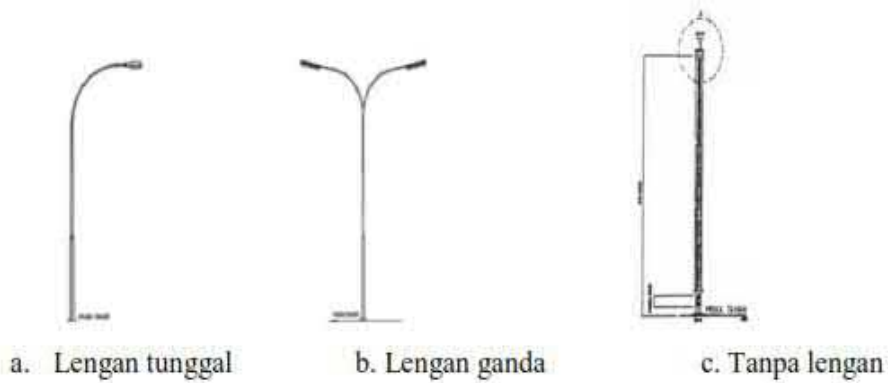


Lampu penerangan yang dimaksud adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu/*luminer*), elemen-elemen optik pemantul/*reflector*, pembias/*refractor*, penyebar/*diffuser*). Elemen-elemen elektrik (konektor ke sumber tenaga/*power supply*. dll.) struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu. Dalam perencanaan instalasi penerangan jalan haruslah semestinya dengan standar dan ketentuan yang telah berlaku dan ditetapkan oleh suatu lembaga di daerah tersebut. Di Indonesia ketentuan dan standar ini dinamakan SNI (Standar Nasional Indonesia). Berdasarkan jenis sumber cahaya, lampu penerangan jalan umum dapat pula dibedakan atas 3 (tiga) macam yaitu lampu merkuri , lampu sodium, dan lampu led.



**Gambar 2.7.** Contoh Lampu Merkuri, Sodium, LED

Sedangkan tiang merupakan komponen yang digunakan untuk menopang lampu. Beberapa jenis tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi dan tiang *octagonal*. Berdasarkan bentuk lengannya (stang ornamen), tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi 3, yaitu: lengan tunggal, lengan ganda , dan tanpa lengan.



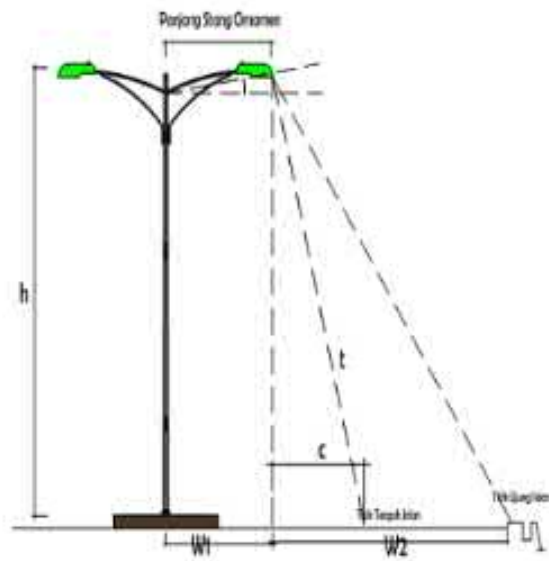
**Gambar 2.8.** Beberapa bentuk lengan tiang lampu jalan (SNI 7391, 2008)

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen, agar titik penerangan mengarah ke tengah-tengah jalan, maka :

$$T = \sqrt{h^2 + c^2}$$

Sehingga :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t}$$



**Gambar 2.9.** Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan (SNI 7391, 2008)

Keterangan :

h : tinggi tiang

t : jarak lampu ke tengah-tengah jalan

c : jarak horizontal lampu-tengah jalan

W1 : tiang ke ujung lampu

W2 : jarak horizontal lampu ke ujung jalan

### 2.2.4.3. Komponen PJUTS

Komponen PJU tenaga surya meliputi komponen pembangkit, komponen beban dan komponen pendukung. Komponen pembangkit berupa panel surya (solar panel/pv panel/solar module/pv module), solar *charge controller* (*battery control regulator/battery control unit*) dan baterai. Komponen beban berupa lampu LED. Sementara komponen pendukung terdiri dari tiang, kabel box baterai dan aksesoris. Komponen pembangkit PJU akan membentuk sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk mensuplai listrik ke komponen beban.




**Gambar 2.10.** Komponen PJUTS


Sumber : TMLEnergy



Sebagaimana penghitungan PLTS, untuk menentukan besar sistem pembangkitan beserta sub komponen yang dibutuhkan, maka diperlukan penghitungan besar energi yang akan dikonsumsi oleh komponen beban. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sistem dengan spesifikasi teknis yang efisien namun dapat diandalkan (*reliable*). Komponen PJU tenaga Surya secara umum adalah : Modul Solar Cell Mono/Polycrystalline, Lampu LED/CFL + Cobra Head Lamp, Charge Controller Automatic Timer, Battery SLA/VLRA Deep Cycle Free Maintenance, Battery Box, Solar Panel Support, Poles and Various Brackets, and Wiring Harnesses.

**Tabel 2.1.** Rincian Komponen PJUTS

*Sumber* : TMLEnergy

Gambar	Peralatan Utama	Spesifikasi
	<p>Modul Surya</p> <p>Modul Surya dengan jenis <i>Mono/Polycrystalline Silicon</i>, mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi tenaga listrik yang nantinya digunakan sebagai sumber energi</p>	<p>Tipe Cell :</p> <p>Mono/Polycrystalline</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jumlah cell : 36 – 72</li> <li>- Daya : 80 Wp-250 Wp</li> </ul>

	<p style="text-align: center;"><b>Baterai</b></p> <p>Baterai berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul surya, didesain untuk dapat mengalirkan arus konstan dalam waktu yang lama</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tipe Baterai :</b></p> <p>VRLA Gel / MF-Nominal</p> <p style="text-align: center;">Tegangan: 12 – 24 V</p> <p style="text-align: center;">Kapasitas : 65 – 150 Ah</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Solar Charge Controller</b></p> <p>Solar Charge Controller mengatur arus listrik yang dihasilkan modul surya untuk disimpan ke baterai, SCC menjaga agar arus listrik yang dihasilkan tetap stabil sehingga memperpanjang usia baterai</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algoritma Kontrol : MPPT/PWM</li> <li>- Nominal Tegangan : 10 – 20 A / 12 – 24 V</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Tiang &amp; Armature</b></p> <p>Teknologi pembuatan tiang menggunakan pelindung galvanize, sehingga lebih tahan terhadap korosi. Tinggi dan sudut armature disesuaikan dengan kebutuhan luminasi dan illuminasi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oktagonal</li> <li>- Hot Dip Galvanized</li> <li>- Anti Panjat</li> </ul>

	<p style="text-align: center;"><b>Lampu LED</b></p> <p>Lampu LED merupakan teknologi penerangan dengan efisiensi yang tinggi. LED memiliki usia pakai yang cukup panjang, serta warna cahaya yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luminasi &gt; 110 lm/W</li> <li>- Daya : 20 – 120 W</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Box Panel Listrik</b></p> <p>Box Batere dan Panel kontrol adalah sebuah panel untuk wadah/casing baterai dan SCC dengan instalasi wiring-nya.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Powder Coating</li> <li>- IP 54</li> <li>- Air Ventilated</li> </ul>

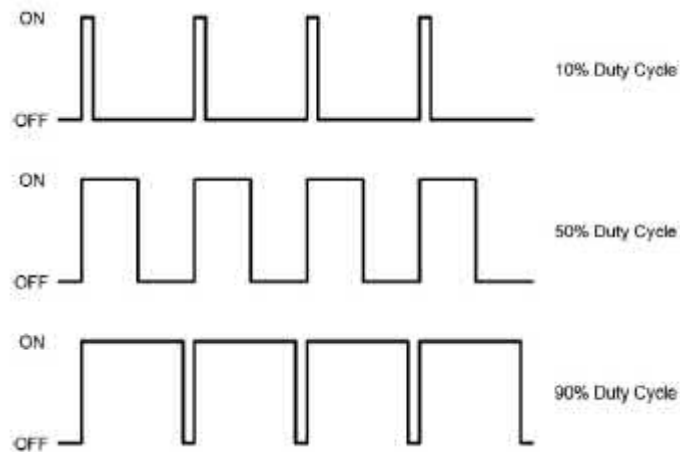
### 2.2.5. Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation adalah metode yang digunakan untuk mengatur lebar sinyal. Lebar sinyal ini direpresentasikan sebagai lebar pulsa dalam satu periode. Umumnya, sinyal PWM memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang sama, namun dengan lebar pulsa bervariasi. Dengan teknik PWM, akan terbentuk sejumlah pulsa *on* dan *off*.



**Gambar 2.11.** Bentuk Sinyal PWM

Persentase pulsa saat *on* tersebut direpresentasikan dalam *duty cycle*. *Duty cycle* memiliki rentang 0-100%.



**Gambar 2.12.** Beberapa contoh perhitungan *duty cycle*

Pada contoh pertama, nilai *duty cycle* adalah 10%. Ini artinya, beban on selama 10% dari satu periode dan off selama 90% dari satu periode. Periode adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus kerja (satuan: detik). Dari hasil perhitungan *duty cycle*, diperoleh nilai tegangan keluaran yang akan dihasilkan. Hal ini sesuai perhitungan :

$$V_{in(min)} = -V_{out} \times \frac{(1-D)}{D}$$

Keterangan :

$V_{in(min)}$  = tegangan masuk minimum

$V_{out}$  = tegangan keluar maksimum

D = duty cycle

Nilai duty cycle kemudian berkorelasi dengan PWM dalam persamaan berikut:

$$PWM = D(\%) \cdot \frac{255}{100}$$

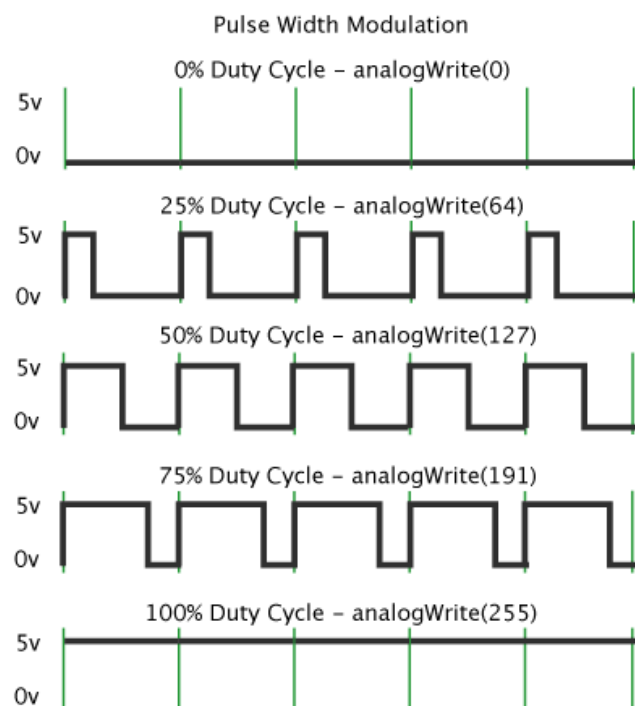
#### 2.2.5.1. PWM pada Arduino

Menurut Timothy Hirzel *Pulse Width Modulation* atau PWM, adalah teknik untuk mendapatkan hasil analog dengan sarana digital. Kontrol digital digunakan untuk membuat gelombang persegi, sinyal beralih antara *on* dan *off*. Pola *on-off* ini dapat mensimulasikan tegangan di antara penuh pada (5 Volt) dan mati (0 Volt) dengan mengubah porsi waktu yang dihabiskan sinyal dibandingkan waktu yang dihabiskan oleh sinyal. Durasi "waktu (t)" disebut lebar pulsa. Untuk mendapatkan nilai analog yang bervariasi, perlu mengubah, atau memodulasi, lebar pulsa tersebut. Jika mengulangi pola *on-off* dengan cukup cepat menggunakan LED misalnya, hasilnya seolah-olah sinyal adalah tegangan stabil antara 0 dan 5v untuk mengendalikan kecerahan LED.

Pada gambar 2.10, garis hijau mewakili periode waktu reguler. Durasi atau periode ini adalah kebalikan dari frekuensi PWM. Dengan kata lain, dengan



frekuensi PWM Arduino sekitar 500Hz, garis hijau akan mengukur 2 milidetik masing-masing. Panggilan ke `analogWrite()` berada pada skala 0 - 255, sehingga `analogWrite(255)` meminta *duty cycle* 100% (selalu aktif), dan `analogWrite(127)` adalah *duty cycle* 50% (pada separuh waktu).



**Gambar 2.13.** Contoh Grafik PWM pada Arduino  
Sumber : <http://www.arduino.cc>

### 2.2.6. Arduino UNO

Pengendalian intensitas LED menggunakan Arduino Uno, Arduino UNO adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega328P. Arduino jenis ini memiliki 14 pin masukan/keluaran digital (6 pin dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 6 masukan analog, quartz crystal 16MHz, koneksi USB, power jack, header ICSP dan tombol reset.



**Gambar 2.14.** Papan Arduino UNO  
 Sumber : <http://www.arduino.cc>

Arduino Uno mempunyai spesifikasi teknis sebagai berikut:

**Tabel 2.2.** Spesifikasi Arduino Uno  
 Sumber : <http://www.arduino.cc>

Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Masuk	7-12V
Tegangan Masuk (batas)	6-20V
Pin I/O Digital	14 (dimana 6 menyediakan PWM output)
Pin Digital PWM I/O	6
Pin Masukan Analog	6
Arus DC setiap Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3,3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328P), dimana 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)

EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Laju <i>Clock</i>	16 MHz
Panjang	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 g

Arduino Uno dapat diprogram dengan software Arduino (IDE). Atmega328 pada arduino telah memiliki program awal dengan bootloader yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah program baru tanpa menggunakan program hardware eksternal. Program berkomunikasi menggunakan protokol STK500 asli.

Papan dapat beroperasi pada tegangan 6 hingga 20 volt. Jika diberikan nilai tegangan kurang dari 7V, pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan papan menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, pengatur tegangan dapat menjadi panas dan merusak papan. Kisaran tegangan yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt.

Berikut tabel nama dan fungsi pin pada Arduino UNO

**Tabel 2.3.** Spesifikasi Pin Digital Arduino UNO

Nama pin	Nomor pin	Fungsi
Serial	0 (RX) dan 1 (TX)	Menerima (RX) dan mentransmisikan (TX) data serial TTL. Pin-pin tersebut tersambung pada pin-pin cip serial Atmega8U2 USB-to-TTL
Interrupt eksternal	2 & 3	Pin dapat dikonfigurasi untuk memicu suatu interrupt pada nilai rendah, titik meningkat

		atau menurunkan suatu nilai, atau perubahan nilai
PWM	3, 5, 6, 9, 10, dan 11	Memberikan keluaran PWM 8 bit dengan fungsi <code>analogWrite()</code>
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK)	Pin mendukung komunikasi SPI menggunakan library SPI
LED	13	Ketika pin bernilai HIGH, LED akan menyala. Jika nilai pin LOW, LED mati

**Tabel 2.4.** Spesifikasi Pin Analog Arduino UNO

Nama pin	Nomor pin	Fungsi
12 C	4 (SDA) dan 5 (SCL)	Mendukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan <i>library</i> Wire

**Tabel 2.5.** Spesifikasi Pin Daya Arduino UNO

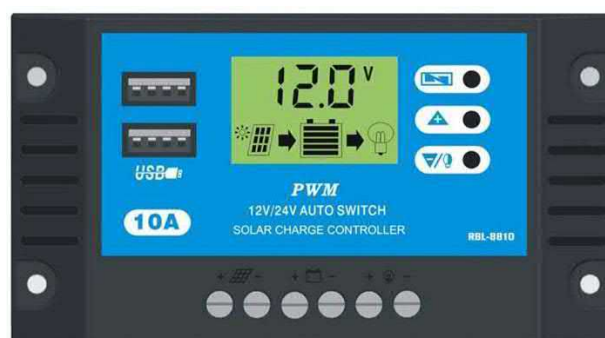
Nama pin	Nomor pin	Fungsi
Vin	-	Kadang ditandai sebagai 9V. Tegangan masuk untuk papan Arduino saat menggunakan catu daya eksternal
5 V	-	Catu daya yang digunakan untuk menyalurkan daya ke mikrokontroler dan komponen lainnya pada papan
3V3	-	Catu daya 3,3 volt yang dihasilkan cip FTDI
GND	-	Pin <i>grounding</i>

**Tabel 2.6.** Spesifikasi Pin Lain-lain Arduino UNO

Nama pin	Nomor pin	Fungsi
AREF	-	Tegangan referensi untuk tegangan masukan analog. Digunakan dengan syntax <code>analogReference()</code>
Reset	-	Memberikan nilai LOW untuk mereset mikrokontroler. Khususnya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada <i>shield</i>

### 2.2.7. Solar Charge Controller

*Solar charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. *Solar charge controller* yang digunakan adalah RBL – 8810 merk Y-SOLAR 12 V/10 A.



**Gambar 2.15.** *Solar Charge Controller RBL-8810*

#### Spesifikasi RBL-8810 :

**Tabel 2.7** Spesifikasi RBL-8810

Volt Baterai	12V/24V otomatis
Arus Charge	10A
Arus Discharge	10A
Maksimal Solar Input	12V baterai – 23V ; 24V baterai – 46V

<i>Equalization</i>	B1 Sealed (14.4v) B2 Gel(14.2v) B3 flood (14.6v)
<i>Float Charge</i>	13.7V ( <i>defaul</i> ,dapat diubah)
<i>Discharge Stop</i>	10.7V ( <i>defaul</i> ,dapat diubah)
<i>Discahrge reconnect</i>	12.6V ( <i>defaul</i> ,dapat diubah)
<i>Charge Reconnect</i>	13V
Tegangan otomatis saklar NC	Solar panel 8v (delay cahaya padam)
Tegangan otomatis saklar NO	Solar panel 8v (delay cahaya terang)
<i>USB output</i>	2 USB <i>output</i> ,5V/2.5A(Maksimal)
Konsumsi arus	<10mA
Operasi termperatur	(-35~+60C)

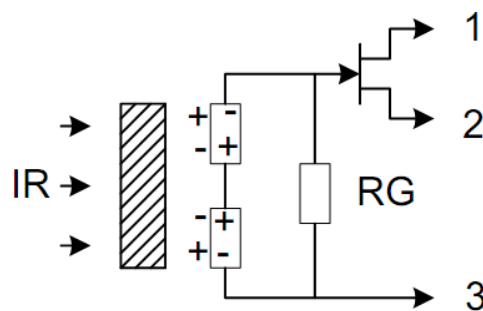
### 2.2.8. Sensor PIR (Passive Infrared)

Sensor PIR (Passive Infrared) adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengindra atau menangkap suatu besaran fisis dan merubahnya kebentuk sinyal listrik. Sesuai namanya, Passive Infrared, sensor ini bersifat pasif. Sensor ini menerima sinyal infrared yang dipancarkan oleh suatu objek yang bergerak . Salah satu model sensor PIR adalah dapat dilihat pada gambar 2.16.

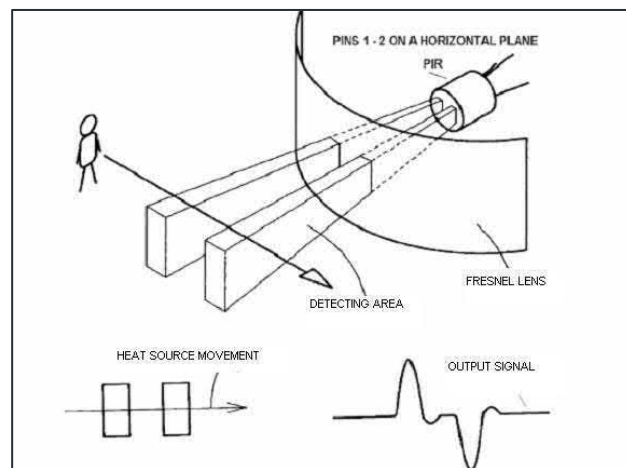


**Gambar 2.16.** Sensor PIR

Sensor PIR mempunyai dua elemen sensing yang terhubung dengan masukan, seperti gambar 2.15. Jika ada sumber panas yang lewat di depan sensor tersebut, maka sensor akan mengaktifkan sel pertama dan sel kedua sehingga akan menghasilkan bentuk gelombang seperti ditunjukkan dalam gambar 2.17.



**Gambar 2.17.** Diagram internal Rangkaian Sensor PIR

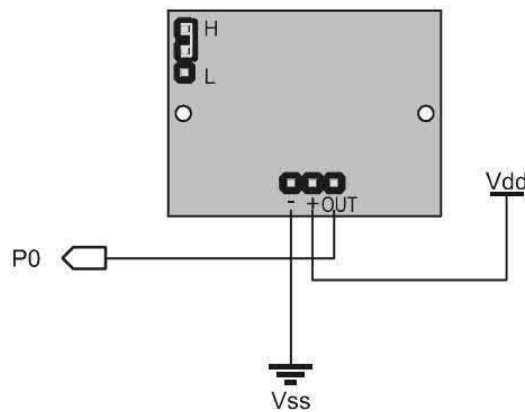


**Gambar 2.18.** Arah Jangkauan Gelombang Sensor PIR

Berikut ini adalah Karakteristik dari sensor PIR :

1. Tegangan operasi 4.7 – 10 Volt
2. Arus standby (tanpa beban) 300 $\mu$ A
3. Suhu kerja antara -20° C – 50°C
4. Jangkauan deteksi 5 meter
5. Kecepatan deteksi 0.5 detik

Selain itu, sensor PIR juga sangat mudah digunakan karena hanya menggunakan satu pin I/O sebagai penerima informasi sinyal gelombang infra merah yang dapat dihubungkan ke Mikrokontroler (gambar 2.15).



**Gambar 2.19.** Konfigurasi Sensor PIR

Keterangan dari pin-pin sensor PIR :

Pin - (Vss) : Dihubungkan ke ground atau Vss

Pin + (Vdd) : Dihubungkan ke +5 Vdc atau Vdd

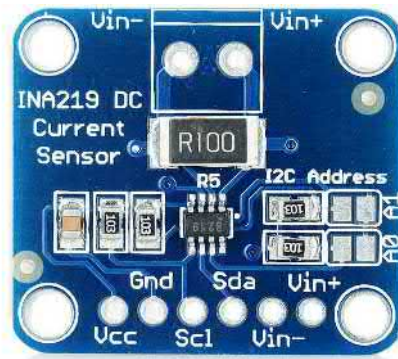
Pin OUT (Output) : Diberikan untuk penyetelan keluaran yang diinginkan.

### 2.2.9. Sensor Arus INA219

Sensor arus merupakan sensor yang dapat mengukur suatu arus yang melewati suatu hambatan baik arus AC maupun DC. Sensor arus yang digunakan untuk mengukur arus yang dihasilkan oleh Solar charge controller adalah modul INA219, modul sensor arus ini dapat mengukur arus yang mengalir pada suatu hambatan dan menghasilkan sinyal yang sebanding dan ditampilkan oleh Ampere meter. Sinyal yang dihasilkan merupakan sinyal analog. Adapun spesifikasi dari



modul sensor ini yaitu komunikasi menggunakan I2C, maksimum tegangan 26 VDC, maksimum arus 3,2 Ampere, dan membutuhkan daya sebesar 5 VDC. Bentuk fisik dari sensor arus seperti pada gambar 2.20.



**Gambar 2.20** Modul Sensor Arus INA219

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Prototipe penerangan jalan umum tenaga surya dengan kontrol intensitas led berdasarkan objek yang melintas berhasil dibangun dengan komponen utama panel surya 20 WP, tiang penopang setinggi 1 meter, *solar charge controller* RBL – 8810 12 V/10 A, baterai 12 volt 7,5 Ah, mikrokontroller arduino uno R3, sensor PIR, dan led 12 volt. Intensitas led kondisi terang dan redup diatur menggunakan *pulse width modulation* dengan mengubah nilai *duty cycle* 100% dan *duty cycle* 20% pada mikrokontroller arduino uno. Menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi objek yang melintas dengan jarak deteksi maksimal 5 meter.
2. Berdasarkan data dan analisis yang dilakukan pengaturan intensitas led pada penerangan jalan umum tenaga surya mampu menghemat daya mencapai 35,67%.

## **5.2. Saran**

Pada penelitian ini masih memiliki kelemahan untuk diterapkan. Penelitian yang akan datang diharapkan menggunakan led dengan daya yang setara dengan penerangan jalan umum tenaga surya sesungguhnya serta menghitung daya yang dihasilkan panel surya pada siang hari sehingga mampu memprediksi ketahanan baterai saat cuaca mendung dan penggunaan sensor perlu ditingkatkan dengan fungsi lebih baik yang mampu mendeteksi jarak kendaraan diatas 5 meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aris Triwiyatno. 2011. Buku Ajar Sistem Kontrol Analog
- Herring, H. 2006. Energy efficiency a critical view. *Journal Energy*, 31(1):10-20
- Kementrian ESDM. 2017. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) 2017±2026.Jakarta
- Khalil, H., Abas, N. and Rauf, S. 2017. Intelligent street light system in context of smart grid. 2017 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT).
- Revathy, M., Ramya, S., Sathiyavathi, R., Bharathi, B. and Anu, V. 2017. Automation of street light for smart city. 2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP).
- Khatavkar, N., Naik, A. and Kadam, B. 2017. Energy efficient street light controller for smart cities. 2017 International conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS).
- Bhairi, M., Kangle, S., Edake, M., Madgundi, B. and Bhosale, V. 2017. Design and implementation of smart solar LED street light. International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI).
- Putri Sundari, Niar Suwiarti S,dkk. 2017. Proposal Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) Jalan TOL Probolinggo – Banyuwangi.
- Manan, Saiful. 2009. ENERGI MATAHARI, SUMBER ENERGI ALTERNATIF YANG EFFISIEN, HANDAL DAN RAMAH LINGKUNGAN DI INDONESIA. Gema Teknologi
- Muhammad Ichwan, Milda Gustiana Husada, M. Iqbal Ar Rasyid, 2013,Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Platform Android, Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung, 2013
- Sukoco Didik.2012.Rancang Bangun Sistem Pengendali dan Monitoring Baterai dengan Algoritma Numerik untuk Sumber Energi Listrik.Tesis.Depok : Universitas Indonesia
- Susilo, Danang. 2010. Peningkatan Daya Keluaran Sel Surya dengan Penjejak Matahari dan Pemantulan Cahaya Matahari Sebagai Sumber Daya Pendukung Perusahaan Listrik Negara (PLN) Sub Judul: Penjejak Matahari Berbasis Sensor Cahaya Dan Waktu. Jurnal POMITS. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

- Tjahjono, Budi. 2008. Analisis Perhitungan Nilai Ekonomis Pemakaian Lampu Penerangan Jalan Umum dengan Solar Cell.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009. *Ketenagalistrikan*. 23 September 2009. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 5052. Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007. *Energi*. 10 Agustus 2007. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 4746. Jakarta.
- Yenni, H., & Benny. 2016. Perangkat Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Helda. *Jurnal Ilmiah Media Processor*, 11(2):171-181
- O'Brien & Marakas. 2005. *Management Information Systems*. Ninth Edition. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Agus Mulyanto. 2009. *Sistem Informasi Konsep dan Aplikasi*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta
- Ian Sommerville. 2011. *Software Engineering*. United States of America: Pearson
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Arikunto, S. 2006. *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara