

PENGATURAN LAMPU PENERANGAN MENGGUNAKAN KOMPARATOR OP-AMP LM358

Ahmad Ridhoi¹, Kukuh Setyadjit², Balok Hariadi³
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
E-mail : ridhoi@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Lampu penerangan menjadi bagian penting pada setiap aktifitas yang dilakukan manusia, baik itu diperkotaan sampai dipedesaan bahkan pelosok. Lampu penerangan terutama untuk jalan merupakan bagian sangat penting untuk yang melalui jalan tersebut terutama pada malam hari. Penggunaan lampu penerangan baik itu untuk jalan atau bangunan umum tentunya dibutuhkan operator untuk menyalakan dan mematikan lampu tersebut agar menjadi efisiensi energy dan lampu menjadi awet. Umumnya untuk operator lampu penerangan mematikan dan menyalakan fasilitas umum menjadi kurang disiplin akibatnya lampu masih menyala sampai siang hari. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah alat yang dapat mengakibatkan lampu penerangan tersebut menyala dan padam pada waktu yang diharapkan yaitu menyala pada waktu sinar matahari tidak dapat menerangi jalan atau ruangan yang membutuhkan penerangan. Alat yang dibutuhkan tersebut dapat beracuan dengan waktu atau tingkat terang cahaya matahari, masing-masing memerlukan sensor deteksi yang berbeda kalau berdasarkan waktu beracuan pada jam menit dan detik yang sedang berjalan, sedangkan kalau beracuan dengan tingkat cahaya matahari menggunakan sensor cahaya untuk mendeteksi tempat yang akan diterangi. Dari dua situasi acuan tersebut untuk keperluan penerangan yang lebih efisien sesuai kebutuhan penerangan ruangan. Sensor yang sesuai yaitu menggunakan pendeteksian tingkat cahaya ruangan dengan komponen LDR.

Kata kunci : lampu, LDR, penerangan

LATAR BELAKANG

Pada saat ini energy listrik merupakan energy yang paling banyak digunakan untuk sarana memenuhi kebutuhan manusia. Kebutuhan akan tenaga listrik terus meningkat bersamaan dengan meningkatnya lampu penerangan yang digunakan. Lampu penerangan merupakan alat bantu penerangan, berfungsi membantu memperjelas penglihatan kita diruang kerja saat sedang bekerja, tanpa sebuah alat bantu penerangan aktifitas pekerjaan bisa terganggu, namun alat penerangan juga harus memenuhi intensity as cahaya sesuai standar, biasanya diruang kerja perkantoran membutuhkan intensitas cahaya sebesar 200 lux/watt sampai 500 lux/wat dengan diameter 1 m² dengan ketinggian 2,5 m dari permukaan lantai, jika intensitas cahaya tidak memenuhi standar maka dapat mengganggu penglihatan bahkan akan merusak retina pada mata, dengan intensitas cahaya yang terlalu besar me ngakibatkan mata cepat lelah dan kantuk. Disinilah dapat ditahu betapa pentingnya pengaruh intensitas cahaya bagi aktifitas kehidupan yang berpengaruh juga pada kesehatan kita. Adapun yang mempengaruhi kualitas

dan efisiensi lampu meliputi spesifikasi lampu, intensitas cahaya, daya lampu dan juga besaran elektrik lampu.

Lampu penerangan pada umumnya dipakai untuk menerangi ruang-ruang yang ingin diterangi seperti ruang-ruangan di rumah, mushola, masjid, dan sebagainya. Lampu penerangan yang digunakan untuk menerangi sekitarnya agar mudah mengetahui benda-benda disekitarnya, sedangkan lampu yang diluar difungsikan untuk menerangi jalan maupun halaman sekitar. Sedangkan lampu yang terdapat di mushola maupun masjid juga berfungsi sebagai penerangan baik di dalam maupun di luar ruangan. Penggunaan lampu tentunya tidak lepas dari asupan energy listrik yang digunakan makin banyak lampu penerangan mengakibatkan penggunaan energy listrik makin banyak juga. Untuk membuat efisiensi penggunaan energy listrik yang digunakan pada lampu penerangan akan menjadi efisiensi jika dilakukan penyalaan penerangan sesuai dengan keperluan. Yang terjadi di masyarakat pada umumnya untuk lampu penerangan yang sifatnya untuk umum kadang-kadang lalai mematikan lampu sehingga energy listrik kurang efisien lagi. Oleh sebab itu perlu adanya alat untuk mengkondisikan lampu penerangan agar menyala dan mati sendiri tanpa ikut campur manusia untuk mengoperasikan dengan tujuan membuat efisiensi penggunaan energy listrik yang diakibatkan oleh lampu penerangan.

Tujuan

Pada penelitian ini fokus tujuannya pada perbandingan tegangan referensi dan hasil sensor dari tingkat kecerahan cahaya matahari yang di proses oleh op-amp hasilnya untuk menyalakan dan mematikan lampu penerangan.

Urgensi

Urgensi untuk menyalakan dan mematikan lampu penerangan secara otomatis. Dan penggunaan energy listrik yang lebih efisien serta menggunakan komponen lebih sederhana hanya berupa op-amp.

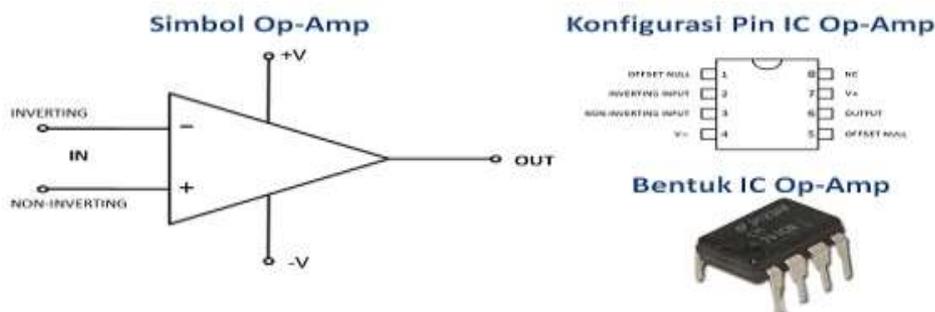
KAJIAN LITERATUR

Dalam melakukan penelitian maupun penulisan memerlukan literatur yang diperlukan untuk membantu dalam perancangan alat yang akan dibuat.

- **Op-Amp (Operational Amplifier)**

Operational Amplifier atau lebih dikenal dengan istilah Op-Amp adalah salah satu dari bentuk IC Linear yang berfungsi sebagai Penguat Sinyal listrik. Sebuah Op-Amp terdiri dari beberapa Transistor, Dioda, Resistor dan Kapasitor yang terinterkoneksi dan terintegrasi sehingga memungkinkannya untuk menghasilkan Gain (penguatan) yang tinggi pada rentang frekuensi yang luas. Dalam bahasa Indonesia, Op-Amp atau Operational Amplifier sering disebut juga dengan Penguat Operasional. Op-Amp umumnya dikemas dalam bentuk IC, sebuah IC Op-Amp dapat terdiri dari hanya 1 (satu) rangkaian Op-Amp atau bisa juga terdiri dari beberapa rangkaian Op-Amp. Jumlah rangkaian Op-Amp dalam

satu kemasan IC dapat dibedakan menjadi Single Op-Amp, dual Op-Amp dan Quad Op-Amp. Ada juga IC yang didalamnya terdapat rangkaian Op-Amp disamping rangkaian utama lainnya. Sebuah rangkaian Op-Amp memiliki dua input (masukan) yaitu satu Input Inverting dan satu Input Non-inverting serta memiliki satu Output (keluaran). Sebuah Op-Amp juga memiliki dua koneksi catu daya yaitu satu untuk catu daya positif dan satu lagi untuk catu daya negatif. Bentuk Simbol Op-Amp adalah Segitiga dengan garis-garis Input, Output dan Catu dayanya seperti pada gambar dibawah ini. Salah satu tipe IC Op-Amp yang populer adalah LM358.



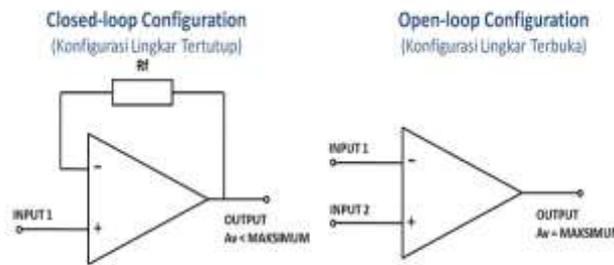
Gambar 2.1. symbol dan bentuk op-amp

Berikut dibawah ini adalah Simbol dan bentuk IC Op-Amp pada umumnya. Terminal yang terdapat pada Simbol Op-Amp (Operational Amplifier/penguat operasional) diantaranya adalah :

- Masukan non-pembalik (Non-Inverting) +
- Masukan pembalik (Inverting) –
- Keluaran V_{out}
- Catu daya positif +V
- Catu daya negatif –V

Karakteristik Op-Amp (Operational Amplifier)

Karakteristik Faktor Penguat atau Gain pada Op-Amp pada umumnya ditentukan oleh Resistor Eksternal yang terhubung diantara Output dan Input pembalik (*Inverting Input*). Konfigurasi dengan umpan balik negatif (*Negative Feedback*) ini biasanya disebut dengan Closed-Loop configuration atau Konfigurasi Lingkaran Tertutup. Umpan balik negatif ini akan menyebabkan penguatan atau gain menjadi berkurang dan menghasilkan penguatan yang dapat diukur serta dapat dikendalikan. Tujuan pengurangan Gain dari Op-Amp ini adalah untuk menghindari terjadinya Noise yang berlebihan dan juga untuk menghindari respon yang tidak diinginkan. Sedangkan pada Konfigurasi Lingkaran Terbuka atau Open-Loop Configuration, besar penguatannya adalah tak terhingga (∞) sehingga besarnya tegangan output hampir atau mendekati tegangan V_{cc} .^[1]

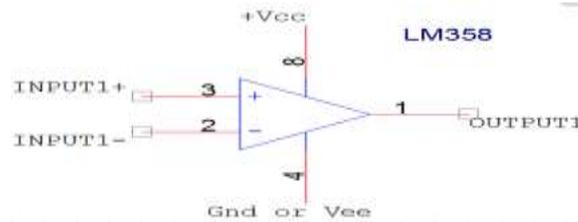


Gambar 2.2. Konfigurasi Op-Amp (*Closed loop and Open Loop*)

Op-amp sebagai komparator, komparator adalah komponen elektronik yang berfungsi membandingkan dua nilai kemudian memberikan hasilnya, mana yang lebih besar dan mana yang lebih kecil. Komparator bisa dibuat dari konfigurasi open-loop Op Amp. Jika kedua input pada Op Amp pada kondisi open-loop, maka Op Amp akan membandingkan kedua saluran input tersebut. Hasil komparasi dua tegangan pada saluran masukan akan menghasilkan tegangan saturasi positif (+V_{sat}) atau saturasi negatif (-V_{sat}). Operasional amplifier (Op-Amp) adalah suatu penguat berpenguatan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua input inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada operasional amplifier (Op-Amp). Prinsip kerja sebuah operasional Amplifier (Op-Amp) adalah membandingkan nilai kedua input (input inverting dan input non-inverting), apabila kedua input bernilai sama maka output Op-amp tidak ada (nol) dan apabila terdapat perbedaan nilai input keduanya maka output Op-amp akan memberikan tegangan output. Operasional amplifier (Op-Amp) dibuat dari penguat diferensial dengan 2 input. Sebuah rangkaian komparator pada Op Amp akan membandingkan tegangan yang masuk pada satu saluran input dengan tegangan pada saluran input lain, yang disebut tegangan referensi. Tegangan output berupa tegangan high atau low sesuai dengan perbandingan V_{in} dan V_{ref}. V_{ref} di hubungkan ke +V supply, kemudian R₁ dan R₂ digunakan sebagai pembagi tegangan, sehingga nilai tegangan yang di referensikan pada masukan + op-amp adalah sebesar $V = [R_1 / (R_1 + R_2)] * V_{supply}$. Op-amp tersebut akan membandingkan nilai tegangan pada kedua masukannya, apabila masukan (-) lebih besar dari masukan (+) maka, keluaran op-amp akan menjadi sama dengan

– V_{supply}, apabila tegangan masukan (-) lebih kecil dari masukan (+) maka keluaran op-amp akan menjadi sama dengan + V_{supply}. Jadi dalam hal ini jika V_{input} lebih besar dari V maka keluarannya akan menjadi

– V_{supply}, jika sebaliknya, V_{input} lebih besar dari V maka keluarannya akan menjadi +V_{supply}. Untuk op-amp yang sesuai untuk di pakai pada rangkaian op-amp untuk komparator biasanya menggunakan op-amp dengan tipe LM358^[2]



Gambar 2.3. op-amp secara umum

Secara umum prinsip kerja rangkaian komparator adalah membandingkan amplitudo dua buah sinyal, jika $+V_{in}$ dan $-V_{in}$ masing-masing menyatakan amplitudo sinyal input takmembalikan dan input membalik, V_o dan V_{sat} masing-masing menyatakan tegangan output dan tegangan saturasi, maka prinsip dasar dari komparator adalah :

$+V_{in} \geq -V_{in}$ maka $V_o = V_{sat+}$
 $+V_{in} < -V_{in}$ maka $V_o = V_{sat-}$

Keterangan :

$+V_{in}$ = Amplitudo sinyal input tak membalik (V)

$-V_{in}$ = Amplitudo sinyal input membalik (V) V_{sat+} = Tegangan saturasi + (V)

V_{sat-} = Tegangan saturasi- (V)

V_o = Tegangan output (V)

Sebuah rangkaian komparator pada Op Amp akan membandingkan tegangan yang masuk pada satu saluran input dengan tegangan pada saluran input lain, yang disebut tegangan referensi. Tegangan output berupa tegangan high atau low sesuai dengan perbandingan V_{in} dan V_{ref} . Besar tegangan keluaran dari komparator tidak bersifat linier secara proporsional terhadap besar tegangan input. Terdapat dua macam komparator, antara lain :

Non-Inverting Komparator

Pada Non-Inverting Comparator, tegangan input dipasang pada saluran non-inverting(+) dan tegangan referensi pada saluran inverting (-). Pada rangkaian Non-Inverting Comparator, jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $+V_{sat}$ (mendekati tegangan $+V_{CC}$). Jika V_{in} lebih kecil dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $-V_{sat}$ (mendekati tegangan $-V_{EE}$).

Inverting Komparator

Pada Inverting Comparator tegangan input (V_{in}) dihubungkan pada saluran inverting(-) dan tegangan referensi (V_{ref}) pada saluran non-inverting (+). Tegangan referensi dapat menggunakan sumber catu daya tegangan konstan atau rangkaian pembagi tegangan.

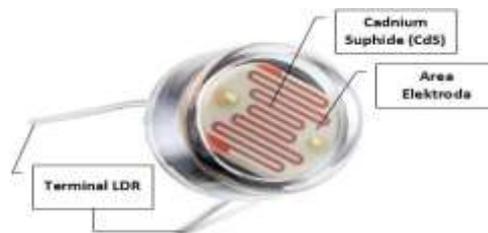
Pada saat V_{in} lebih dari V_{ref} , tegangan output V_o adalah $+V_{sat}$ ($\approx +V_{CC}$). Jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output adalah $-V_{sat}$ ($\approx -V_{EE}$).

- **LDR (Light Dependent Resistor)**

Light Dependent Resistor atau yang biasa disebut oleh kalangan orang-orang elektronika yaitu LDR. LDR sendiri adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut. Juga biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. Light Dependent Resistor, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut akan

menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif sangat kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang sangat besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, akan ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan ada lebih banyak lagi elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.

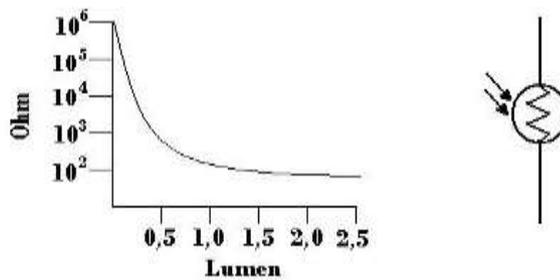
Prinsip Kerja LDR, Pada sisi bagian atas LDR terdapat suatu garis / jalur melengkung yang menyerupai bentuk kurva. Jalur tersebut terbuat dari bahan cadmium sulphida yang sangat sensitif terhadap pengaruh dari cahaya. Jalur cadmium sulphida yang terdapat pada LDR dapat dilihat pada gambar. Pada gambar jalur cadmium sulphida dibuat melengkung menyerupai kurva agar jalur tersebut dapat dibuat panjang dalam ruang (area) yang sempit. Cadmium sulphida (CdS) merupakan bahan semi-konduktor yang memiliki gap energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai cadmium sulphida, maka energi proton dari cahaya akan diserap sehingga terjadi perpindahan dari band valensi ke band konduksi. Akibat perpindahan elektron tersebut mengakibatkan hambatan dari cadmium sulphida berkurang dengan hubungan kebalikan dari intensitas cahaya yang mengenai LDR. Gambar 2.2 Sebuah LDR (Light Dependent Resistor).^[4]



Gambar 2.4. Komponen LDR

Laju Recovery, Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu kedalam suatu ruangan yang gelap sekali, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga dikegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam $K \Omega / \text{detik}$. untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari $200 K \Omega / \text{detik}$ (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux. Respon Spektral LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya hantar

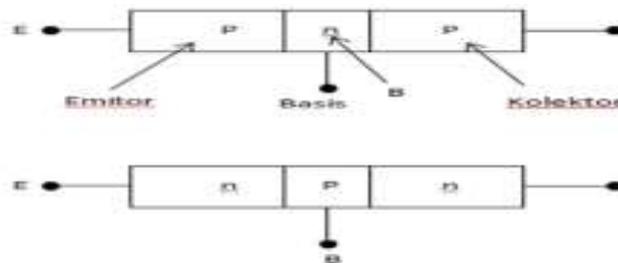
yang baik. Sensor ini sebagai pengindera yang merupakan elemen yang pertama – tama menerima energi dari media untuk memberi keluaran berupa perubahan energi. Sensor terdiri berbagai macam jenis serta media yang digunakan untuk melakukan perubahan. Media yang digunakan misalnya: panas, cahaya, air, angin, tekanan, dan lain sebagainya. Sedangkan pada rangkaian ini menggunakan sensor LDR yang menggunakan intensitas cahaya, selain LDR foto dioda juga menggunakan intensitas cahaya atau yang peka terhadap cahaya (photo conductive cell). Pada rangkaian elektronika, sensor harus dapat mengubah bentuk–bentuk energi cahaya ke energi listrik, sinyal listrik ini harus sebanding dengan besar energi sumbernya. Dibawah ini merupakan karakteristik dari sensor LDR . Gambar 2.3 Karakteristik LDR (Light Dependent Resistor) Pada karakteristik dapat dilihat bila cahaya mengenai sensor itu maka nilai tahanan akan berkurang. Perubahan yang dihasilkan ini tergantung dari bahan yang digunakan serta dari cahaya yang mengenainya.



Gambar 2.5. Karakteristik LDR

Transistor

Transistor adalah suatu komponen aktif dibuat dari bahan semikonduktor. Ada dua macam transistor, yaitu transistor dwikutub (bipolar) dan transistor efek medan (field effect transistor-FET). Transistor digunakan didalam rangkaian untuk memperkuat isyarat, artinya isyarat lemah pada masukan diubah menjadi isyarat yang kuat pada keluaran. Transistor dwikutub dibuat dengan menggunakan semikonduktor ekstrinsik jenis p dan jenis n, yang disusun seperti gambar.



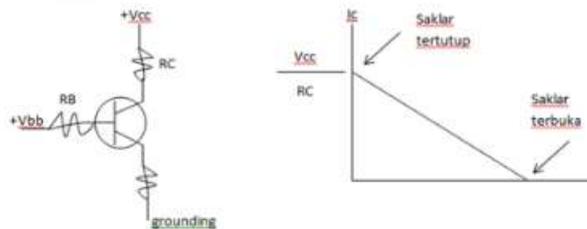
Gambar 2.6. Transistor bipolar

Ketiga bagian transistor ini disebut emitor, basis, dan kolektor. Emitor berasal dari kata bahasa Inggris “Emitter” yang berarti pengeluaran. Basis berasal dari kata bahasa Inggris ‘base’ yang berarti tumpuan atau landasan, dan kolektor

berasal dari kata ‘collector’. Sakelar adalah suatu alat dengan dua sambungan dan bisa memiliki dua keadaan, yaitu keadaan on dan keadaan off. Keadaan off/tutup merupakan suatu keadaan dimana tidak ada arus yang mengalir. Keadaan on /buka merupakan suatu keadaan yang mana arus bisa mengalir dengan bebas atau dengan kata lain (secara ideal) tidak ada resistivitas dan besar voltase pada sakelar sama dengan nol. Kalau transistor dipakai hanya pada dua titik tersebut (titik putus dan titik saturasi atau saturasi berlebihan), berarti transistor dipakai sebagai sakelar.

$$I_B \geq \frac{I_c \text{ maks}}{hFE} \qquad I_c = \frac{V_b}{V_c}$$

Arus kolektor maksimal terdapat dari voltase supply dibagi dengan resistivitas dari resistor kolektor, berarti arus kolektor maksimal adalah arus paling besar yang bisa mengalir ketika voltase kolektor – emitor nol. Satu contoh dimana transistor dipakai sebagai sakelar adalah dalam rangkaian elektronika digital. Dalam elektronika digital biasanya hanya terdapat dua keadaan, yaitu voltase ada atau voltase nol atau dengan kata lain hanya terdapat keadaan on dan keadaan off. Dengan mengatur bias sebuah transistor sampai transistor jenuh, maka seolah akan didapat hubungan singkat antara kaki kolektor dan emitor. Dengan memanfaatkan fenomena ini maka transistor dapat difungsikan sebagai saklar elektronik. Sebuah rangkaian sakelar elektronik dengan menggunakan transistor PNP dan transistor NPN. Tampak TR3 PNP dan TR4 PNP dipakai menghidupkan dan mematikan led. Ketika kita membutuhkan rangkaian yang dapat menyalakan led ketika cahaya dari lingkungan sekitar meredup. Rangkaian ini boleh jadi merupakan satu bagian dari sebuah keamanan. Jika pada basis lebih besar atau sama dengan I_b , titik kerja Q berada pada ujung atas pada garis beban.^[3]



Gambar 2.7. Karakteristik transistor

Transistor yang ditunjukkan pada gambar tersebut kelihatan seperti sebuah saklar yang tertutup. Sebaliknya jika arus basis nol, transistor bekerja pada ujung bawah garis beban dan transistor seperti sebuah sakelar yang terbuka. Dalam merancang saklar transistor ada suatu kondisi dinamakan kondisi soft saturation artinya transistor dibuat hampir saturasi, dimana arus basis hanya cukup mengoperasikan transistor pada ujung atas dari garis beban. Soft saturation tidak dapat diandalkan pada produksi massa karena ada perubahan-perubahan pada B_{dc} dan I_b (sat). kondisi yang lain adalah kondisi hard saturation. Transistor dapat digunakan sebagai sakelar elektronik dengan membuat transistor tersebut berada dalam kondisi cutoff (sakelar terbuka, arus tidak mengalir). Atau saturasi (Saklar tertutup, sehingga arus mengalir).

METODOLOGI

Pengkondisian lampu penerangan sangat diperlukan hal tersebut memudahkan yang melakukan penyalakan dan mematikan lampu penerangan dan dengan melakukan pengkondisian lampu penerangan mati dan nyala mengakibatkan penggunaan energi listrik lebih sesuai dengan apa yang dibutuhkan dengan demikian efisiensi penggunaan listrik didapat.



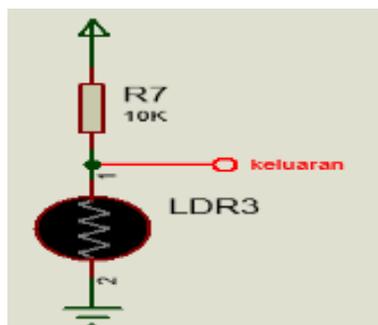
Gambar 3.1. Diagram blok komparator switch lampu penerangan

- 1) **Sensor LDR** (*Ligh Dependent Resistor*) yang berfungsi membaca tingkat kecerahan cahaya matahari, sehingga dengan menggunakan LDR dapat digunakan untuk mensensor tingkat kecerahan cahaya matahari. Dengan demikian hasil pembacaan oleh LDR dapat digunakan acuan untuk menyalakan dan mematikan lampu penerangan yang disesuaikan dengan keinginan.
- 2) **Komparator Op-Amp**, yang berperan membandingkan hasil pembacaan dari sensor LDR dengan tegangan acuan yang akan menghasilkan penguatan sesuai dengan tegangan catu Op-Amp, dengan demikian keluaran dari Op-Amp dapat digunakan untuk membias transistor yang difungsikan sebagai saklar.
- 3) **Switch transistor**, berfungsi untuk menghubungkan kaki catu relay dengan sumber tegangan catu relay.
- 4) **Relay**, berfungsi sebagai pemutus dan penyambung lampu dengan sumber tegangan dari lampu tersebut.
- 5) **Lampu**, beban yang akan dikondisikan.

Pada diagram blok diatas, memperlihatkan sistem pengkondisian nyala lampu yang beracuan dengan cahaya yang mengenai LDR.

➤ Sensor LDR

Sensor LDR menjadi nilai yang akan dibandingkan oleh Op-Amp dengan demikian merancang LDR menjadi hal yang penting dilakukan seperti pada gambar di bawah :



Gambar 3.2 sensor LDR

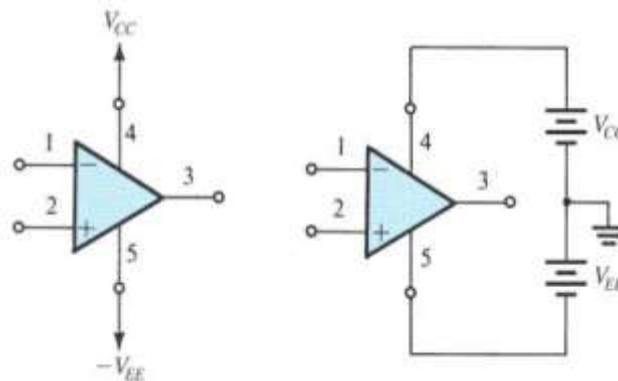
$$V_{keluaran} = \frac{R_{LDR3}}{R_{LDR3} + R_7} \cdot V_{CC}$$

➤ **Komparator LM358**

Operasional amplifier LM358 merupakan jenis penguat integrated circuit, penguat dengan menggunakan Op-Amp terdapat dua cara yaitu open loop dan closed loop masing-masing memiliki perilaku yang berbeda. Untuk Op-Amp yang difungsikan menjadi komparator dirangkai secara open loop sehingga memiliki persamaan sebagai berikut :

$$V_o = A(V_2 - V_1)$$

Dimana A merupakan penguatan, untuk Op-Amp yang dioperasikan secara open loop penguatannya ∞ seperti pada gambar di bawah :



Gambar 3.3. Op-Amp open loop

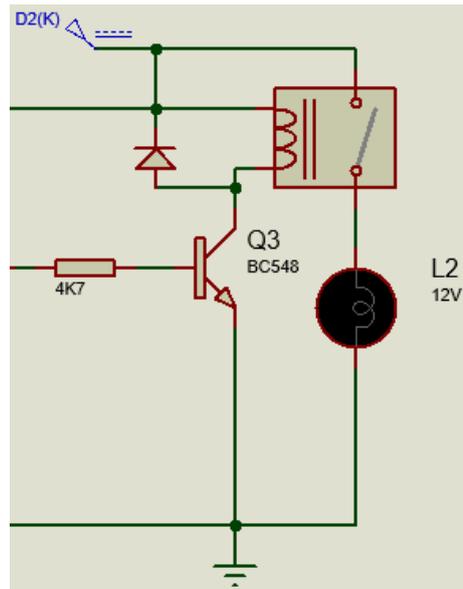
Untuk

$$V_1 \geq V_2 \rightarrow V_3 = V_{CC}$$

$$V_1 < V_2 \rightarrow V_3 = V_{EE}$$

➤ **Switch BC458**

Saklar menggunakan transistor atau saklar elektronik sering digunakan dengan memberikan tegangan bias di kaki basis, dengan membuat kondisi jenuh pada transistor mengakibatkan arus mengalir dari kolektor ke emitor. Rangkaian saklar transistor BC458 seperti di bawah :



Gambar 3.4. Transistor BC458 sebagai saklar

Untuk $V_{in} > V_{BE} \rightarrow$ kolektor dan emitor terhubung
 $V_{in} < V_{BE} \rightarrow$ kolektor dan emitor terputus

HASIL DAN PEMBAHASAN

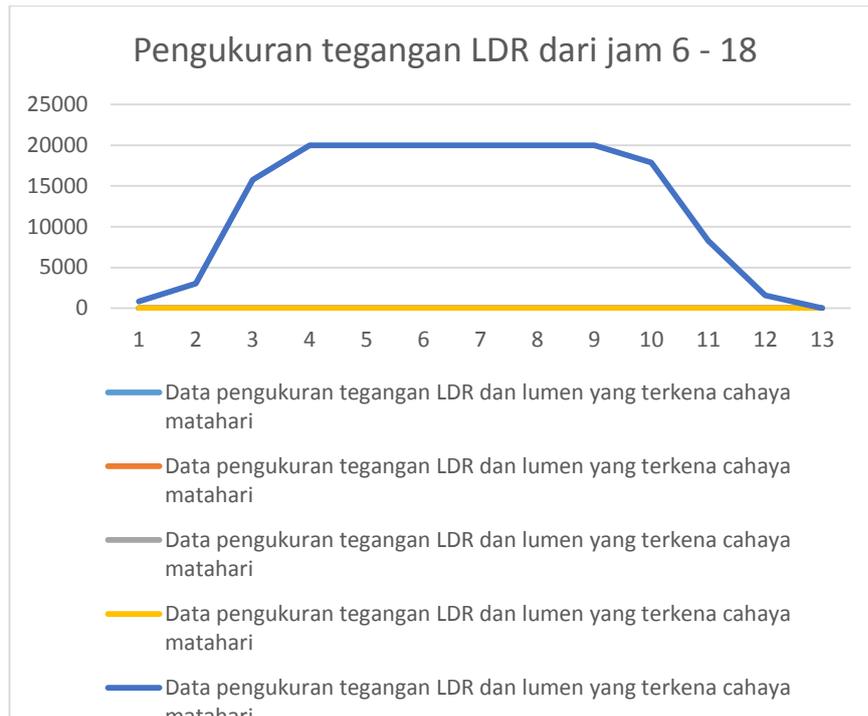
Pengujian dilakukan perbagian dari diagram blok tersebut untuk membuat kepastian bahwa tiap blok dapat berfungsi dengan benar untuk pembahasan tiap blok seperti di bawah :

- **Sensor LDR**
 Sensor cahaya diukur sendiri dirangkai seperti gambar 3.2. dapat diperoleh data pengukuran sebagai berikut :
 Data pengukuran tegangan LDR dan lumen yang terkena cahaya matahari
 Tegangan $V_{cc} = 5,29$ volt
 Alat yang digunakan : Voltmeter dan luxmeter

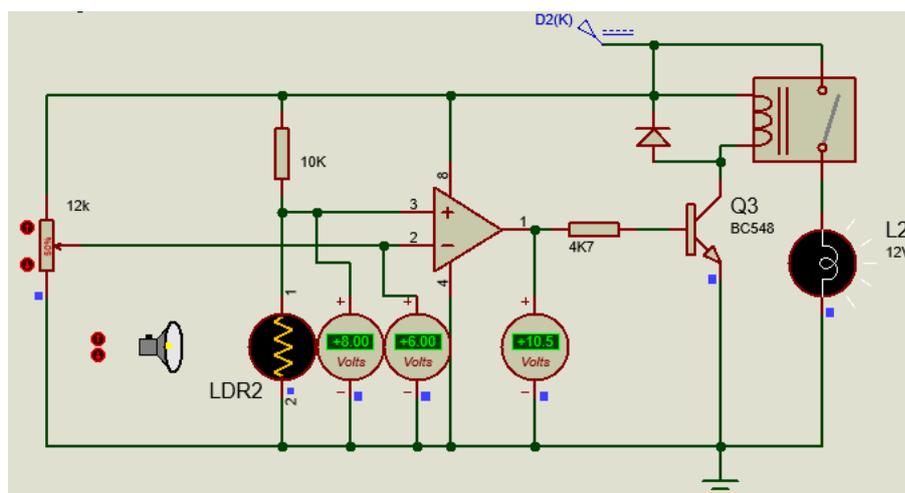
Tabel 1. Data Pengukuran Voltmeter dan Luxmeter

Jam	LDR1 (volt)	LDR2 (volt)	LDR3 (volt)	Lumen/m
6	2,19	2,36	2,64	839
7	0,18	0,23	0,51	3020
8	0,09	0,1	0,12	15750
9	0,05	0,07	0,1	20000
10	0,04	0,05	0,08	20000
11	0,06	0,04	0,07	20000
12	0,07	0,04	0,05	20000
13	0,08	0,05	0,04	20000

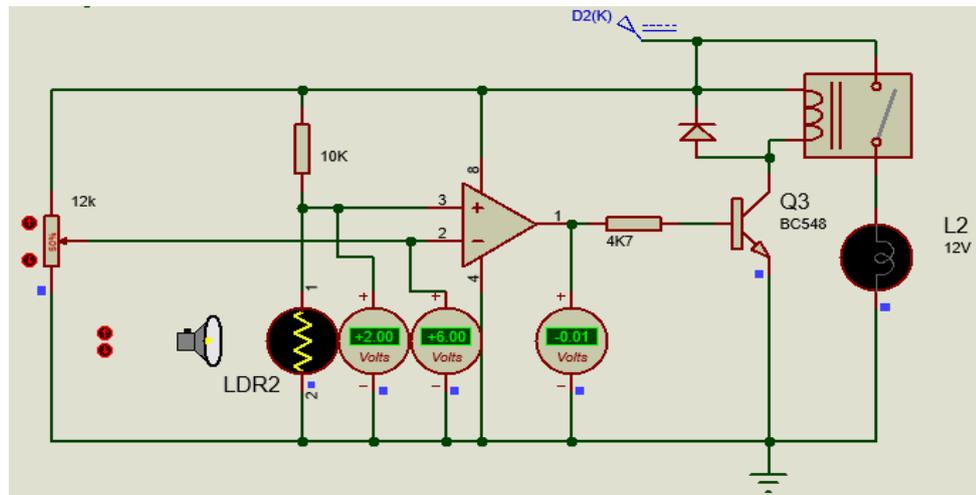
Jam	LDR1 (volt)	LDR2 (volt)	LDR3 (volt)	Lumen/m
14	0,08	0,06	0,05	20000
15	0,1	0,09	0,05	17860
16	0,15	0,13	0,08	8260
17	0,36	0,35	0,34	1568
18	5,05	5,09	5,02	0,58



Gambar 3.5 Hasil Pengukuran tegangan LDR jam 6-18



Gambar 4.1. Rangkaian lengkap kondisi cahaya kurang



Gambar 4.2. Rangkaian lengkap kondisi cahaya lebih

Dari dua kondisi di atas menunjukkan bahwa komparator yang menggunakan Op-Amp terjadi dengan membandingkan tegangan yang dihasilkan dari LDR dibandingkan dengan tegangan referensi hasil dari sebuah potensio (R_{variabel}).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada rangkaian pembandingan atau komparator yang menggunakan LM358, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

- 1) Komparator menggunakan LM358 dapat digunakan membandingkan tegangan masukan yang dirangkai secara open loop sehingga dapat bekerja untuk mengkondisikan nyala dan mati lampu penerangan.
- 2) Penentuan nyala dan mati lampu dapat ditentukan dengan menetapkan tegangan referensi dari hasil potensio.

DAFTAR PUSTAKA

Adel S. Sedra., 2015. Microelectronic Circuit, Oxford University Press.

www.ti.com

Malvino, Albert Paul., 2016. Electronic principles, McGraw-Hill.

Ahmad Ridhoi., 2017. The Application of Artificial Intelligence For Cleaning Surfaces of the Solar Cells to Improve the Voltage Output. springer, Vol 193.