

# Sistem Penerangan Jalan Pintar Menggunakan Kontrol PID Pada Sumbu Azimuth

1<sup>st</sup> Devie Ryana Suchendra  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

deviersuchendra@telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Muhammad Rizqy Alfarisi  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

mrizkyalfarisi@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Anggi Angga Reksa  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

anggianggareksa@student.telkomuniversity.ac.id

**Abstract**—Smart street light sistem merupakan menggabungkan *solar tracking system* dengan deteksi objek. sistem penyerapan energi matahari melalui media perantara solar cell menggunakan bantuan alat penggerak (motor servo) untuk menghasilkan energi listrik. Gerakan yang dilakukan motor servo dapat menggerakkan posisi solar cell ke arah intensitas cahaya matahari yang maksimal. Sementara itu buat mengetahui posisi intensitas cahaya matahari yang paling maksimal menggunakan bantuan sensor LDR. Sensor LDR akan mendeteksi intensitas cahaya matahari menggunakan metode sumbu azimuth. Data intensitas cahaya matahari akan di kirim ke mikrokontroler Arduino dan akan menggerakkan motor servo pada solar cell. Kemudian Sensor PIR dipakai untuk mendeteksi objek yang melintas disekitar lampu untuk menghemat pengeluaran energi, jika tidak ada yang melintas lampu akan redup bila sensor mendeteksi objek lampu akan menyala terang. Implementasi sistem yang dibentuk menghasilkan rancangan bangun prototype dengan rangkaian mikrokontroler Arduino dirangkai dengan sensor PIR dan sensor LDR dan satu buah motor servo untuk menggerakkan solar cell, sensor PIR dipakai untuk mengkontrol lampu supaya biasa berhemat pengeluaran energi listrik, energi yang dikeluarkan lampu saat kondisi redup tegangan 0.48 V, intensitas yang dikeluarkan oleh lampu 3.1 LUX. Saat kondisi terang tegangan lampu 4.35 V dan intensitas cahaya lampu 13.6 LUX. Dengan perancangan dan implementasi seperti itu maka proses penyerapan energi dan penghematan energi matahari pada solar cell akan lebih maksimal.

**Keywords** – *Smart Street Light System, Solar Tracking System, Mikrokontroler Arduino*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap energi semakin meningkat. Tetapi dalam kenyataannya jumlah energi yang tersedia pada bumi ini semakin menipis. Hal ini memicu para peneliti, akademisi, dan manusia lainnya berlomba-lomba menciptakan energi baru. Dimana energi baru ini akan menjadi sebuah energi yang dapat diperbaharui dalam waktu dekat.

Salah satu energi yg bisa diperbaharui merupakan energi cahaya matahari. Pancaran sinar matahari inilah yang nantinya akan diubah sebagai energi listrik dan dipakai untuk kebutuhan manusia. Solar Cell menjadi media perantaraan energi matahari yg secara eksklusif merubah energi cahaya matahari sebagai energi listrik, biasanya hanya berdiri sendiri

dalam sebuah bidang yang menghadap ke arah sinar matahari. Dengan hal tadi optimalisasi pencahayaan matahari dalam solar panel terjadi waktu posisi matahari berada dalam bidang yang tegak lurus menggunakan panel surya. Dikarenakan Indonesia belum ada yang mengoptimalkan konsumsi energi listrik pada penerangan jalan umum maka terjadilah pemborosan energi listrik, dikarenakan lampu PJU menyala dengan daya penuh terus menerus sepanjang malam.

Pengembangan pada Proyek Akhir ini berdasarkan permasalahan serta literatur tersebut yaitu dilakukan perancangan prototipe sistem penerangan jalan pintar menggunakan kontrol PID pada sumbu azimuth, sensor LDR digunakan sebagai mendeteksi intensitas cahaya matahari (solar tracking system), sensor PIR sebagai pendeteksi objek (ketika ada yang melintas pada lampu PJU akan menyala 100%, jika tidak ada yang melintas lampu akan menyala 60%. ini dibuat untuk menghemat daya), motor servo digunakan untuk menggerakkan solar cell supaya menghadap ke matahari langsung untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari, solar cell digunakan untuk menyerap cahaya matahari dan diubah menjadi energi listrik.

### B. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penyusunan Proyek akhir ini adalah untuk menentukan titik intensitas cahaya matahari yang optimal pada panel surya dengan bantuan sensor cahaya menggunakan metode kontrol PID pada sumbu azimuth dan motor servo sebagai penggerak, untuk mengatur pengeluaran daya pada lampu, menggunakan bantuan sensor PIR untuk mendeteksi objek.

### C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam proyek akhir ini adalah:

1. Menggunakan sensor LDR dan metode kontrol PID pada sumbu Azimuth untuk menentukan titik intensitas cahaya matahari yang paling optimal.
2. Sensor PIR digunakan untuk mengurangi daya dari lampu. Dengan cara deteksi objek, apabila sensor PIR mendeteksi objek maka kondisi lampu akan terang, jika objek berjalan ke sensor PIR selanjutnya maka lampu akan redup.

3. Pengujian lampu terang dan redup hanya di uji dengan satu objek yang bergerak ke sensor PIR satu dan sensor PIR dua.
4. Motor servo digunakan untuk menggerakkan solar cell ke titik intensitas cahaya matahari yang paling optimal.
5. Proyek akhir ini hanya berupa prototype.
6. Proyeksi sumbu Azimuth berporos di motor servo 90°.

## II. DASAR TEORI

### A. Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)

Kontrol PID adalah salah satu metode control yang dipakai untuk memperbaiki respon sistem. Kontrol proporsional berfungsi untuk memperkuat frekuensi kesalahan penggerak (frekuensi error), sehingga akan meningkatkan kecepatan keluaran sistem mencapai titik setpoint.[4]

$$u(t) = P(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(T) dr + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Gambar 2 – 1 Rumus PID

Dengan :

$K_p$  = Gain Proporsional

$K_i$  = Gain Integral

$K_d$  = Gain Derivatif

$e$  = Error

$t$  = Waktu

### B. Solar Tracking

Solar tracking system merupakan sistem penyerapan energi surya melalui media perantara solar cell menggunakan bantuan alat penggerak (motor servo) untuk membuat energi listrik. Gerakan yang dilakukan motor servo dapat menggerakkan arah posisi solar cell ke arah intensitas cahaya matahari yang maksimal. Sementara itu untuk mengetahui posisi intensitas cahaya matahari yang paling maksimal memakai bantuan sensor LDR.

Dengan metode sumbu sensor LDR akan mendeteksi intensitas cahaya matahari dengan cara melakukan scanning dari arah timur ke barat. Proses scanning pada LDR digerakan oleh motor servo. Setelah proses scanning selesai, data intensitas cahaya matahari akan dikirim ke mikrokontroler Arduino dan akan menggerakkan motor servo pada solar cell.

### C. Solar Panel (Solar Cell)

Letak geografis Indonesia yang berada digaris khatulistiwa dan matahari bersinar sepanjang tahun, maka tepat sekali menerapkan dan memanfaatkan energi matahari yang melimpah jumlahnya dan tidak akan ada habis-habisnya. Fotovoltaik adalah pemilihan jenis modul, arus keluaran tiap modul, keluaran harian tiap modul dan jumlah minimum modul yang diperlukan sesuai dengan besarnya beban.

Indonesia merupakan negara tropis dimana panjang siang hari sama menggunakan panjang malam. Untuk beberapa pulau, dalam hal ini: Pulau Jawa, topografi berada pada bawah khatulistiwa sebagai akibatnya pemasangan panel surya diarahkan ke arah utara dengan kemiringan 5 derajat sampai 10 derajat.[6]



Gambar 2 – 2 Solar Cell

Solar Cell adalah sebuah alat yang berfungsi merubah energi cahaya matahari sebagai tenaga listrik. Cahaya matahari akan diproses oleh solar cell menjadi energi listrik DC. Bahan yang biasanya digunakan pada solar cell merupakan bahan semikonduktor. Multicrystalline Silicon merupakan salah satu bahan dalam solar cell yang banyak dipakai dalam industri solar cell. Multicrystalline dan Monocrystalline Silicon membuat efisiensi yg nisbi lebih tinggi berdasarkan dalam Amorphous Silicon. Beberapa bahan yang banyak pada produksi diantaranya merupakan Monocrystalline Silicon menggunakan efisiensi 12-15%. Kemudian dengan bahan Multicrystalline Silicon memiliki nilai efisiensi 10-13%. Serta Amorphous Silicon yang memiliki efisiensi antara 6-9%.[1]

### D. Motor Servo

Motor servo merupakan suatu alat atau aktuator putar (motor) yang dibuat menggunakan sistem kendali umpan balik loop tertutup (servo) ,kita sanggup mengatur guna menentukan dan memastikan posisi sudut poros keluaran motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri berdasarkan motor DC, serangkaian roda gigi, rangkaian kontrol, dan potensiometer. Rangkaian roda gigi yang dihubungkan ke poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, dan potensiometer yang resistansinya berubah ketika motor berputar bertindak menjadi poros pembatas untuk putaran motor servo.



Gambar 2 – 3 Motor Servo MG996R

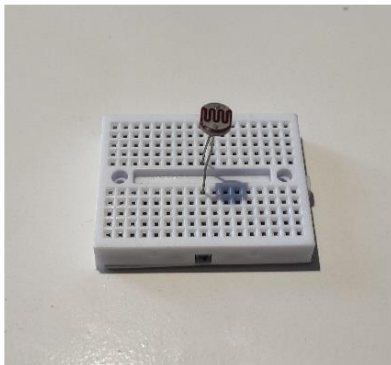
Pada Gambar 2 – 3 ini menandakan keunggulan berdasarkan Motor Servo MG966R ini yaitu lebih presisi, lebih halus getarannya, dan juga untuk torsi atau kekuatannya bisa sampai 7Kg. Penelitian ini menggunakan motor servo MG966R sebagai penggerak Solar cell. Pin data motor servo terhubung dengan pin Arduino PWM yang ke 3.

Table 2 – 1 Spesifikasi Motor Servo MG996R

Berat	55g
Dimensi	40,7 x 19,7 x 42,9 mm
Stall torque	9,4 kgfcm(4.8 V), 11 kgfcm(6 V)
Derajat	Rotasi servo maks 180 derajat
Operating speed	0.17 s/60 (4.8), 0.14 s/60(6 V)
Operating voltage	5 V – 7.1 V
Running Current	500 mA – 900 mA (6 V)
Stall Current	2.5 A (6 V)
Temperatur range	0C – 55C

#### E. Sensor LDR

Sensor ini bekerja ditentukan oleh rangsangan cahaya. Sensor ini berupa resistor yang bisa mengalami perubahan resistansi jika mengalami perubahan penerimaan cahaya. Sensor LDR terbuat berdasarkan cadmium sulfide yaitu bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah berdasarkan banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya.



Gambar 2 – 4 Sensor LDR

Resistansi LDR dalam tempat yang gelap biasanya mencapai lebih kurang 10 MW, dan pada tempat yang jelas LDR mempunyai resistansi yang turun sebagai lebih kurang 150 W. Seperti hal resistor konvensional pemasangan LDR pada suatu rangkaian sama misalnya resistor biasa.

#### F. Sensor PIR (Passive Infra Red)

Pyroelectric infrared sensor (PIR) adalah perangkat yang sangat baik buat mendeteksi keberadaan manusia/hewan dengan bentuk yang mini, faktor dan desain yang kokoh, untuk pengawasan yang ekonomis. Mereka banyak dipakai untuk memicu alarm penyusup dan mengaktifkan alat-alat rumah tangga menggunakan kehadiran manusia. Namun, hasil analog dari sensor sebanding dengan beberapa interaksi spasial dan temporal antara suatu objek pada bidang pandang sensor, sensitivitas sensor, fitur lensa PIR, dan kondisi panas lingkungan.



Gambar 2 – 5 Sensor PIR

#### G. Relay

Relay merupakan komponen elektronik berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar yang menggunakan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya.

#### H. LED (Light Emitting Diode)

LED (Light Emitting Diode), yaitu diode yang mampu mengubah listrik menjadi cahaya. Sebagaimana sifat diode, lampu LED mempunyai kaki positif dan negatif. Sehingga pemasangannya tidak boleh terbalik, apabila dipasang terbalik maka tidak akan ada arus yang mengalir dan LED tidak akan menyala.



Gambar 2 – 7 LED 1 Watt

Table 2 – 2 Spesifikasi LED

Power	1 watt
Brightness	100 – 120 LM
Tegangan	3.2 – 3.4 V
Arus	350 mA
Berat satuan	2 g
Warna	Warm White 3200K

Arduino bekerja pada tegangan 5-12 volt menggunakan arus yang relatif besar yang mampu memutuskan LED. Sehingga jika kita ingin menyambungkan LED, maka kita butuh (resistor) sebagai pembatas arus yang masuk ke LED. LED memiliki tegangan kerja yang disebut dengan forward voltage (vf), tegangan ini merupakan tegangan yang dibutuhkan LED untuk bisa menyala dengan baik.

#### I. Arduino R3 SMD

Arduino Uno merupakan salah satu produk berlabel Arduino yang sebenarnya suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah chip yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Arduino Uno memakai mikroprosesor (berupa Atmel AVR) dan dilengkapi dengan oscillator 16MHz (yang memungkinkan operasi berbasis saat dilaksanakan dengan tepat), dan regulator (pembangkit tegangan) lima volt. Sejumlah pin tersedia pada papan. Pin 0 sampai 13 dipakai untuk isyarat digital, yang hanya bernilai 0 atau 1. Pin A0-A5 dipakai untuk isyarat analog. Arduino Uno dilengkapi menggunakan static random access memory (SRAM) ukuran 2 KB untuk memegang data, flash memory ukuran 32KB, dan erasable programmable read only memory (EEPROM) buat menyimpan program.

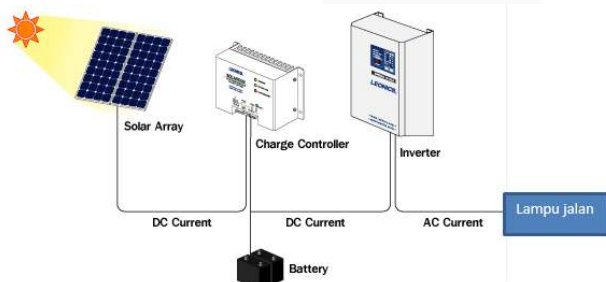


Gambar 2 – 8 Arduino R3 SMD

### III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

#### A. Gambaran Sistem Saat Ini

Sistem saat ini bekerja menggunakan cara memakai energi surya dan pln menjadi sumber penyuplai tenaga listriknya. Cara kerja alat ini adalah menggunakan mengkonfigurasi sensor cahaya dalam suatu keadaan tertentu untuk membuat listrik. Sensor cahaya bekerja disaat sinar matahari konstan jadi panel surya sanggup menghasilkan tenaga hanya selama zenit penyinaran kurang lebih 5 jam atau lebih perharinya. Listriknya akan disimpan pada baterai aki dan energy yang didapatkan oleh panel surya habis maka lampu penerangan jalan akan melakukan switch penggunaan listriknya memakai listrik dari pln memakai relay. kekurangannya saat panel surya tidak bisa bekerja saat kondisi sinar matahari tidak konstan atau hanya sanggup bekerja kurang atau lebih berdasarkan 5 Jam/Hari.[7]



Gambar 3 – 1 Sistem Saat Ini [7]

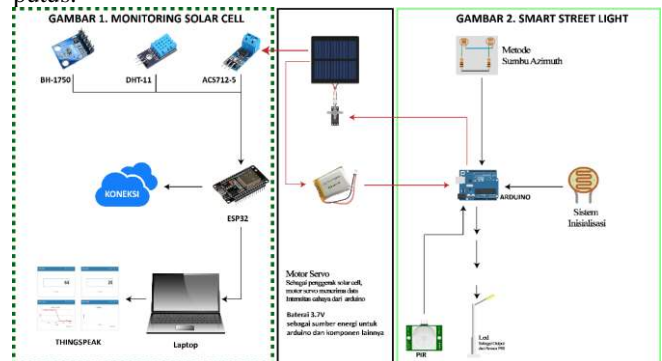
#### B. Identifikasi Kebutuhan Sistem

Adapun kebutuhan system dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Kebutuhan Fungsional.
  - a. Menggunakan system mikrokontroler
  - b. Dibutuhkan lampu penerangan jalan yang dapat mengatur intensitas cahaya untuk memaksimalkan penggunaan listrik.
2. Kebutuhan Non – Fungsional
  - a. Membutuhkan Arduino sebagai pengontrol *system* yang ada di *smart street light*.
  - b. Membutuhkan sensor LDR untuk menentukan intensitas cahaya yang bernilai tinggi.
  - c. Membutuhkan sensor PIR sebagai deteksi objek, Ketika ada yang melintas diarea PJU.
  - d. Membutuhkan motor servo MG996R untuk menggerakkan *solar cell* kearah intensitas cahaya yang nilainya tinggi.

#### C. Gambaran Sistem Usulan

Penjelasan pada gambar 3 – 2 yaitu gambaran sistem usulan smart street light system Ditandai dengan garis putus – putus.

Gambar Sistem Usulan *Smart Street Light System*

Menggunakan mikrokontroler arduino uno yang terhubung ke sensor LDR dan sensor PIR, sensor LDR digunakan untuk membuat sistem *tracking solar cell* dan sensor PIR digunakan untuk mendeteksi objek yang melintas. Serta motor servo yang digunakan untuk menggerakkan *solar cell* ke arah cahaya matahari. Serta LED yang digunakan sebagai output.

#### D. Metodologi Pengerjaan

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode prototype. Tahapan pengerjaan yang dilakukan adalah:[1]

##### Analisis kebutuhan

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi seluruh kebutuhan sistem yang akan dibuat. Selain itu pada tahapan ini, akan dilakukan pembentukan konsep yang jelas guna untuk pengerjaan proyek akhir.

##### Perancangan *Prototype*

Pada tahapan ini dilakukan perancangan dan pembuatan *Prototype smart street light system* dan sensor yang akan dipakai. perancangan dan penggambaran dilakukan dengan manual menggunakan buku gambar.

##### Evaluasi *Prototype*

Pada tahap evaluasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah contoh *prototype* telah sesuai dengan apa yang diharapkan.

##### Memprogram Sistem

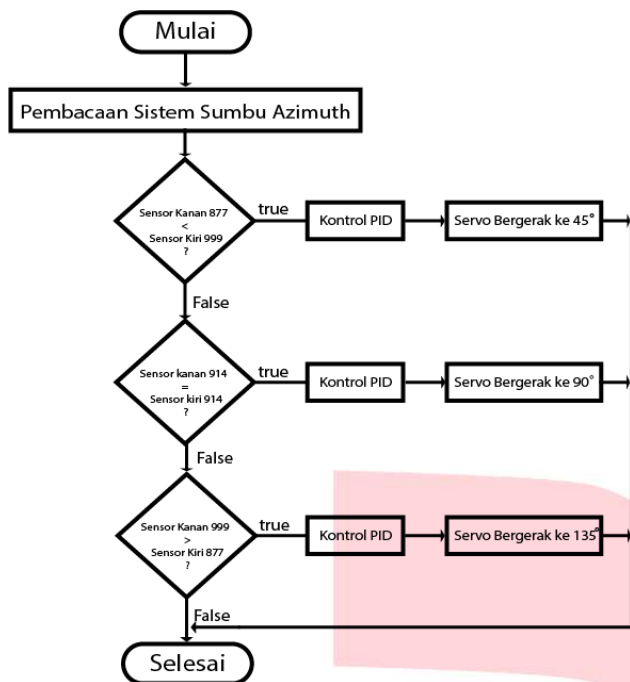
Pada tahap ini apabila *prototype* telah sesuai, maka akan dilakukan membuat program yang akan diterapkan kedalam sistem.

##### Menguji Sistem

Pada tahap ini apabila program telah selesai maka sistem akan dilakukan pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan apakah sistem *smart street light system* bisa berjalan dengan sesuai rancangan.

##### Evaluasi Sistem



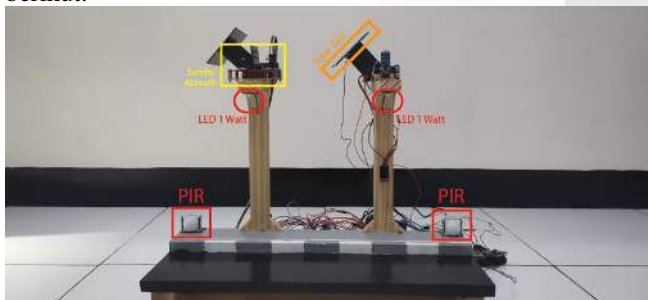


Gambar 3 – 6 Flow Chart Solar Tracking Sumbu Azimuth

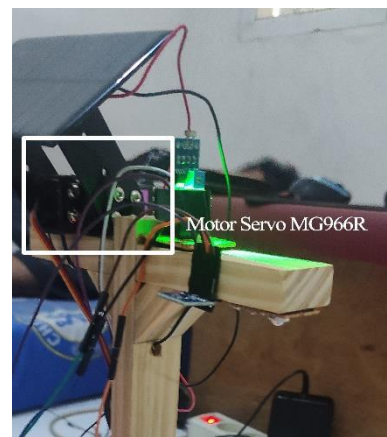
Berdasarkan gambar 3.3.4.2 Dapat dijelaskan bahwa alur menurut sistem perancangan prototype solar tracking ini diawali dengan sistem menyala. Langkah pertama yang dijalankan yaitu, sensor LDR melakukan scanning cahaya matahari menggunakan metode sumbu azimuth. Kemudian sensor LDR akan menerima nilai intensitas cahaya, bila nilai didapat maka alur akan berlanjut ke tahap pengiriman data ke arduino dan bila tidak maka alur flowchart akan pulang ke tahap scanning. Tahap selanjutnya merupakan motor dalam solar cell akan bergerak ke arah intensitas cahaya yang telah dihasilkan oleh sensor LDR, kemudian terdapat delay scanning karena mobilitas matahari tidak terlalu cepat maka diberikan delay lebih kurang 1-2 jam. Jika tidak maka sistem selesai.

#### IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Implementasi dari perancangan system penerangan jalan pintar menggunakan PID pada sumbu Azimuth sebagai berikut:

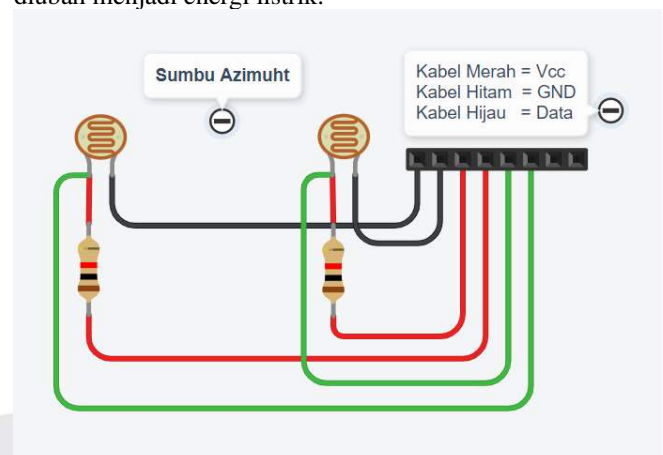


Gambar 4 – 1 Smart Street Light System



Gambar 4 -2 Motor Servo

Pengembangan pada Proyek Akhir ini berdasarkan permasalahan serta literatur tersebut yaitu dilakukan perancangan prototipe sistem penerangan jalan pintar menggunakan kontrol PID pada sumbu azimuth, sensor LDR digunakan sebagai mendeteksi intensitas cahaya matahari (solar tracking system), sensor PIR sebagai pendeteksi objek (ketika ada yang melintas pada lampu PJU akan menyala 100%, jika tidak ada yang melintas lampu akan menyala 60%. ini dibuat untuk menghemat daya), motor servo digunakan untuk menggerakkan solar cell agar menghadap ke matahari langsung untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari, solar cell digunakan untuk menyerap cahaya matahari dan diubah menjadi energi listrik.



Gambar 4 – 3 Sumbu Azimuth

Pada bagian ini sensor LDR akan melakukan scanning menggunakan sumbu Azimuth. Cara kerja sumbu Azimuth, jika salah satu LDR tertutup oleh bayangan, dan LDR yang lain terkena langsung cahaya matahari. Dengan perbedaan pembacaan analog berdasarkan LDR utara dan selatan, maka servo akan bergerak secara terus menerus hingga menemukan titik dimana pembacaan analog berdasarkan LDR selatan dan utara sama.

##### A. Pengujian Sensor PIR

###### 1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa jauh sensor PIR bisa mendeteksi objek yang bergerak.

###### 2. Skenario Pengujian

Pengujian ini dilakukan saat intensitas di area lampu rendah atau senja, bisa juga dilakukan pada malam hari. Untuk menguji berapa jauh sensor PIR bisa mendeteksi

objek, objek akan bergerak dari sensor PIR mulai dari jarak 100 cm, bergerak menjauh ke 200 cm dan seterusnya sampai sensor PIR tidak bisa mendeteksi objek.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian jarak deteksi pada sensor PIR :

Tabel 4 – 4 Pengujian Jarak Sensor PIR

No	Jarak (cm)	Status Sensor PIR1	Status Sensor PIR2
1	100	Terdeteksi	Terdeteksi
2	200	Terdeteksi	Terdeteksi
3	300	Terdeteksi	Terdeteksi
4	400	Terdeteksi	Terdeteksi
5	500	Terdeteksi	Terdeteksi
6	510	Terdeteksi	Terdeteksi
7	520	Terdeteksi	Terdeteksi
8	530	Terdeteksi	Terdeteksi
9	540	Terdeteksi	Terdeteksi
10	550	Terdeteksi	Terdeteksi
11	560	Terdeteksi	Terdeteksi
12	570	Terdeteksi	Terdeteksi
13	580	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
14	590	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
15	600	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

4. Analisis Hasil Pengujian

Pada Tabel 4 – 4 percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar range area sensor horizontal. Untuk mengukur jarak sensor PIR objek akan bergerak mulai dari 100 cm dari sensor PIR dan digeserkan menjauh dari sensor setiap 100 cm. Maksimal yang bisa dideteksi oleh sensor adalah 580 cm, masuk ke jarak 600 cm sensor sudah tidak bisa mendeteksi objek.

B. Pengujian Sensor LDR

1. Tujuan Pengujian

Pengujian LDR dilakukan untuk mengetahui intensitas cahaya di area penerangan jalan umum, pada kondisi cahaya terang dan cahaya kurang terang.

2. Skenario Pengujian


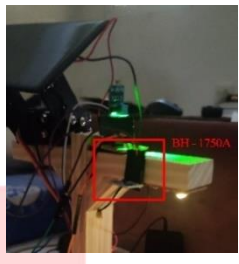
Pengujian ini dilakukan pada pagi hari ketika kondisi cahaya di sekitar terang 40.83 LUX lampu akan mati untuk menghemat energi, ketika cahaya mencapai 2.50 LUX atau cahaya di sekitar redup maka lampu akan redup, digunakan sensor BH – 1750 untuk mendeteksi intensitas cahaya, dan untuk sistem on/off lampu menggunakan sensor LDR.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian dari sistem inisialisasi pada penerangan jalan pintar :

Tabel 4 – 5 Pengujian Sensor PIR

No	Nilai Intensitas Cahaya	Hasil	Keterangan
----	-------------------------	-------	------------

1	40.83 LUX		Cahaya di sekitar lampu terang maka lampu akan mati.
2	2.50 LUX		Cahaya di sekitar lampu senja atau gelap maka lampu akan menyala Redup.

4. Analisis Pengujian

Pada Tabel 4 – 5 percobaan ini dilakukan untuk mengetahui sistem inisialisasi akan bekerja pada malam hari atau tidak. Sistem inisialisasi akan aktif Ketika cahaya di sekitar lampu 2.50 LUX, dan lampu akan menyala redup.

C. Pengujian Lampu

1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa intensitas cahaya lampu yang dikeluarkan dan berapa tegangan yang di keluarkan lampu.

2. Skenario Pengujian

Pengujian ini dilakukan pada malam hari, ketika kondisi intensitas cahaya di area lampu redup atau gelap. Pengujian lampu dilakukan dari kondisi lampu terang sampai lampu redup. Digunakan juga alat ukur LUX meter untuk mengukur intensitas lampu. Pengeluaran voltage dari lampu diukur dengan multimeter yang di pasang pada Vcc lampu.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil dari pengujian intensitas cahaya lampu menggunakan LUX meter:

Tabel 4 – 6 Pengujian Lampu

No	Nilai PWM	Nilai Intensitas Cahaya Lampu (LUX)	Tegangan
1	Terang 255	13.6	4.35 V
2	Redup 100	7.5	1.54 V
No	Nilai PWM	Nilai Intensitas Cahaya Lampu (LUX)	Tegangan
3	Redup 90	7.3	1.40 V
4	Redup 80	6.9	1.20 V
5	Redup 70	5.9	1.03 V
6	Redup 60	4.7	0.88 V
7	Redup 50	3.5	0.65 V
8	Redup 40	3.1	0.48 V
9	Redup 30	2.6	314.2 mV

10	Redup 20	1.7	126.3 mV
----	----------	-----	----------

4. Analisis Hasil Pengujian

Pada tabel 4 – 6 Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengeluaran voltage dari lampu menggunakan multimeter yang di pasang pada Vcc lampu. Semakin redup lampu maka semakin kecil tegangan yang dikeluarkan oleh lampu.

D. Pengujian Sumbu Azimuth

1. Tujuan Pengujian

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui akurasi dari metode sumbu azimuth, ketika cahaya di arah 45°, 90°, dan 135°. Berapa nilai intensitas cahaya yang didapat pada LDR utara dan berapa nilai.

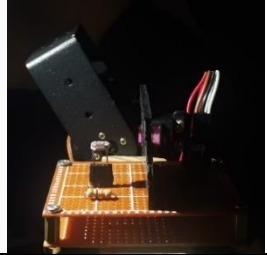
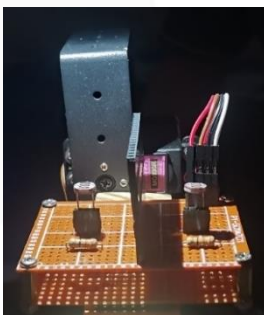
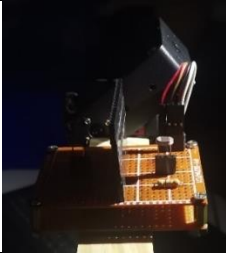
2. Skenario Pengujian

Pengujian ini dilakukan menggunakan cahaya dari ponsel yang bergerak dari kiri kekanan, apakah LDR menerima nilai intensitas yang benar. Cahaya dari ponsel digerakan perlahan.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian sistem sumbu azimuth menggunakan cahaya dari ponsel:

Tabel 4 – 7 Pengujian Sumbu Azimuth

No	Sudut Cahaya	Nilai		Keterangan gambar
		Sensor kiri	Sensor Kanan	
1	45 °	999	877	
2	90 °	914	914	
No	Sudut Cahaya	Nilai		Keterangan Gambar
		Sensor Kiri	Sensor Kanan	
3	135 °	880	999	

4. Analisis Hasil Pengujian

Pada Tabel 4 – 7 Pengujian sumbu azimuth ini di uji dengan menggunakan cahaya senter dari ponsel, digerakan dari kiri ke atas sampai kekanan sumbu azimuth. Ketika cahaya berada di 0° - 45° maka motor servo akan bergerak kesudut 45°. Ketika cahaya ada di 90° dan nilai LDR kanan dan kiri bernilai sama maka motor servo akan bergerak atau diam di 90°. Jika cahaya berada di 135° - 180° maka motor servo akan bergerak ke arah 135°.

E. Pengujian Servo

1. Tujuan Pengujian

Percobaan ini dilakukan untuk menyesuaikan gerakan servo dengan sumbu azimuth dari 45° sampai 135°.

2. Skenario Pengujian

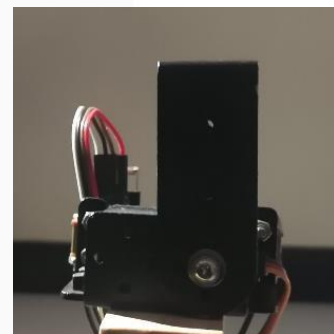
Pengujian ini dilakukan berbarengan dengan sistem sumbu azimuth yang disinari oleh cahaya dari ponsel yang bergerak perlahan dari 0° sampai 180°.

3. Hasil Pengujian

Berikut hasil dari pengujian gerakan servo dari 45°, 90°, dan 135°:



Gambar 4 – 4 Arah Pengujian Servo 45°



Gambar 4 – 5 Arah Pengujian Servo 90°



Gambar 4 – 6 Arah Pengujian Servo 135°

4. Analisis Pengujian

Percobaan ini dilakukan untuk menyesuaikan gerakan servo dengan sumbu azimuth dari 45° sampai 135°. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan cahaya dari senter



ponsel. Motor servo bergerak dengan stabil dikarenakan bantuan dari bracket model U.

#### F. Pengujian Kendali PID

##### 1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  yang sesuai dengan system tracking solar cell.

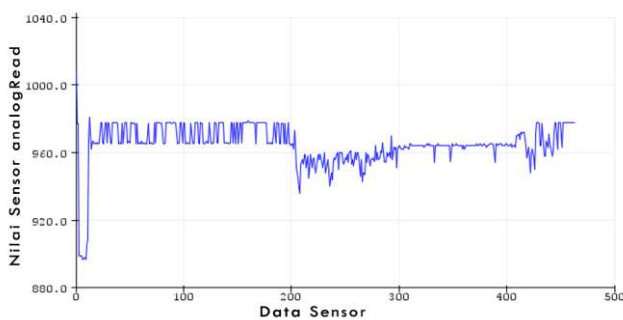
##### 2. Skenario Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan mengubah  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  agar bisa sesuai dengan sistem sumbu azimuth atau inputan sensor.

##### 3. Hasil Pengujian

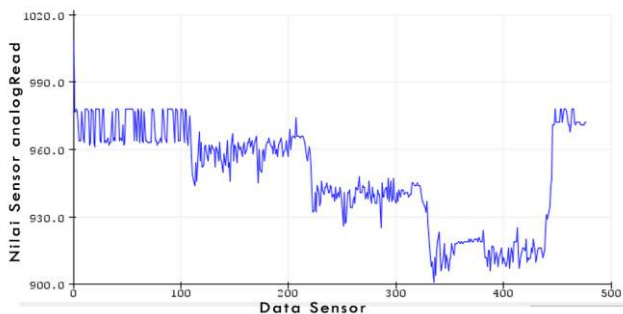
Berikut hasil  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  yang sesuai dengan sistem dan tidak sesuai dengan sistem :

- a.  $K_p : 40$ ,  $K_i : 0.2$ ,  $K_d : 2$  Penangkapan dari sensor LDR stabil.



Gambar 4 – 7 Pengujian Kontrol PID Stabil

- b.  $K_p : 10$ ,  $K_i : 0.1$ ,  $K_d : 1$  Penangkapan dari Sensor LDR kurang stabil.



Gambar 4 – 8 Pengujian Kontrol PID Kurang Stabil

##### 4. Analisis Pengujian

pengujian ini dilakukan dengan mengubah  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  sampai sesuai dengan sistem yang diinginkan. Kondisi pembacaan sensor dari yang paling stabil adalah  $K_p 40$ ,  $K_i 0.2$  dan  $K_d 2$ . Agar pembacaan sensor bisa setabil diangka setpoint.

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengujian pada sistem penerangan jalan pintar menggunakan sensor LDR dan metode sumbu Azimuth disimpulkan:

1. Pemanfaatan solar tracking dengan menggunakan metode sumbu azimuth ini sangatlah membantu sekaligus mempercepat penyerapan energi matahari.

2. Sistem lampu redup disimpulkan bahwa bisa mengurangi pengeluaran dari sumber energi listrik, dari terangan 13.6 LUX dan tegangan 4.35 V menjadi redup 3.1 LUX dan tegangan 0.48 V.

##### B. Saran

Adapun saran dari penulis untuk dapat mengembangkan sistem penerangan jalan pintar menggunakan kontrol PID pada sumbu azimuth antara lain:

1. Menggunakan sumbu azimuth yang 4 layer, sehingga servo bisa bergerak ke arah selatan, utara, barat, dan timur. Penyerapan energi menjadi lebih maksimal.
2. Menggunakan lampu yang brightness lebih tinggi dari yang 1 watt, sehingga penerangan lebih jelas dari sebelumnya.
3. Sistem solar tracking lebih baik menggunakan 2 sensor LDR yang mencari intensitas cahayanya sendiri menggunakan motor servo, seperti penelitian sebelumnya yang di buat oleh saudara Irfan Maulana Agung.

#### REFERENCES

- [1] I. Maulana Agung, M. S. Ike Sari, and R. S. Handayani, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PROTOTYPE SOLAR TRACKING SYSTEM MENGGUNAKAN SENSOR CAHAYA DESIGN AND IMPLEMENTATION PROTOTYPE SOLAR TRACKING SYSTEM WITH LIGHT SENSOR."
- [2] A. Abdullah, S. H. Yusoff, S. A. Zaini, N. S. Midi, and S. Y. Mohamad, "Energy efficient smart street light for smart city using sensors and controller," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 8, no. 2, pp. 558–568, Jun. 2019, doi: 10.11591/eei.v8i2.1527.
- [3] H. Gami, "Movement Direction and Distance Classification Using a Single PIR Sensor," *IEEE Sensors Lett.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/lensens.2017.2782179.
- [4] N. B. Hartono, Kemal Sari, B. Sumantri, and A. Wijayanto, "Pengaturan Posisi Motor Servo Dc Dengan Metode P, Pi, Dan Pid," *Transient*, vol. 2, pp. 1–9, 2016.
- [5] E. Rosdiana, F. T. Siregar, P. Studi, T. Fisika, and F. T. Elektro, "Perbandingan Kinerja Sensor Gerak , Sensor Suhu Dan Kombinasinya Pada Sistem Pengontrolan Lampu Ruangan," vol. 6, no. 2, pp. 5337–5342, 2019.
- [6] R. Handayani, M. I. Sari, H. Setiawan, and A. Baskoro, "Developing Monitoring System on Street Light Using GPRS Communication and Web Interface," vol. 8, pp. 581–585, 2019.
- [7] M. Ikhsan, T. Gunawan, and M. K. F. Susanti, "Rancang Bangun Simulasi Lampu Jalan Tenaga Agin Menggunakan Sensor PIR, Sensor Cahaya dan Sensor Ultrasonik," vol. 4, pp. 486–501, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/6729>