

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *State of The Art*

Dalam penyusunan Laporan Akhir ini, penulis melakukan literatur yaitu mencari referensi penelitian sebelumnya termasuk jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini. Adapun perbandingan penelitian ini berfungsi untuk analisa dan memperkaya pembahasan penelitian, serta membedakan penelitian dari penelitian sebelumnya. Berikut beberapa perbandingan penelitian yang telah dilakukan mengenai Lampu Penerang Jalan akan dijelaskna oleh Tabel 2.1:

Tabel 2.1. Perbandingan Jurnal dan Penelitian 5 Tahun Terakhir

No.	Parameter	Metode	Aplikasi	Kekurangan	Kelebihan	Referensi
1.	Prototipe Penerang Jalan Umum (PJU) Pintar Berbasis Arduino menggunakan Solar Panel, Sensor HC-SR04 dan Sensor LDR	Pembuatan prototipe PJU	Sensor LDR dan Ultrasonik	Tidak menggunakan metode pengambilan keputusan dalam membuat sistem.	Cara kerja dan sistem yang mudah diterapkan.	[4]
2.	Pengendali Intensitas Lampu Ruangan	Menggunakan metode <i>Fuzzy</i>	Sensor LDR dan sensor PIR	Alat yang dibuat diimplementasikan pada	Dapat menguji sistem dengan mengetahui daya yang	[3]

	berbasis Arduino UNO menggunakan Metode Fuzzy Logic	<i>Logic</i>		lampu ruangan dengan tidak adanya sumber tegangan cadangan apabila sumber tegangan yang digunakan padam .	digunakan pada saat Lampu terang dan lampu redup.	
3.	Implementasi Kecerdasan Buatan untuk Sistem Kendali Lampu Jalan berbasis Mikrokontroler	Metode <i>Fuzzy Logic</i>	Sensor LDR dan sensor IR	Penggunaan sensor IR yang hanya bisa mendeteksi objek dari jarak 0-15 cm. Serta kontroller yang digunakan masih mikrokontroller.	Hasil dari pengimplementasi dengan metode <i>fuzzy logic</i> lebih maksimal dan akurat..	[2]
4.	Rancang Bangun Simulasi Lampu Jalan Tenaga Angin menggunakan	Menggunakan tenaga angin	Sensor LDR, sensor PIR, dan Sensor Ultrasonik	Sistem yang digunakan menggunakan sumber daya dari tenaga angin yang jika menggunakan	Penggunaan dari 3 Sensor yang cukup efisien, juga apabila tegangan listrik yang dihasilkan	[5]

	an Sensor PIR, Sensor Cahaya, dan Sensor Ultrasonik			nnya maka pemilihan daerahnya harus berpotensi menghasilkan tenaga angin yang kecepatan tinggi.	habis maka alat akan otomatis menggunakan tegangan PLN.	
5.	Rancang Bangun Lampu Penerang Jalan Umum (PJU) menggunakan Solar Panel Berbasis Android	Berbasis android	Sensor cahaya dan <i>modul Bloethoot HC-05</i>	Sistem monitoring solar pane tidak bisa jarak jauh hanya berada pada jarak 15 m karena berbasis jaringan koneksi android.	Data dari tegangan dari solar cell dapat dilihat langsung dari android sehingga lebih mudah memonitoring solar cell apakah masih bisa berjalan dengan durasi waktu yang lama	[6]

2.2. Lampu Jalan

Lampu penerang jalan umum adalah salah satu elemen penting bagi keselamatan pengguna jalan. Lampu ini berfungsi menerangi jalan bagi pengendara mobil, pengendara motor maupun pejalan kaki. Dengan lampu penerang jalan ini pengguna jalan dapat melihat dengan jelas keadaan jalan pada

saaat malam hari, sehingga dapat meningkatkan ketertiban dan keamanan pengguna jalan.



Gambar 2.1. Lampu Penerang Jalan Umum

(sumber : <http://bangka.tribunnews.com/>)

Lampu penerang jalan merupakan penerang yang menggunakan lampu LED sehingga dapat menghemat penggunaan daya listrik. Tepat digunakan untuk melakukan efisiensi biaya rutin listrik untuk penerang jalan. Lampu penerang jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat dilihat dari tabel 2.2 berikut dibawah ini:

Tabel 2.2 Jenis Lampu Penerang Jalan

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna obyek	Keterangan
Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 - 20; 36 - 40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor dan lokal; - efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek; - jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan; - efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil; - jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 - 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyeberangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>); - efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning; - Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 - 20.000	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>; - efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

2.3. Solar Cell

Solar cell atau sering juga disebut panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic yang dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik”. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan

menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Berikut gambar 2.2 memperlihatkan gambar *solar cell*:



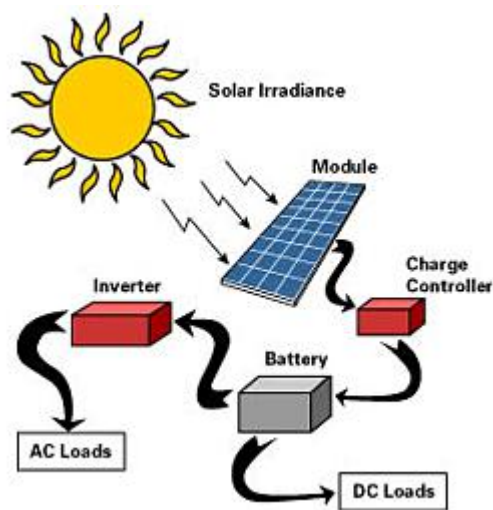
Gambar 2.2. *Solar cell*

(Sumber : <https://cleanmalaysia.com/>)

Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah kumpulan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

Panel surya dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi yang signifikan dan menurunkan masa pakai yang diharapkan panel surya biasanya memiliki umur 20+ tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir,

sebagian besar panelsurya komersial saat ini hanya mencapai efesiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Karena peralatan rumah saat ini berjalan di *Alternating Current* (AC), panel surya harus memiliki power inverter yang mengubah arus *Direct Current* (DC) dari sel surya menjadi *Alternating Current* (AC). Berikut gambar 2.3 memperlihatkan prinsip kerja solar cell: [7]



Gambar 2.3. Prinsip Kerja *Solar cell*

(Sumber : <https://tenagamatahari.wordpress.com/>)

2.4. Baterai

Baterai atau juga bisa disebut Aki (*Accumulator*) adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik, dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efesiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regerensi dan elektroda-elektrodba yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Berikut gambar 2.4 memperlihatkan gambar baterai:



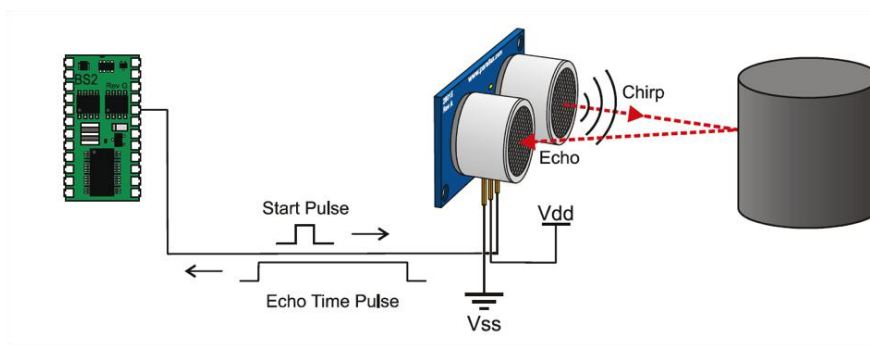
Gambar 2.4. Baterai

(Sumber : <http://sentradaya.com/battery-leoch-lps-series>)

2.5. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip kerja pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkap kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindra. Perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindranya adalah zat padat, zat cair dan butiran. Sensor ultrasonik dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler melalui satu pin I/O. Berikut merupakan gambar dari sensor ultrasonik.

Sensor ultrasonik pada umumnya digunakan untuk menentukan jarak sebuah objek. Sensor ultrasonik mempunyai kemampuan mendeteksi objek lebih jauh terutama untuk benda-benda yang keras. Pada benda-benda yang keras yang mempunyai permukaan yang kasar gelombang ini akan dipantulkan lebih kuat dari pada benda yang permukaannya lunak. Tidak seperti pada sensor-sensor lain seperti inframerah atau sensor laser. Sensor ultrasonik ini memiliki jangkauan deteksi yang relatif luas. Sehingga dengan demikian untuk jarak deteksi yang didapat tanpa menggunakan pengolahan lanjutan.



Gambar 2.5. Prinsip kerja sensor Ultrasonik

(Sumber : <https://www.researchgate.net>)

Pada gambar 2.5 di atas menggambarkan prinsip kerja dari sensor ultrasonik. *Sensing* yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim (Tx) sampai diterima oleh rangkaian penerima (Rx) dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Waktu dihitung ketika pemancar aktif dan sampai ada input dari rangkaian penerima dan bila pada melebihi batas waktu tertentu rangkaian penerima tidak ada sinyal input maka dianggap tidak ada halangan didepannya.[9]

2.5.1. Sensor ultrasonik HY-SRF05

SRF05 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini adalah transmitter mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan 2.1:

$$\text{Jarak} = \frac{vxt}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

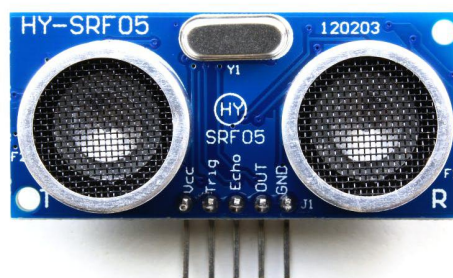
s = jarak antara gelombang dengan objek yang dideteksi (meter)

v = cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (344 m/detik)

t = selisih waktu pemancaran dan penerimaan pantulan gelombang (detik)

SRF05 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3 cm – 4 m dengan output panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu TRIGGER dan ECHO. Untuk mengaktifkan SRF05 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin TRIGGER minimal 10 μ s, selanjutnya SRF05 akan mengirimkan pulsa positif melalui pin ECHO selama 100 μ s hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek. Spesifikasi dari sensor ultrasonik SRF05 adalah sebagai berikut :

1. Bekerja pada tegangan DC 5 volt
2. Beban arus sebesar 30 mA – 50 mA
3. Menghasilkan gelombang dengan frekuensi 40 KHz
4. Jangkauan jarak yang dapat dideteksi 3 cm – 400 cm
5. Membutuhkan trigger input minimal sebesar 10 μ s
6. Dapat digunakan dalam dua pilihan mode yaitu input trigger dan output echo terpasang pada pin yang berbeda atau input trigger dan output echo terpasang dalam satu pin yang sama [10]

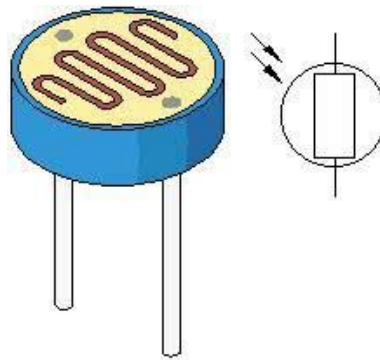


Gambar 2.6. Sensor Ultrasonik HY-SRF05

(Sumber : <http://www.create.arduino.cc>)

2.6. Sensor LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan salah satu jenis komponen resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya. Perlu diketahui bahwa nilai resistansi LDR sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya, jika cahaya yang mengenainya sedikit (gelap), maka nilai hambatannya menjadi semakin besar, sehingga arus listrik mengalir akan terlambat. Berikut gambar 2.7 memperlihatkan gambar LDR:



Gambar 2.7. Sensor LDR

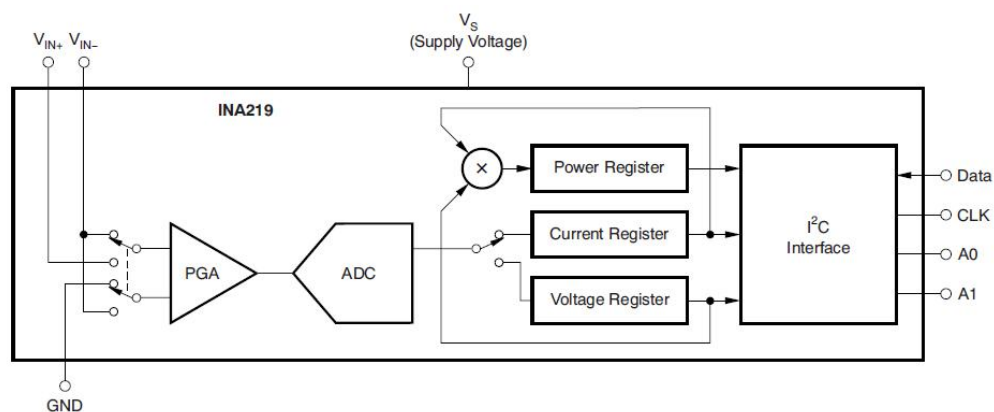
(Sumber : <http://www.electronicbus.com/>)

Pada umumnya sebuah LDR memiliki nilai hambatan 200 Kilo Ohm saat berada dikondisi minim cahaya (gelap), dan akan menurun menjadi 500 Ohm pada kondisi terkena cahaya. Tak heran jika komponen yang satu ini banyak diaplikasikan pada rangkaian dengan tema saklar otomatis dari cahaya.

Fungsi LDR adalah sebagai saklar otomatis berdasarkan cahaya. Jika cahaya yang diterima oleh LDR banyak, maka nilai resistansi LDR akan menurun, dan listrik dapat mengalir (ON). Sebaliknya, jika cahaya yang diterima LDR sedikit, maka nilai resistansi LDR akan menguat, dan aliran listrik terhambat (OFF). Sedangkan untuk prinsip kerja LDR, semakin banyak cahaya yang mengenainya maka semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya, jika cahaya yang mengenai LDR sedikit (gelap) maka nilai hambatannya semakin besar.

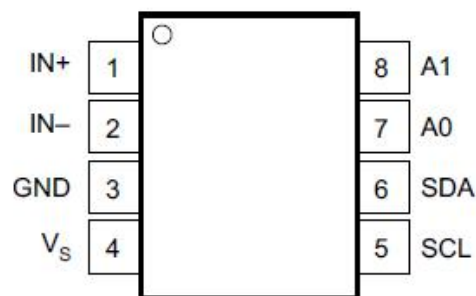
2.7. Modul Sensor INA 219

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA 219 didukung dengan *interfce* 12C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program *times* dan *filtering*. INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah ± 320 mV ini berarti dapat mengukur arus hingga ± 3.2 A. Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3,2 A adalah 0,8 mA. Dengan *gain* internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah ± 400 mA dan resolusi 0,1 mA. INA 219 mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0-26 V. [18] Berikut skematik INA 219 seperti ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8. Skematik INA 219

Dalam gambar 2.8 Skematik INA 219 memiliki I/O data, clock, analog 0, analog 1, Vin +, Vin -, ground, dan suplai tegangan. Berikut gambar 2.9 yang menjelaskan pin I/O dari INA:

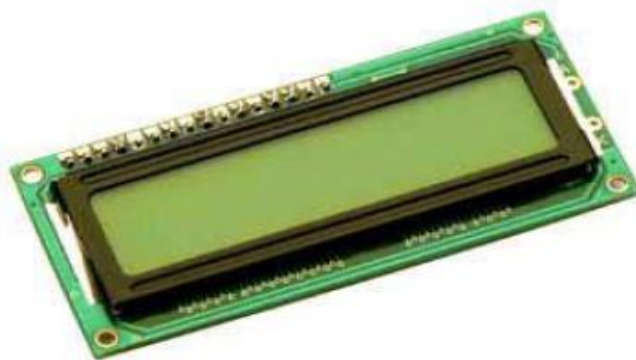


Gambar 2.9. Konfigurasi Pin INA 219

Pin IN + dan PIN - merupakan pin positif dan negatif *input* dari tegangan *shunt* dimana pin positif dihubungkan dengan hambatan shunt sedangkan yang negatif dihubungkan dengan ground. Pin SCL dan SDA adalah pin serial bus clock line dan serial bus data line pin A0 dan A1 merupakan address dari pin analog input.

2.8. LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karkater, huruf, angka ataupun grafik. LDC biasa yang sering digunakan adalah jenis LCD 16 x 2 yang artinya lebar *display* 2 baris 16 kolom dengan 16 pin konektor. Berikut gambar 2.10 memperlihatkan gambar LCD: [11]



Gambar 2.10. LCD 16 x 2

(Sumber : <https://techterms.com/definition/lcd>)

Adapun konfigurasi dan deskripsi dari pin-pin LCD antara lain:

1. **VCC (pin 1)**
Merupakan sumber tegangan +5V.
2. **GND 0V (pin 2)**
Merupakan sambungan ground .
3. **VEE (pin 3)**

Merupakan input tegangan Kontras LCD .

4. RS Register *Select* (pin 4)

Merupakan register pilihan 0 = Register Perintah, 1 = Register Data.

5. R/W (pin 5)

Merupakan *read select* , 1 = Read, 0 = Write.

6. *Enable Clock* LCD (pin 6)

Merupakan masukan logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data.

7. D0 – D7 (pin 7 – pin 14)

Merupakan Data Bus 1 – 7 ke port.

8. Anoda (pin 15)

Merupakan masukan Tegangan positif *backlight*.

9. Katoda (pin 16)

Merupakan masukan Tegangan negatif *backlight*.

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW. Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa sebuah data sedang dikirimkan. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika low “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu dan berikutnya di set.

2.9. Metode *Fuzzy*

Untuk sistem yang sederhana, metode konvensional memiliki akurasi yang sangat tinggi, namun apabila sistem yang dibuat lebih kompleks maka kita kan kesulitan dalam membuat model matematika untuk mengendalikan sistem. Oleh karena itu, lahirlah metode baru yang disebut *soft computing* yang pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh. Metode ini dibuat tanpa menggunakan permodelan matematika sistem, tetapi menggunakan metode yang meniru sistem kecerdasan manusia. Dari peniruan logika manusia, lahir metode logika fuzzy; dari struktur jaringan syaraf dan otak manusia, lahir metode jaringan syaraf tiruan

(*artificial neural networks*); dari gabungan keduanya (logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan) dan metode-metode lainnya [12].

Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan antara hitam dan putih, dan konsep tidak pasti dalam bentuk linguistic seperti ‘sedikit’, ‘lumayan’, dan ‘sangat’. Logika *fuzzy* berhubungan dengan set *fuzzy* dan teori kemungkinan. Pada referensi [12] saat ini telah banyak penelitian dan produk yang dihasilkan menggunakan control logika *fuzzy*, diantaranya :

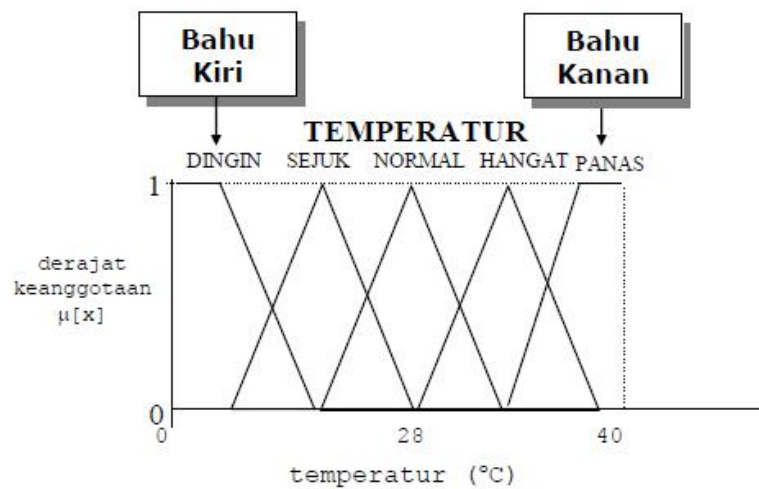
- a. Pada tahun 1990 pertama kali dibuat mesin cuci dengan logika *fuzzy* di Jepang. Sistem *fuzzy* digunakan untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis kotoran, banyaknya kotoran, dan jumlah yang akan dicuci. Mesin ini menggunakan sensor optik yang mengeluarkan cahaya ke air dan mengukur bagaimana cahaya tersebut sampai keujung lainnya. Semakin kotor air maka sinar yang sampai juga akan semakin redup. Di samping itu, sistem juga dapat menentukan jenis kotoran (daki atau minyak).
- b. Transmisi otomatis pada mobil. Mobil Nissan telah menggunakan sistem *fuzzy* pada transmisi otomatis dan mampu menghemat bensin 12 - 17%.
- c. Kereta bawah tanah Sendai mengontrol pemberhentian otomatis pada area tertentu.
- d. Ilmu kedokteran dan biologi, seperti sistem diagnosis, penelitian kanker, dan manipulasi peralatan prostetik.
- e. Manajemen dan pengambilan keputusan, seperti manajemen basis data, tata letak pabrik, dan sistem pembuat keputusan di militer..
- f. Ilmu lingkungan, seperti kendali kualitas air dan pendeteksi cuaca.

2.9.1. Himpunan *Fuzzy*

Ada beberapa hal yang harus diketahui dalam membuat memahami sistem *fuzzy*, yaitu :

- a. Variabel *fuzzy*
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, contoh: umur, temperatur, permintaan, jarak.
- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh variabel temperatur terbagi menjadi lima himpunan *fuzzy*, yaitu DINGIN, NORMAL, HANGAT, dan PANAS. Gambar 2.11 berikut merupakan contoh himpunan *fuzzy* pada variabel temperatur.



Gambar 2.11 Himpunan *Fuzzy* Pada Variabel *Temperature*

(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi atasnya. Contoh : semesta pembicaraan untuk variabel temperatur adalah [0 40].

d. Domain

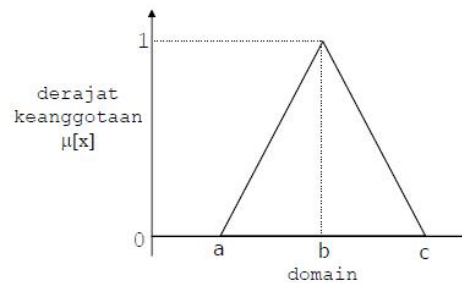
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang akan diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif atau negatif. Contoh : DINGIN = [0 20], SEJUK = [15 25], NORMAL = [20 30], HANGAT = [25 35] dan PANAS = [30 40].

2.9.2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan), yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi, antara lain dua bentuk fungsi yaitu segitiga dan trapesium.

a) Kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear). Gambar 2.12 dibawah ini merupakan kurva segitiga pada *membership function*.



Gambar 2.12. Kurva Segitiga Pada *Membership Function*

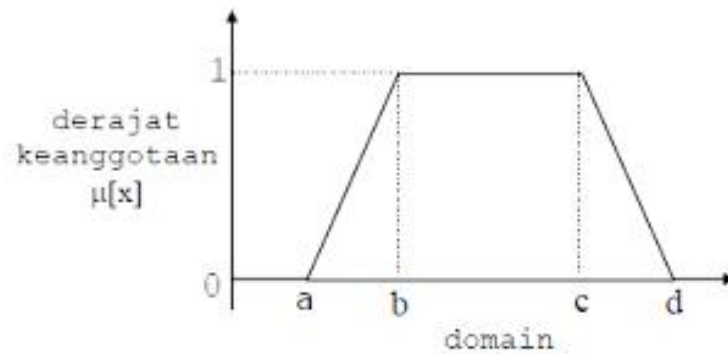
(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

Fungsi keanggotaannya :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

b) Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya sama seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan satu. Gambar 2.13 dibawah ini merupakan kurva trapesium *membership function*.



Gambar 2.13. Kurva Trapesium Pada *Membership Function*

(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

Fungsi keanggotaannya:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (b-x)/(c-b); & x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.9.3. Model *Fuzzy Mamdani*

Model *Fuzzy mamdani* telah diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini memiliki beberapa kelebihan yang berdasarkan penalaran manusia, diterima oleh banyak pihak, dan masukan berasal dari manusia. Proses perhitungan *fuzzy mamdani* dibagi kedalam empat tahap :

- a. Fuzzifikasi variabel masukan. Pada tahap ini, masukan yang bersifat crisp (output bernilai tunggal) dihitung derajat keanggotaannya terhadap setiap himpunan *fuzzy* input.
- b. Evaluasi aturan - aturan (*rules*).
- c. Agregasi pada masing-masing aturan untuk menghasilkan suatu kesimpulan.
- d. Defuzzifikasi himpunan *fuzzy* output menjadi nilai tunggal (*crisp*).

Fuzzifikasi adalah proses pemetaan dari input menjadi sekumpulan data samar dalam berbagai semesta pembicaraan output. Nilai input merupakan besaran analog yang diubah menjadi *fuzzy* input. Besaran analog atau crisp input dipetakan pada domain *membership function* yang sesuai dengan nilainya. Crisp input yang masuk ke domain label (*linguistic value*) akan menjadi *fuzzy* input.

Defuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan *fuzzy* output ke output yang bernilai tunggal (*crisp*). Terdapat beberapa metode defuzzifikasi, namun yang sering digunakan adalah metode *centroid* dan maksimum.

2.9.4. Model *Fuzzy* Sugeno

Model *Fuzzy* Sugeno telah diperkenalkan oleh Michio Sugeno. Metode ini menggunakan *output* (konsekuen) sistem berupa konstanta atau persamaan linier. Michio mengusulkan penggunaan *singleton* sebagai fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. Proses perhitungan *fuzzy* Sugeno dibagi kedalam tiga tahap :

- a. Pembentukan himpunan *fuzzy* untuk mengambil nilai – nilai tunggal dan menentukan derajat di mana nilai – nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.
- b. Aplikasi fungsi implikasi, yaitu implikasi Min (minimum) yang akan memotong output himpunan *fuzzy* dan implikasi Dot (*product*) yang akan mengskala output himpunan *fuzzy*.
- c. Defuzzifikasi himpunan *fuzzy* output menjadi nilai tunggal (*crisp*).

Fuzzyfikasi adalah proses pemetaan dari input menjadi sekumpulan data samar dalam berbagai semesta pembicaraan *output*. Nilai *input* merupakan besaran analog yang diubah menjadi *fuzzy input*. Besaran analog atau *crisp* dapat dipetakan pada domain *membership function* yang sesuai dengan nilainya. *Crisp input* yang masuk ke domain label (*linguistic value*) akan menjadi *fuzzy input*.

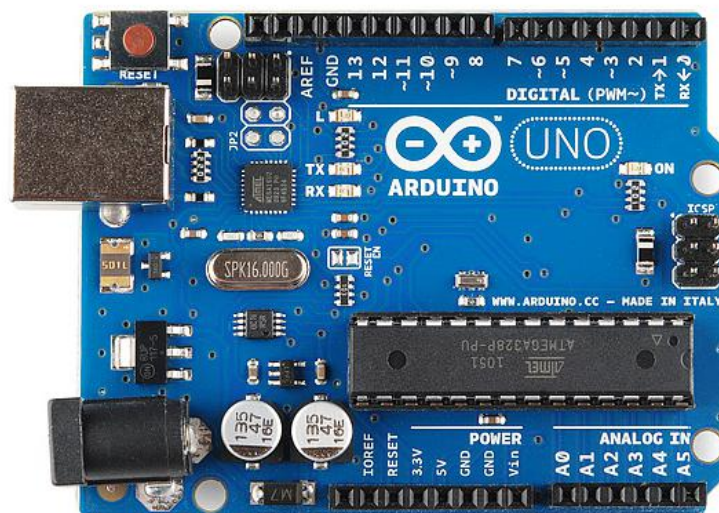
Defuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan *fuzzy output* ke *output* yang bernilai tunggal (*crisp*). Terdapat beberapa metode defuzzifikasi, namun yang sering digunakan adalah metode *centroid* dan maksimum.

2.10. Arduino

Arduino merupakan *open – source prototyping platform* yang dibuat agar mudah digunakan baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Arduino memiliki banyak varian diantaranya Arduino Uno, Arduino Pro Mini, Arduino

Micro, Arduino Nano, Arduino Mega, Arduino Due, Arduino *Gemma*, *Lilypad* Arduino dan lain – lain.

Dari pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa arduino adalah kit atau papan rangkaian open source yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (Integrated Circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanam program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronika dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input proses dan output sebuah rangkaian elektronika. Berikut gambar arduino ditunjukkan oleh gambar 2.14 :



Gambar 2.14. Arduino UNO

(Sumber : www.indobot.co.id.)

Berikut penjelasan mengenai kelebihan arduino, antara lain:

- Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial RS323 bisa menggunakannya.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Contohnya *shield* GPS, *Ethernet*, dan lain-lain.[12]

2.11. Penentuan Intensitas Cahaya

Sistem penerangan dapat dirancang dengan menggunakan berbagai jenis luminari dan fitting lampu. Luminasi merupakan salah satu istilah modern yang diberikan kepada peralatan yang berfungsi mendukung lampu penerangan serta dapat mengendalikan distribusi cahaya dari lampu penerangan tersebut. Lampu-lampu modern saat ini dibuat dengan menggunakan teknologi-teknologi terbaru yang dapat memberikan efek iluminasi yang murah dan efisien. Berikut istilah-istilah umum dalam penerang:

a. Intensitas Luminasi (I)

Intensitas luminasi adalah daya iluminasi sumber cahaya untuk meradiasikan fluks luminasi pada suatu arah tertentu. Satuan untuk intensitas luminasi sesuai dengan SI adalah candela (disingkat cd).

b. Fluks Luminasi (F)

Fluks luminasi adalah aliran cahaya yang diradiasikan dari suatu sumber cahaya. Satuan untuk fluks luminasi sesuai SI adalah lumen di mana satu lumen adalah fluks cahaya yang diemisikan dalam satu unit sudut, berupa volume dari sebuah kerucut, dari suatu sumber cahaya dengan intensitas satu candela.

c. Iluminasi (E)

Iluminasi merupakan suatu ukuran dari cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Satuan iluminasi sesuai SI adalah lux (lx) yaitu iluminasi yang dihasilkan oleh satu lumen cahaya pada permukaan seluas 1 m^2 .

d. Luminasi (L)

Luminasi merupakan ukuran dari tingkat terangnya suatu benda atau ukuran dari besarnya cahaya yang dipantulkan oleh sebuah permukaan. Benda-benda yang kita lihat, penampakkannya akan bervariasi sesuai dengan cahaya yang diemisikan atau dipantulkan oleh benda tersebut ke mata kita.

Satuan luminasi sesuai SI bervariasi sesuai dengan jenis dari permukaannya. Untuk permukaan difusi seperti kertas bercak atau permukaan

benda yang bercat putih, satuan luminasi adalah lumen per meter persegi. Sedangkan permukaan-permukaan yang berpelitur misalnya reflektor kaca perak, tingkat terangnya permukaan ini dispesifikasikan dalam istilah intensitas cahaya dengan satuan candela per meter persegi. [13]

2.11.1 Hukum-hukum Iluminasi

Sinar-sinar cahaya yang jatuh pada suatu permukaan dari titik cahaya berjarak d akan mengiluminasikan permukaan ini dengan tingkat iluminasi misalkan 1 lux. Jika kemudian jarak d tersebut menjadi dua kali jarak semula, seperti tampak pada Gambar 2.15, maka tingkat iluminasi 1 lux akan jatuh pada permukaan seluas empat persegi satuan luas. Jadi iluminasi dari suatu permukaan akan mengikuti hukum kebalikan kuadrat yaitu:

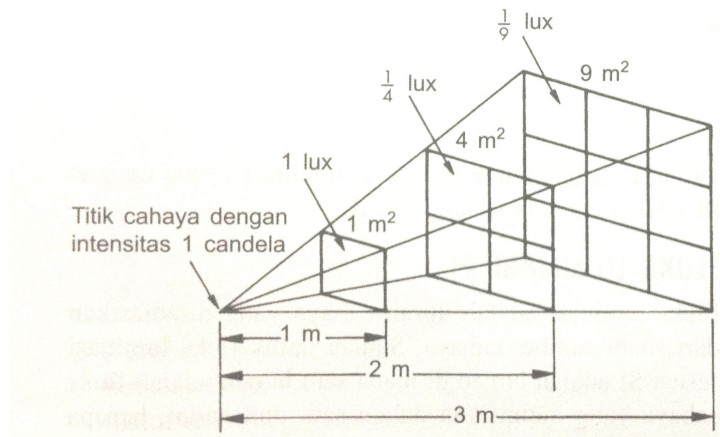
$$E = \frac{I}{d^2} (lx) \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan:

E : Iluminasi (lux)

I : Intensitas Luminasi (cd)

d : ketinggian sumber cahaya (m)

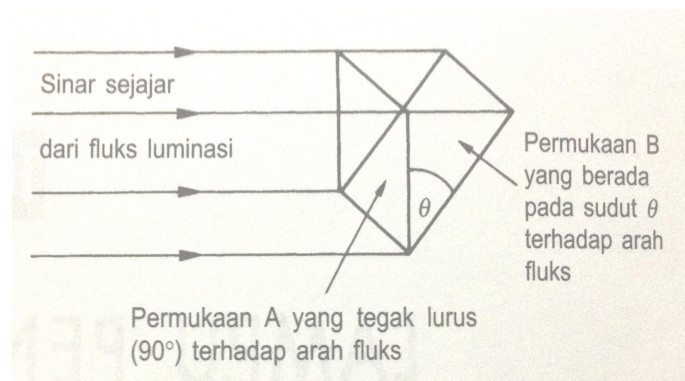


Gambar 2.15 Hukum kebalikan kuadrat iluminasi

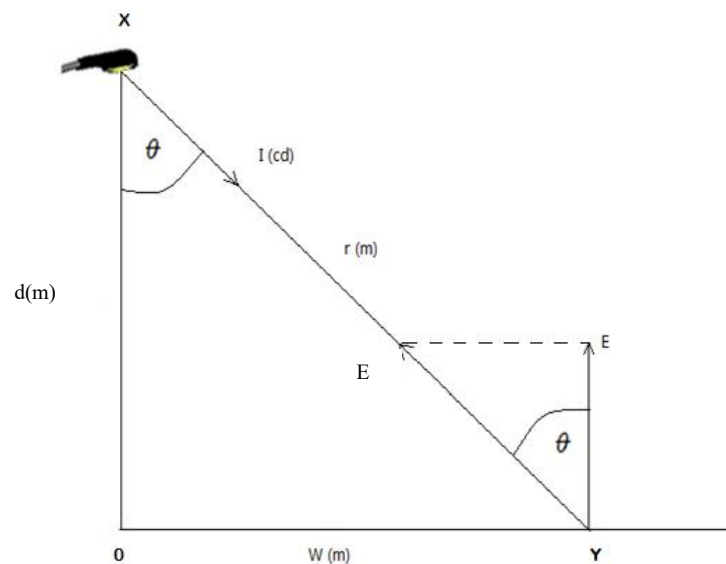
Seperti telah dijelaskan sebelumnya,, iluminasi permukaan A seperti terlihat pada Gambar 2.16 dan Gambar 2.17 adalah mengikuti hukum kebalikan kuadrat iluminasi. Jika kemudian permukaan ini ditiadakan, maka fluks luminasi

yang sama akan jatuh pada permukaan miring B. Karena sinar-sinar cahaya yang sejajar yang jatuh pada permukaan miring B ini akan disebarakan pada luas permukaan yang lebih besar maka iluminasi cahaya akan berkurang dengan faktor θ .

Oleh karena kedua permukaan tersebut dihubungkan melalui aturan kosinus persamaan trigometri maka persamaan ini dikenal pula sebagai hukum kosinus.



Gambar 2.16. Hukum Kosinus



Gambar 2.17. Perhitungan Iluminasi Metode Titik

Dari gambar diatas maka didapat persamaaan dibawah ini:

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2} (lx) \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana $\cos \theta = \frac{d}{r}$

keterangan:

E : Iluminasi (lux)

I : Intensitas Luminasi (cd)

d : ketinggian sumber cahaya (m)

r : jarak antara sumber cahaya ke titik tertentu (m)

2.11.2 Penerangan Jalan Raya

Penerangan jalan raya mempunyai 2 fungsi pokok yaitu fungsi : fungsi keamanan dan fungsi ekonomi. Keamanan pengguna jalan berkaitan dengan kuat penerangan sesuai dengan kecepatan kendaraan, serta kerataan penerangan pada bidang jalan. Kebutuhan daya (kW) penerangan pada suatu ruas jalan sangat bervariasi tergantung pada: geometri permukaan jalan, lampu yang digunakan dan faktor refleksi permukaan jalan. Fungsi ekonomi jalan berkaitan dengan distribusi barang (termasuk kelancaran distribusi barang).

Penerangan jalan mempertimbangkan 6 aspek, yaitu:

- a) Kuat rata-rata penerangan ($E_{rata-rata}$). Besarnya kuat penerangan didasarkan pada kecepatan maksimal yang diizinkan terhadap kendaraan yang melaluinya.
- b) Distribusi cahaya. Kerataan cahaya pada jalan raya penting, untuk itu ditentukan faktor kerataan cahaya yang merupakan perbandingan kuat penerangan pada bagian tengah lintasan kendaraan dengan pada tepi jalan. Sebagai acuan perbandingan tersebut tidak lebih dari 3:1.
- c) Cahaya yang menyilaukan dapat menyebabkan: kelelahan mata, perasaan tidak nyaman, dan kemungkinan kecelakaan. Untuk mengurangi silau digunakan akrilik atau gelas pada armatur yang berfungsi sebagai filter cahaya.
- d) Arah pancaran cahaya dan pembentukan bayangan. Sumber penerangan untuk jalan raya dipasang menyudut 5° hingga 15° .

- e) Warna dan perubahan warna. Warna cahaya lampu pelepasan gas tekanan tinggi (khususnya lampu merkuri) berpengaruh terhadap warna tertentu, misalnya: warna merah.
- f) Lingkungan berkabut maupun berdebu mempunyai faktor absorpsi terhadap cahaya yang dipancarkan oleh lampu. Cahaya kuning kehijauan mempunyai panjang gelombang paling sensitif terhadap mata sehingga tepat digunakan pada daerah berkabut. Lampu SON atau SOX tepat untuk penerangan jalan pada daerah berkabut.

Terdapat 5 klarifikasi jalan beserta kuat penerangan rata-rata, sebagai berikut:

- a. Jalan bebas hambatan atau jalan tol (>20lx),
- b. Jalan utama, yaitu: jalan yang menuju atau melingkar kota (15 hingga 20 lx),
- c. Jalan penghubung, yaitu : jalan percabangan jalan utama (7 hingga 10lx),
- d. Jalan kampung atau lokal (3 hingga 5 lx), dan
- e. Jalan setapak atau gang (3 hingga 5 lx).[14]

2.12. Perhitungan Daya

Untuk menghitung tegangan terpakai pada beban, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.8)$$

keterangan:

P = Daya yang terpakai (Watt)

V = Tegangan yang terpakai (Volt)

I = Arus yang terpakai (Ampere)