
Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Nyala Lampu dengan Menggunakan Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor*

Nurhayati¹, Besty Maisura²

^{1,2} Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

e-mail: nurhayati.sururi@ar-raniry.ac.id¹, 170204012@student.ar-raniry.co.id²

Diterima: 30-05-2021

Disetujui: 23-06-2021

Diterbitkan: 31-08-2021

Abstract

The purpose of this research is to analyze the relationship between the intensity of light hitting the LDR to the resistance and the flame of the light. The research created an automatic lighting system, in which the lighting system was designed to turn on or off lights by light intensity. This research created automatic light controls using LDR light sensor. The LDR light sensor set is used as a switch that turns on or off a light automatically based on the received intensity of light. By using the LDR components, it can design a series of light sensors for such items as outdoor light sensors, sleeping lights, garden lights, road lights that turn on at night and go out during the day automatically. The equipment used of the research were 2 test lamps, and done with 2 lighting sources, a natural source of lighting and an artificial source of lighting. From the research, it showed that the large light intensity affects the light flame by using LDR light sensor. It could be concluded that the greater of the light hitting intensity from the LDR surface was smaller than the value of the resistance and the flickering of the light. In contrast, the less light that affects the LDR, was the greater value of LDR resistance and lighter the light.

Keywords: LDR Light Sensor, Light Intensity, Automatic Lighting, Lamp

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara intensitas cahaya yang mengenai LDR terhadap hambatan dan nyala lampu. Penelitian ini Merencanakan sistem pencahayaan menjadi otomatis, yang otomatis tersebut digunakan untuk menyalakan atau mematikan lampu berdasarkan intensitas cahaya. Penelitian ini merencanakan kontrol lampu otomatis menggunakan sensor cahaya LDR. Rangkaian sensor cahaya LDR digunakan sebagai saklar yang berfungsi untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya. Dengan memanfaatkan komponen LDR tersebut kita dapat merancang sebuah rangkaian sensor cahaya untuk berbagai keperluan seperti sensor lampu di luar rumah, lampu tidur, lampu taman, serta lampu di jalan yang bisa padam di siang hari dan menyala di malam hari secara otomatis. Penelitian ini menggunakan 2 buah lampu uji, dan dilakukan pada 2 sumber pencahayaan yaitu sumber pencahayaan alami dan sumber pencahayaan buatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar intensitas cahaya telah mempengaruhi nyala lampu dengan menggunakan sensor cahaya LDR. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan LDR maka semakin kecil nilai hambatannya dan membuat nyala lampu redup. Sebaliknya, semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR, semakin besar nilai resistansi LDR dan semakin terang.

Kata kunci: Sensor Cahaya LDR, Intensitas Cahaya, Pencahayaan otomatis, Lampu

Pendahuluan

Pada zaman modern ini, listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk mendukung aktivitas manusia. Aktivitas setiap manusia hampir selalu membutuhkan energi listrik dengan adanya penggunaan alat-alat elektronik. Salah satu yang paling utama yaitu lampu sebagai penerangan pada malam hari atau disaat keadaan gelap, lampu merupakan sumber cahaya buatan yang dihasilkan dari energi listrik. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, konsumsi listrik nasional terus mengalami peningkatan, pada tahun 2015 konsumsinya baru 910 kWh/kapita, kemudian meningkat menjadi 1.084 kWh/kapita pada tahun 2019, dan Kementerian ESDM memproyeksikan konsumsi listrik nasional mencapai 1.142 kWh/kapita tahun ini. Konsumsi listrik terus meningkat dengan adanya peningkatan akses/elektrifikasi dan pertumbuhan ekonomi. Namun, ketergantungan manusia terhadap listrik ini menimbulkan kebiasaan buruk. Contohnya lupa mematikan lampu saat sedang pergi, menghidupkan lampu disiang hari, dan lain-lain. Hal ini tentu saja mengakibatkan pemborosan listrik (Pribadi, 2020).

Guna mengatasi masalah pemborosan listrik ini perlu peran dari setiap individu maupun masyarakat untuk menghemat penggunaan listrik mulai dari hal-hal yang kecil. Misalnya tidak menyalakan lampu pada siang hari, mematikan segala peralatan elektronik dalam rumah saat tidak dibutuhkan dan lain sebagainya. Akan tetapi, dalam melakukan penghematan listrik dari hal kecil tersebut terkadang masyarakat masih suka lupa atau malas untuk melakukannya.

Kemajuan teknologi dapat membantu memudahkan manusia khususnya untuk mengendalikan hidup dan matinya listrik dengan sistem otomatisasi pada perangkat-perangkat manual. Maka dari sanalah penulis berinisiatif membuat sebuah penelitian dengan memanfaatkan berbagai macam komponen elektronika untuk suatu sistem pencahayaan otomatis. Sistem pencahayaan otomatis tersebut digunakan untuk menyalakan atau mematikan lampu berdasarkan intensitas cahaya. Pada Penelitian ini direncanakan membuat kontrol lampu otomatis menggunakan sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*). Rangkaian sensor cahaya LDR digunakan sebagai saklar yang berfungsi untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis. (Fauzan, 2019)

LDR merupakan suatu sensor yang apabila terkena cahaya maka akan berubah tahanannya. Dengan memanfaatkan komponen tersebut kita dapat merancang sebuah rangkaian sensor cahaya untuk berbagai keperluan seperti sensor lampu di luar rumah, lampu tidur, lampu taman, serta lampu jalanan yang bisa secara otomatis menyala di malam hari dan padam disiang hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara intensitas cahaya yang mengenai LDR terhadap hambatan dan nyala lampu. (Simaremare, 2018)

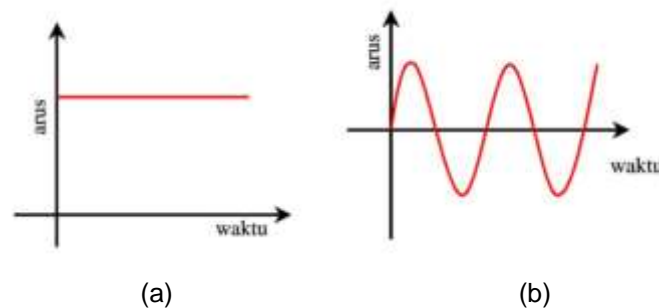
Studi Pustaka

a. Listrik

Listrik adalah suatu energi yang berasal dari gesekan mekanis atau melalui proses kimia yang menghasilkan aliran pergerakan muatan dan disalurkan melalui sebuah penghantar, dimana energi ini digunakan untuk membantu kinerja manusia dengan diubah menjadi energi gerak, panas, cahaya dan lainnya. Arus listrik merupakan laju aliran muatan listrik yang melewati suatu titik atau bagian tertentu. Muatan-muatan listrik tersebut dibawa oleh partikel bermuatan, sehingga arus listrik adalah aliran partikel bermuatan. Di sirkuit listrik, pembawa muatan adalah partikel elektron yang bergerak melalui kawat. Dengan demikian, arus listrik adalah banyaknya

muatan listrik yang mengalir dari suatu titik yang berpotensi tinggi ke titik yang berpotensi rendah tiap satuan waktu. Bila sebuah baterai dihubungkan ke rangkaian, arus mengalir dengan tetap pada suatu arah, arus ini disebut arus searah atau DC (*Direct Current*). Dan generator listrik pada pusat pembangkit tenaga listrik menghasilkan arus bolak-balik atau AC (*Alternating Current*). Arus bolak-balik berubah arah beberapa kali setiap detiknya, arus yang dipasok ke rumah-rumah dan kantor-kantor oleh perusahaan listrik adalah AC untuk seluruh dunia. (Giancoli, 2001)

Maka dari itu, arus listrik dibagi 2 jenis berdasarkan arah aliran listriknya, yaitu arus listrik searah dan arus listrik bolak-balik. Arus searah adalah arus yang arahnya selalu sama setiap saat. Arah arus selalu sama, sedangkan besarnya arus bisa berubah-ubah. Sedangkan arus bolak-balik adalah arus yang arahnya berubah-ubah secara bergantian. Pada suatu saat arah arus ke kiri, kemudian berubah menjadi ke kanan, kemudian ke kiri, ke kanan, dan seterusnya. Berikut contoh kurva arus searah dan arus bolak-balik. (Abdullah, 2017)



Gambar 1. (a) Pada grafik didapatkan arus searah yang besarnya selalu konstan dan bertanda positif. (b) Pada grafik didapatkan arus bolak-balik yang berubah secara sinusoida. Setengah periode arus bergerak dalam arah sebaliknya. (Abdullah, 2017)

b. Cahaya

Cahaya adalah sebuah gelombang yang memindahkan energi tanpa disertai perpindahan massa. Cahaya sangat penting untuk seluruh kehidupan di bumi dan sumber cahaya yang sangat dibutuhkan oleh bumi yaitu matahari, karena seluruh kehidupan di bumi membutuhkan energi dari matahari yang ditransfer ke bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Cahaya itu digunakan oleh mata manusia untuk melihat benda-benda disekitarnya, tanpa cahaya manusia tidak dapat melihat. Cahaya digunakan oleh tumbuh-tumbuhan untuk mensintesis karbohidrat dari karbondioksida dan air atau biasa disebut proses fotosintesis. Cahaya juga diperlukan diperlukan oleh binatang untuk memperoleh informasi penting dari lingkungannya.

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Cahaya dipancarkan dan diserap sebagai aliran foton yang diskrit yang membawa energi dan momentum. Cahaya merambat sangat cepat, yaitu dengan kecepatan 3×10^8 m/s, artinya dalam waktu satu sekon cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m atau 300.000 km. Gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 400 nm sampai 700 nm disebut dengan cahaya tampak. cahaya inilah yang dapat dideteksi dengan mata manusia (Fauzan, 2019).

Pencahayaan terbagi dalam dua jenis, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami merupakan pencahayaan yang bersumber dari sumber daya alam yang selalu tersedia yaitu matahari. Cahaya langit sangat mempengaruhi waktu seperti

pergantian siang dan malam, serta dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti awan, dan curah hujan. Kondisi cahaya langit yang sering berubah-ubah menyebabkan besar kuat penerangan yang terukur pada suatu titik tidak stabil. Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang bersumber dari sumber daya alam terbatas seperti sumber listrik, minyak bumi, dan gas. Pencahayaan buatan tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca dan waktu yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaannya dan memiliki intensitas cahaya yang lebih stabil (Sheha, 2017).

Dalam pembicaraan kuantitas cahaya, ada beberapa istilah sebagai berikut (Sumardjito, 2015):

- 1) Arus cahaya (*luminous flux*) adalah banyak cahaya yang dipancarkan oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu (biasanya per detik) ke segala arah.
- 2) Intensitas cahaya (*light intensity, luminous intensity*) adalah kuat cahaya yang dipancarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu.
- 3) Iluminan (*illuminance*) adalah jumlah banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang, sedangkan prosesnya disebut iluminasi (*illumination*) yaitu datangnya cahaya ke suatu objek.
- 4) Luminan (*luminance*) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan dan diteruskan oleh satu unit bidang yang diterangi, sedangkan prosesnya disebut luminasi (*lumination*) yaitu perginya cahaya dari suatu objek.

Tabel 1. Simbol dan Satuan dalam Cahaya

Kesatuan	Simbol	Satuan	Simbol satuan
Kuat cahaya (intensitas cahaya)	I	Lilin (Candela, <i>candlepower</i>)	Cd
Arus cahaya, yaitu jumlah banyak cahaya (Q) per waktu (t) $\Phi = Q/A$	Φ	Lumen	Lm
Arus cahaya yang datang (Iluminan) per satuan luas permukaan $E = \Phi / A$	E	Lux	Lx
Arus cahaya yang pergi (Luminan) per satuan luas permukaan $IL = 1/A$	IL	Cd/m ²	Cd/m ²

c. Lampu

Lampu listrik suatu perangkat yang ketika dialiri arus listrik dapat menghasilkan cahaya. Arus listrik dapat berasal dari tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik terpusat (*Centrally Generated Electric Power*) seperti PLN maupun Genset atau dapat juga berasal dari tenaga listrik yang dihasilkan oleh Baterai dan Aki. (Santoso, 2016). Sebelum ditemukan lampu listrik, manusia pada saat itu menggunakan lilin, lampu minyak dan api sebagai alat penerang pada malam hari. Tapi setelah ditemukannya lampu listrik, manusia lebih banyak beralih pada lampu listrik tersebut karena lebih mudah dalam penggunaannya. Sehingga pada zaman modern ini, lampu listrik telah menjadi salah satu alat listrik yang paling penting bagi kehidupan manusia. Dengan adanya lampu listrik, kita dapat melakukan berbagai kegiatan pada malam hari, memperindah interior maupun eksterior rumah, penerangan ruangan yang gelap ataupun

sebagai indikator tanda-tanda bahaya. Dan dalam perkembangannya hingga saat ini telah banyak ditemukan berbagai macam bentuk dari lampu listrik tersebut.



Gambar 2. Jenis-jenis Lampu (Mulyadi, 2020)

Pada dasarnya, lampu listrik dapat dikategorikan dalam tiga jenis yaitu Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*), Lampu Lucutan Gas (*Gas-discharge Lamp*) dan Lampu LED (*Light Emitting Diode*). Berikut ini adalah tiga jenis utama lampu listrik yang dimaksud (Santoso, 2016):

1) Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*)

Lampu pijar adalah lampu listrik yang memancarkan cahaya dengan memanaskan kawat filamen dalam bola kaca yang diisi dengan gas tertentu, seperti nitrogen, argon, kripton, atau hidrogen. Kita dapat menemukan Lampu Pijar dalam berbagai pilihan tegangan listrik yaitu tegangan listrik yang berkisar dari 1,5 V hingga 300 V. Lampu Pijar dapat bekerja pada arus DC maupun arus AC ini banyak digunakan di Lampu Penerangan Jalan, Lampu Rumah, Lampu Kantor, Lampu Mobil, Lampu Flash dan juga Lampu Dekorasi. Pada umumnya Lampu Pijar hanya dapat bertahan sekitar 1000 jam dan memerlukan energi listrik yang lebih banyak dibandingkan dengan jenis-jenis lampu lainnya. Lampu Halogen juga termasuk dalam kategori jenis Lampu Pijar.

2) Lampu Lucutan Gas (*Gas-discharge Lamp*)

Lampu Lucutan Gas adalah lampu listrik yang dapat menghasilkan cahaya dengan mengirimkan lucutan elektrik melalui gas yang terionisasi. Gas-gas yang digunakan adalah gas mulia seperti Argon, Neon, Kripton dan Xenon. Lampu lucutan gas ini juga memakai bahan-bahan tambahan seperti Merkuri, Natrium dan Halida logam. Lampu jenis ini diantaranya adalah Lampu *Fluorescent*, Lampu *Xenon Arc*, Lampu *Neon* dan *Mercury Vapor Lamp*.

Jenis lampu lucutan gas yang paling sering kita temukan adalah Lampu *Flourescent*. Lampu *Fluorescent* adalah jenis lampu yang di dalam tabungnya terdapat sedikit Merkuri dan gas Argon dengan tekanan rendah, serbuk Phosphor yang melapisi seluruh permukaan bagian dalam kaca tabung lampu tersebut. Lampu *Fluorescent* ini biasanya digunakan sebagai lampu penerangan di rumah maupun kantor. Daya tahan Lampu *Fluorescent* adalah sekitar 10.000 jam atau 10 kali lipat lebih tahan dari pada Lampu Pijar. Lampu *Fluorescent* juga lebih hemat energi jika dibandingkan dengan Lampu Pijar.



Gambar 3. Lampu *Fluorescent* (Dickson, 2015)

3) Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED adalah lampu listrik yang sumber cahayanya berasal dari komponen elektronika LED. LED merupakan suatu tegangan maju pada dioda yang dapat memancarkan cahaya monokromatik. Lampu listrik jenis LED ini memiliki banyak kelebihan seperti lebih hemat energi, lebih tahan lam dan tidak mengandung bahan berbahaya (contohnya Merkuri). Namun harga Lampu LED lebih mahal jika dibandingkan dengan Lampu *Fluorescent* dan Lampu Pijar sehingga penggunaannya masih sangat terbatas. Lampu LED memiliki daya tahan lebih lama dari Lampu *Fluorescent* yang mencapai hingga 25.000 jam atau 2,5 kali lipat. Jika dibandingkan dengan Lampu Pijar, Lampu LED lebih tahan lama hingga 25 kali lipat dari pada lampu pijar.



Gambar 4. Lampu LED Kecil (Mulyadi, 2020)

Salah satu dari sekian banyaknya variasi Lampu LED adalah Lampu HPL (*High Power LED*). Lampu HPL adalah LED yang bekerja dengan beberapa ratus mA sampai beberapa A. Lampu HPL juga sesuai dengan namanya, dapat memancarkan cahaya lebih dari 1 W. Lampu HPL yang sering kita temui ada yang berdaya 1 watt, 3 watt, 5 watt, 10 watt, 20 watt sampai ratusan watt. Lampu HPL biasanya digunakan sebagai penerangan *outdoor*, penerangan dalam industri, penerangan untuk dekorasi aquarium dan lain-lain. Penggunaan HPL bertujuan untuk menghemat biaya, karena HPL membutuhkan arus dan tegangan yang relatif lebih kecil dibandingkan Lampu Pijar atau Lampu Neon, tetapi masih memiliki lumen yang lebih besar. (Mitra Walidain, 2018)



Gambar 5. Lampu HPL 1 Watt (Radhitya, 2014)

d. Sensor Cahaya LDR

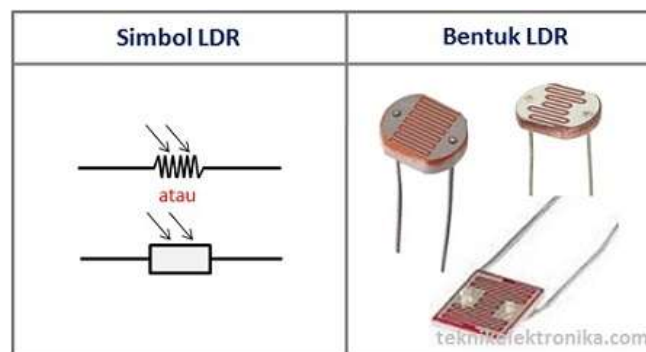
Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui magnitudo tertentu. Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetik, panas, cahaya, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam mengendalikan pabrikasi modern sensor memegang peranan penting. Sensor yang sering digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik salah satunya adalah sensor cahaya. Alat yang digunakan untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik dengan menggunakan sensor cahaya (Karimah, 2014).

Berdasarkan perubahan elektrik yang dihasilkan sensor cahaya dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- *Photovoltaic* yaitu suatu perubahan besaran cahaya menjadi perubahan tegangan yang disebabkan oleh sensor cahaya. *Solar Cell* merupakan Salah satu sensor cahaya jenis *photovoltaic*.
- *Photoconductive* yaitu suatu perubahan besaran cahaya menjadi perubahan nilai konduktansi. LDR, *Photo Diode*, *Photo Transistor* adalah contoh sensor cahaya jenis *photoconductive*.

LDR merupakan salah satu jenis dari sensor cahaya serta jenis resistor yang memiliki nilai hambatan yang bergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Nilai hambatan LDR akan tinggi jika dalam kondisi gelap dan menurun pada saat cahaya terang. Fungsi LDR untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya. Naik turunnya nilai akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diterimanya. Pada umumnya, nilai hambatan LDR akan mencapai 200 Kilo Ohm ($k\Omega$) pada kondisi gelap dan menurun menjadi 500 Ohm (Ω) pada kondisi cahaya terang. (Simaremare, 2018).

Sensor cahaya LDR seperti terlihat pada gambar dibawah sering digunakan atau diaplikasikan dalam rangkaian elektronika sebagai sensor pada lampu *outdoor*, lampu kamar tidur, lampu taman, lampu jalan, rangkaian anti maling, *shutter* kamera, *alarm* dan lain sebagainya.



Gambar 6. Bentuk dan Simbol LDR (Suyadhi, 2014)

Sensor cahaya LDR adalah bentuk elemen dengan perubahan resistansi yang besar. Ukurannya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju *Recovery* dan Respon Spektral seperti yang diuraikan sebagai berikut (Simaremare, 2018):

a. Laju Recovery Sensor Cahaya LDR

Nilai resistansi tidak akan segera berubah pada keadaan ruangan gelap, bila sebuah Sensor Cahaya LDR dibawa dari ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu. Namun, LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju recovery merupakan Tingkat pemulihan adalah ukuran praktis, dan nilai resistansi akan meningkat seiring waktu. Harga ditulis dalam K/dtk. Harga LDR tipe saat ini lebih besar dari 200 K/dtk (20 menit pertama dari 100 lux), dan kecepatan sebaliknya akan lebih tinggi, yaitu bergerak dari gelap ke gelap. Dibutuhkan kurang dari 10 ms (milidetik) untuk cahaya mencapai resistansi yang sesuai dengan tingkat cahaya 400 lux.

b. Respon Spektral Sensor Cahaya LDR

LDR memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap setiap panjang gelombang cahaya (yaitu, warna) yang jatuh di atasnya. Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus adalah tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Di antara kelima bahan tersebut, tembaga merupakan konduktor yang paling banyak digunakan karena konduktivitas listriknya yang baik.

Dalam kegelapan dimana tidak ada cahaya sama sekali, LDR memiliki nilai resistansi yang besar (sekitar beberapa mega ohm). Nilai resistansinya ini akan semakin kecil jika cahaya yang jatuh ke permukaannya semakin terang. Pada keadaan terang benderang (siang hari) nilai resistansinya dapat mengecil, lebih kecil dari 1 K Ω . LDR biasa digunakan sebagai sensor cahaya. Contoh pengaplikasiannya adalah pada lampu di jalan dan lampu taman yang secara otomatis bisa menyala di malam hari dan padam di siang hari.

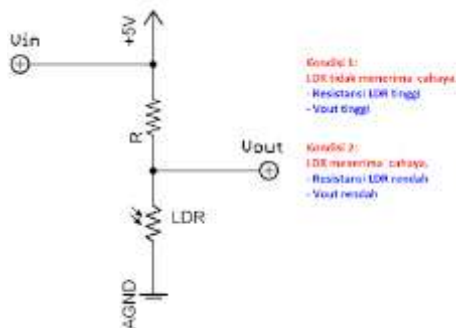


Gambar 7. Grafik Kerja LDR (Suyadhi, 2014)

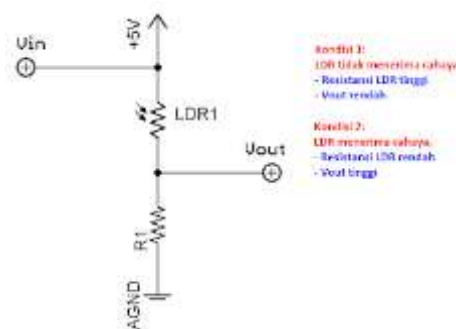
Perubahan intensitas cahaya yang mengenai LDR akan merubah resistansi sensor cahaya LDR. Biasanya LDR terbuat dari Cadmium Sulfida yaitu bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya yang mengenainya. Dengan bahan ini resistansi bahan telah mengalami penurunan disebabkan oleh energi dari cahaya jauh yang akan menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Resistansi LDR pada tempat yang gelap bisa mencapai sekitar 10 M Ω , dan ditempat yang terang resistansi LDR turun menjadi hanya sekitar 150 Ω s/d 1 K Ω .

LDR adalah suatu komponen elektronik yang resistansinya berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya. Jika intensitas cahaya semakin besar maka resistansi LDR semakin mengecil, jika intensitas cahaya semakin kecil maka resistansi LDR semakin besar. LDR sering disebut dengan sensor cahaya. (Simaremare, 2018). Komponen LDR pada umumnya digunakan sebagai suatu komponen yang membangun suatu rangkaian sensor pendeteksi cahaya (sensor optik). Dalam untai sebuah sensor cahaya (yang menggunakan LDR), biasanya LDR dirangkai

dengan resistor lain (resistor tetap) untuk membuat untai pembagi tegangan yang tampak seperti pada gambar (a) dan gambar (b) berikut:



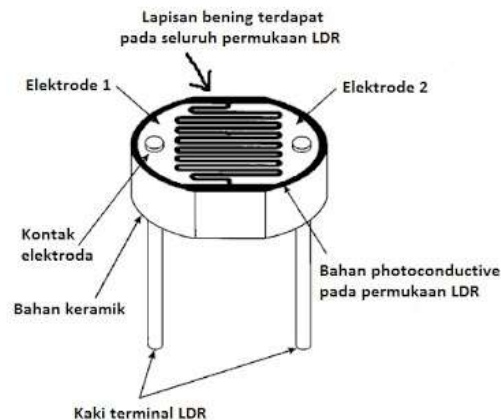
Gambar (a)



Gambar (b)

Gambar 8. Gambar (a) LDR pada untai pembagi tegangan (A) dan Gambar (b) LDR pada untai pembagi tegangan (B) (Suyadhi, 2014)

Gambar 8 (a) dan Gambar 8 (b), kedua untai ini merupakan pembagi tegangan sebagai pengatur nilai tegangan keluaran (Volt) sebagai pendeteksi cahaya yang menggunakan LDR. Kemudian apabila kita cermati, penempatan komponen LDR yang digunakan merupakan perbedaan kedua untai pembagi tegangan di atas. Pada gambar (a), LDR dipasang mendekati tegangan input +5 volt. Sedangkan pada gambar (b), LDR dipasang mendekati tegangan ground (GND). Perbedaan peletakan komponen LDR ini akan menghasilkan kondisi tegangan keluaran (Vout) yang berbeda untuk masing-masing untai pembagi tegangan. Kondisi tegangan output untai pembagi tegangan adalah yang dideteksi oleh komponen pemroses (IC logic atau mikrokontroler) apabila untai tersebut difungsikan sebagai sensor pendeteksi cahaya sebuah sistem otomatis. Bahan yang digunakan adalah Kadmium Sulfida (CdS) dan Kadmium Selenida (CdSe).



Gambar 9. Struktur/konstruksi komponen L (Suyadhi, 2014)

❖ Cara mengukur LDR dengan Multimeter

Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur nilai hambatan LDR dengan fungsi pengukuran Ohm (Ω). Agar pengukuran LDR akurat, kita perlu membuat 2 kondisi pencahayaan yaitu pengukuran pada saat kondisi gelap dan kondisi terang. Dengan semikian kita dapat mengetahui apakah komponen LDR tersebut masih dapat berfungsi dengan baik atau tidak.

a. Mengukur LDR pada Kondisi Terang

- 1) Atur posisi skala selektor Multimeter pada posisi Ohm
- 2) Hubungan Probe Merah dan Probe Hitam Multimeter pada kedua kaki LDR (tidak ada polaritas)
- 3) Berikan cahaya terang pada LDR
- 4) Baca nilai resistansi pada Display Multimeter. Nilai Resistansi LDR berkisar sekitar 500 Ohm pada kondisi terang.



Gambar 10. Cara mengukur LDR saat terang (Dickson, 2015)

b. Mengukur LDR pada Kondisi Gelap

- 1) Atur posisi skala selektor Multimeter pada posisi Ohm
- 2) Hubungan Probe Merah dan Probe Hitam Multimeter pada kedua kaki LDR (tidak ada polaritas)
- 3) Tutup bagian permukaan LDR atau pastikan LDR tidak mendapatkan cahaya
- 4) Baca nilai resistansi pada Display Multimeter. Nilai Resistansi LDR pada kondisi gelap akan berkisar sekitar 200 KOhm.



Gambar 11. Cara mengukur LDR saat gelap (Dickson, 2015)

Catatan

- Hasil Pengukuran akan berubah tergantung pada tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri.
- Satuan terang cahaya atau Iluminasi (*Illumination*) adalah lux.

Jenis-jenis sensor cahaya adalah suatu komponen elektronik yang mampu mendeteksi keberadaan cahaya untuk kemudian dikonversi ke dalam isyarat tegangan atau arus listrik. Ketika Anda menggunakan sensor cahaya tentunya satu yang tidak boleh terlupa yaitu sumber cahaya. Misalkan saja untuk aplikasi sensor cahaya pada line follower, sumber cahaya biasanya berasal dari lampu LED. Berbeda jika sensor cahaya ini digunakan untuk lampu jalan otomatis, dimana lampu akan otomatis menyala ketika kondisi lingkungan redup, dengan sumber cahaya alami dari sinar matahari.

LDR adalah resistor yang nilai hambatannya dapat berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan LDR, semakin kecil nilai hambatannya. Sebaliknya, semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR, semakin besar nilai resistansi LDR.

Sensor Cahaya LDR dapat digunakan sebagai:

- Sensor pada rangkaian saklar cahaya
- Sensor pada lampu otomatis
- Sensor pada alarm brankas
- Sensor pada tracker cahaya matahari
- Sensor pada kontrol arah solar cell
- Sensor pada robot line follower

Dan penggunaan LDR sebagai sensor cahaya banyak diaplikasikan pada rangkain elektronika lainnya.

Komponen-komponen tambahan pada rangkaian Sensor Cahaya LDR seperti:

1) Baterai

Baterai merupakan komponen yang digunakan oleh perangkat elektronik yang merupakan perubahan dari energi kimia menjadi energi listrik. Baterai memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda), serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Arus DC (*Direct Current*) merupakan output arus listrik dari baterai. Pada penelitian ini, baterai berfungsi sebagai sumber daya untuk mengaktifkan sensor cahaya LDR.

2) Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang memiliki nilai resistansi atau hambatan yang berfungsi untuk menghambat dan mengatur arus listrik yang mengalir dalam rangkaian. Resistor memiliki dua pin untuk mengukur tegangan listrik dan arus listrik, dengan resistansi tertentu yang dapat menghasilkan tegangan listrik di antara kedua pin. Arus yang mengalir berbanding lurus dengan nilai tegangan terhadap resistansi.

3) Transistor

Transistor adalah alat berbahan semikonduktor yang digunakan sebagai pemutus atau penyambung sinyal, penguat sinyal, stabilitas tegangan, dan fungsi lainnya. Digunakan transistor BC547 bertipe NPN pada rangkaian dalam penelitian ini. Transistor 3 kaki yaitu basis, kolektor, dan emitor. Transistor ini dapat digunakan sebagai saklar, yaitu arus yang ada pada kaki kolektor akan mengalir ke emitor ketika kaki basis diberi arus, aktivitas ini disebut dengan kondisi ON. Sedangkan dalam kondisi OFF, kaki basis tidak diberi arus, maka tidak ada arus mengalir dari kolektor ke emitor. Transistor akan mengalami cutoff (saklar tertutup), jika arus pada kaki kolektor adalah nol (karena tegangan kaki kolektor sekitar 0,2-0,3 V) atau arus yang diberikan pada kaki basis melebihi arus pada kaki kolektor.

4) LED

LED merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan temuan lain setelah dioda, dan strukturnya juga sama dengan dioda. Dioda adalah komponen aktif dua kutub yang bersifat semikonduktor yang memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah dan menghambat aliran arus listrik dari arah sebaliknya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya.

5) Relay

Transistor tidak dapat berfungsi sebagai saklar (*switch*) tegangan DC atau tegangan tinggi. Selain itu, umumnya tidak digunakan sebagai switching untuk arus sebesar (>5 A). Dalam hal ini, penggunaan relay sangatlah tepat. Relay dapat bekerja berdasarkan input yang dimilikinya, oleh karena itu relay dapat berfungsi sebagai saklar. Prinsip kerja dari relay yaitu relay akan terhubung ketika arus mengalir dan akan terputus ketika tidak ada arus.

6) Alternator

Alternator merupakan gambaran listrik AC yang berpusat dari penyedia listrik pada rangkaian.

7) Lampu

Lampu adalah sebuah peranti yang ketika mendapatkan arus akan memproduksi cahaya.

Metodologi

a. Waktu dan Tempat

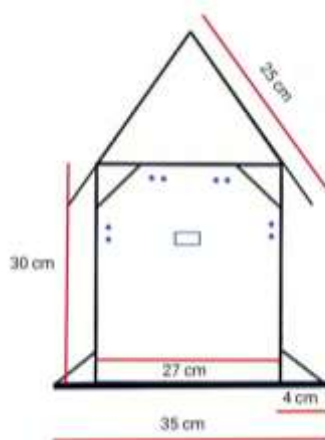
Penelitian ini dilakukan pada hari Sabtu, 25 Juli 2020 di luar ruangan lantai 2 Laboratorium Fisika UIN Ar-raniry Banda Aceh.

b. Alat dan Bahan

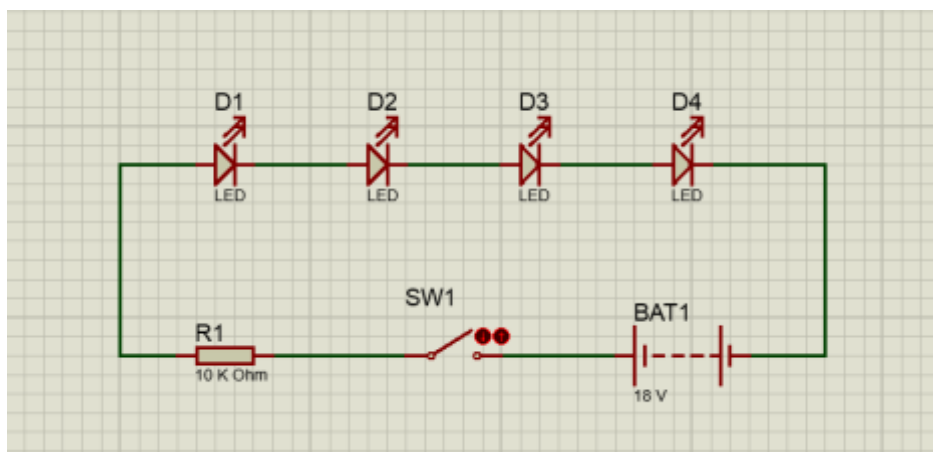
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi multimeter, lightmeter aplikasi android, solder, timah solder, kabel, baterai (1,5 V 4 buah dan 9 V 2 buah), soket baterai untuk baterai (6 V 1 buah dan 9 V 2 buah, resistor (330 Ω 1 buah dan 10 K Ω 2 buah), glue gun / alat tempak lem, lem tempak, lakban, gunting, dan cutter. Alat dan bahan khusus untuk rangkaian miniatur rumah meliputi kayu, triplek, gergaji, penggaris, pensil, lem fox, bor kayu, kertas pasir. Alat dan bahan khusus untuk rangkaian Lampu HPL meliputi lampu HPL 1 Watt sebanyak 4 buah dan saklar. Alat dan bahan khusus untuk rangkaian sensor cahaya LDR meliputi LDR, transistor BC547, lampu fluorescent 5 Watt, relay 5 V, alternator, fitting lampu (warna kuning), dan papan rangkaian.

c. Skema Rangkaian

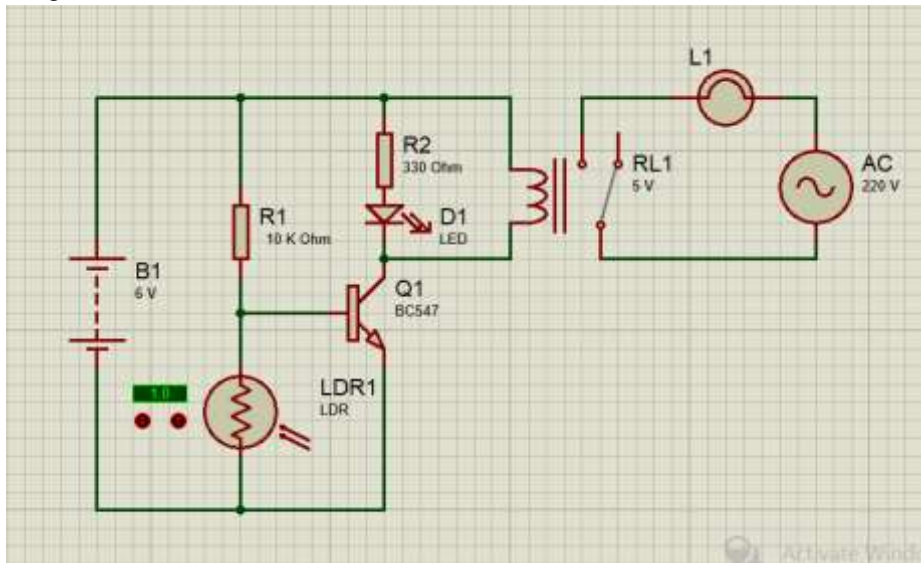
- 1) Rangkaian miniatur rumah



- 2) Rangkaian lampu HPL



3) Rangkaian sensor LDR



d. **Prosedur Percobaan**

- 1) Disiapkan alat dan bahan.
- 2) Dibuat rangkaian miniatur rumah, rangkaian Lampu HPL dan rangkaian sensor cahaya LDR sesuai skema di atas.
- 3) Kemudian digabungkan rangkaian Lampu HPL dan rangkaian sensor cahaya LDR pada rangkaian miniatur rumah seperti gambar dibawah ini:



- 4) Selanjutnya diletakkan Lightmeter di dekat sensor cahaya LDR.
- 5) Untuk sumber pencahayaan alami dilakukan pada waktu pagi hari (Pukul: 09:00-09:08 WIB).
- 6) Diamati nyala lampu uji, dicatat data pengamatan ke dalam tabel.
- 7) Diamati intensitas cahaya melalui aplikasi Lightmeter, untuk 5 kali pengulangan pada jarak 2 menit per pengambilan data (Misalnya: 09:00, 09:02, 09:04, 09:06, 09:08).
- 8) Diukur besar nilai hambatan sensor cahaya LDR dengan menggunakan Multimeter, untuk 5 kali pengulangan pada jarak 2 menit per pengambilan data (Misalnya: 09:00, 09:02, 09:04, 09:06, 09:08).

- 9) Dicatat hasil pengamatan intensitas cahaya dan hasil pengukuran hambatan ke dalam tabel.
- 10) Diulangi langkah 6 sampai 9 untuk sumber pencahayaan alami lainnya, yaitu pada siang hari (Pukul: 14:00-14:08), sore hari (Pukul: 17:00-17:08) dan malam hari (Pukul: 21:00-21:08).
- 11) Dilanjutkan dengan sumber pencahayaan buatan menggunakan Lampu HPL. Dihidupkan saklar, kemudian dicoba seperti langkah 6-9.

Hasil dan Pembahasan

a. Tabel Data Hasil Pengamatan

Sumber Pencahayaan	Lamp u Uji		Intensitas Cahaya (Lx)					Hambatan LDR (Ω)					\bar{I} (Lx)	\bar{R} (Ω)
	1	2	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5		
Alami	Pagi	O O	1768	1770	1807	1799	1794	4480	4410	4400	4530	4540	1787,6	4472
	Siang	O O	705	717	768	786	805	5370	5290	5230	5190	5130	756,8	5242
	Sore	O —	216	228	223	234	249	5670	5700	5880	5810	5710	230	5754
	Malam	— —	0	0	0	0	0	9050	10040	9360	10280	10390	0	9824
Buatan	Lampu HPL	— —	4	4	4	4	4	8540	8920	8400	8580	8790	4	8646

Dimana Lampu uji 1: Lampu Fluorescent, Lampu uji 2 : Lampu LED, O : Lampu mati dan — : Lampu menyala.

b. Perhitungan

1) Rata-rata Intensitas Cahaya

a) Untuk Sumber Pencahayaan Alami

- **Pagi**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5}$$

$$\bar{I} = \frac{1768 + 1770 + 1807 + 1799 + 1794}{5}$$

$$\bar{I} = 1787,6 \text{ Lx}$$

- **Siang**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5}$$

$$\bar{I} = \frac{705 + 717 + 768 + 786 + 808}{5}$$

$$\bar{I} = 756,8 \text{ Lx}$$

- **Sore**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5}$$

$$\bar{I} = \frac{216 + 228 + 223 + 234 + 249}{5}$$

$$\bar{I} = 230 \text{ Lx}$$

- **Malam**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5}$$

$$\bar{I} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0}{5}$$

$$\bar{I} = 0 \text{ Lx}$$

b) Untuk Sumber Pencahayaan Buatan

• **Lampu HPL**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5}$$

$$\bar{I} = \frac{4 + 4 + 4 + 4 + 4}{5}$$

$$\bar{I} = 4 \text{ Lx}$$

2) Rata-rata Hambatan LDR

a) Untuk Sumber Pencahayaan Alami

• **Pagi**

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{4480 + 4410 + 4400 + 4530 + 4540}{5}$$

$$\bar{R} = 4472 \Omega$$

• **Siang**

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{5370 + 5290 + 5230 + 5190 + 5130}{5}$$

$$\bar{R} = 5242 \Omega$$

• **Sore**

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{5670 + 5700 + 5880 + 5810 + 5710}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{28770}{5}$$

$$\bar{R} = 5754 \Omega$$

• **Malam**

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{9050 + 10040 + 9360 + 10280 + 10390}{5}$$

$$\bar{R} = 9824 \Omega$$

b) Untuk Sumber Pencahayaan Buatan

• **Lampu HPL**

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{8540 + 8920 + 8400 + 8580 + 8790}{5}$$

$$\bar{R} = 8646 \Omega$$

Pada percobaan 1, untuk sumber pencahayaan alami dilakukan pengambilan data pada waktu pagi hari pukul 09:00-09:08 diperoleh untuk nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 1787,6 Lx dan hambatan LDR rata-rata sebesar 4472 Ω . Pada percobaan 2, untuk sumber pencahayaan alami selanjutnya dilakukan pengambilan data pada waktu siang hari pukul 14:00-14:08 didapat untuk nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 756,8 Lx dan hambatan LDR rata-

rata sebesar 5242 Ω . Pada percobaan 3, untuk sumber pencahayaan alami selanjutnya dilakukan pengambilan data pada waktu sore hari pukul 17:00-17:08 didapat untuk nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 756,8 Lx dan hambatan LDR rata-rata sebesar 5242 Ω . Pada percobaan 4, untuk sumber pencahayaan alami selanjutnya dilakukan pengambilan data pada waktu malam hari pukul 21:00-21:08 didapat untuk nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 0 Lx dan hambatan LDR rata-rata sebesar 9824 Ω . Dan pada percobaan 5, untuk sumber pencahayaan buatan digunakan Lampu HPL 1 Watt sebanyak 4 buah yang disusun seri dengan sumber tegangan sebesar 18 Volt dan diberi hambatan sebesar 10 K Ω , kemudian dilakukan pengambilan data pada waktu malam hari didapat untuk nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 4 Lx dan hambatan LDR rata-rata sebesar 8646 Ω .

Untuk nyala lampu digunakan 2 Lampu Uji, Lampu Uji 1 yaitu Lampu Fluorescent dan Lampu Uji 2 yaitu Lampu LED. Pada percobaan 1 dipagi hari, Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 tidak menyala. Selanjutnya pada percobaan 2 disiang hari, Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 juga tidak menyala. Pada percobaan 3 disore hari, Lampu Uji 1 tidak menyala tetapi Lampu Uji 2 menyala redup. Pada percobaan 4 dimalam hari, Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 menyala terang. Dan pada percobaan 5 digunakan Lampu HPL sebagai sumber pencahayaan, didapatkan Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 menyala terang.

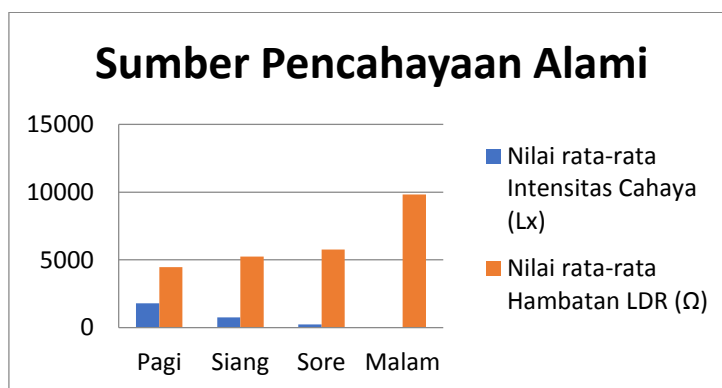
c. Pembahasan

Pencahayaan terbagi atas dua jenis, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami merupakan pencahayaan yang bersumber dari sumber daya alam yang selalu tersedia yaitu matahari. Cahaya langit sangat mempengaruhi waktu seperti pergantian siang dan malam, serta dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti awan, dan curah hujan. Kondisi cahaya langit yang sering berubah-ubah menyebabkan besar kuat penerangan yang terukur pada suatu titik tidak stabil. Pencahayaan buatan adalah pencahayaan dari sumber daya alam terbatas seperti sumber minyak bumi, listrik, dan gas. Pencahayaan buatan tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca dan waktu yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaannya dan memiliki intensitas cahaya yang lebih stabil. Untuk sumber pencahayaan alami besar intensitas cahaya berubah-ubah, maka dari itu dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali perulangan dalam selang waktu 2 menit, dan pada sumber pencahayaan buatan besar intensitas cahaya tetap, tetapi tetap dilakukan perulangan sebanyak 5 kali pula.

Dari data-data pada tabel data pengamatan di dapatkan bahwa besar intensitas cahaya mempengaruhi nyala lampu dengan menggunakan sensor cahaya LDR. LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah resistor yang nilai hambatannya dapat berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan LDR, semakin kecil nilai hambatannya. Sebaliknya, semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR, semakin besar nilai resistansi LDR. Maka di dapatkan pada waktu pagi hari dan siang hari lampu tidak menyala karena intensitas cahaya yang besar di atas 500 Lx. Pada sore hari masa peralihan lampu, intensitas cahaya semakin menurun pada angka kisaran 200 Lx di dapatkan dari data penelitian bahwa Lampu Uji 1 masih belum menyala karena Lampu Uji 1 merupakan jenis Lampu Fluorescent yang menyala akibat sumber arus AC yang bertegangan tinggi yaitu ± 220 Volt, sedangkan Lampu Uji 2 sudah menyala redup karena Lampu Uji 2 mendapatkan sumber arus DC dari baterai 6 V. Pada malam hari Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 menyala terang, karena intensitas cahaya yang di terima sedikit, dan pada Lightmeter terbaca intensitas cahaya 0 Lx. Kemudian digunakan pencahayaan buatan menggunakan Lampu HPL yang dinyalakan pada malam hari, di dapat Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 tetap menyala terang, karena intensitas cahaya

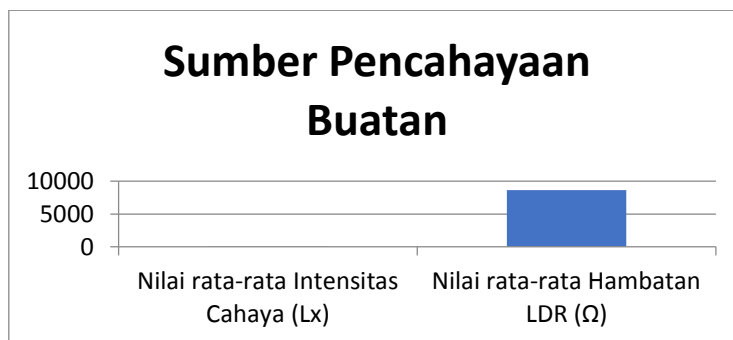
yang mengenai sensor LDR hanya sedikit, terbaca pada Lightmeter sebesar 4 Lx. Juga dapat dilihat pada data rata-rata bahwa semakin tinggi intensitas cahaya maka hambatan LDR akan semakin menurun, dan sebaliknya semakin menurun intensitas cahaya maka nilai hambatan LDR akan semakin tinggi. Nilai hambatan LDR akan tinggi jika dalam kondisi gelap dan menurun pada saat cahaya terang. Fungsi LDR untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya. Naik turunnya nilai akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diterimanya. Grafik hasil penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

a) Grafik hubungan intensitas cahaya dan hambatan LDR pada sumber pencahayaan alami



Sumber Pencahayaan Alami	Nilai rata-rata Intensitas Cahaya (Lx)	Nilai rata-rata Hambatan LDR (Ω)
Pagi	1787,6	4472
Siang	756,8	5242
Sore	230	5754
Malam	0	9824

b) Grafik hubungan intensitas cahaya dan hambatan LDR pada sumber pencahayaan buatan



Sumber Pencahayaan Buatan	Nilai rata-rata Intensitas Cahaya (Lx)	Nilai rata-rata Hambatan LDR (Ω)
Lampu HPL	4	8646

Kesimpulan

Sensor cahaya LDR bekerja bergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya karena nilai hambatannya dapat berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan LDR maka semakin kecil nilai hambatannya. Sebaliknya, semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR maka semakin besar nilai resistansi LDR.

Pencahayaan alami merupakan pencahayaan yang bersumber dari sumber daya alam yang selalu tersedia yaitu matahari. Kondisi cahaya langit yang sering berubah-ubah menyebabkan besar kuatnya penerangan yang terukur pada suatu titik tidak stabil. Intensitas cahaya dari sumber pencahayaan alami mempengaruhi nyala lampu dengan menggunakan sensor cahaya LDR. Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan 2 Lampu Uji, Lampu Uji 1 jenis Lampu Fluorescent dan Lampu Uji 2 jenis Lampu LED. Didapatkan pada waktu pagi dan siang hari kedua Lampu Uji tidak menyala, dan pada sore hari Lampu Uji berada dalam masa peralihan dimulai dengan Lampu Uji jenis LED menyala sedangkan Lampu Fluorescent belum menyala pada pukul 17:00-17:08 WIB. Kemudian pada malam hari kedua Lampu Uji menyala terang.

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang bersumber dari sumber daya alam terbatas seperti Lampu HPL. Pencahayaan buatan tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca dan waktu yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaannya dan memiliki intensitas cahaya yang lebih stabil. Diperoleh bahwa intensitas cahaya dari sumber pencahayaan buatan mempengaruhi nyala lampu dengan menggunakan sensor cahaya LDR, berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan 2 Lampu Uji, Lampu Uji 1 jenis Lampu Fluorescent dan Lampu Uji 2 jenis Lampu LED. Kemudian digunakan pencahayaan buatan menggunakan Lampu HPL yang dinyalakan pada malam hari, diperoleh bahwa Lampu Uji 1 dan Lampu Uji 2 menyala terang, karena intensitas cahaya yang mengenai sensor LDR hanya sedikit, dan terbaca pada *Lightmeter* sebesar 4 Lx.

Nilai hambatan LDR akan tinggi jika dalam kondisi gelap dan menurun pada saat cahaya terang. Fungsi LDR untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya. Jika intensitas cahaya besar maka hambatan akan turun dan nyala lampu semakin redup dan jika intensitas cahaya rendah maka hambatan akan naik dan nyala lampu semakin terang.

Referensi

- Abdullah, M. (2017). *Fisika dasar II*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Fauzan, I. N. (2019). *Analisis Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Menggunakan Metode State Space*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Karimah, P. (2014). *Sistem Kontrol Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya dan Sensor Air Hujan pada Bangunan Rumah Tinggal*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Mitra Walidain, I. D. (2018). Perancangan Sistem Penerangan LED sebagai Sumber Cahaya pada Pengujian Modul Surya. *Kitekro*, 48.
- Pribadi, A. (2020, Januari 09). *Menteri ESDM*. Retrieved from Menteri ESDM Web site: <http://www.esdm.go.id>
- Sadwiko, P. (2004). *Fisika Bangunan 1*. Yogyakarta: Andi.

- Santoso. (2016). *Optimalisasi Penerangan dan Penyiraman Tanaman pada Taman Kota Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)*. Surabaya: Untag.
- Sheha, A. I. (2017). Investigasi Permasalahan Performa Pencahayaan dalam Kelas Busana Butik SMKN 3 Metro terhadap Kenyamanan Visual Siswa. *Jurnal Idealog*, 316.
- Simaremare, G. H. (2018). *Rancangan Kontrol Lampu Otomatis Menggunakan Rangkaian LDR*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sumardjito, I. W. (2015). Kajian Pencahayaan Campuran di Ruang Bengkel Kayu. *Jurnal Inersia*, 58-59.
- <https://teknikelektronika.com/rangkaian-lampu-tl-fluorescent-tl-led/> diunduh pada tanggal 20 Juli 2020
- <https://www.robotics-university.com/2014/10/light-dependent-resistor-ldr.html> diunduh pada tanggal 20 Juli 2020.
- <https://radhityaken.wordpress.com/2014/10/10/diy-lampu-aquarium-tipe-hpl/>, diunduh pada tanggal 03 Juni 2021.
- <https://www.ruparupa.com/blog/lampu-bohlam/> diunduh pada tanggal 03 Juni 2021.