



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penerangan Jalan Umum

Penerangan jalan umum atau penerangan lampu jalan merupakan salah satu sistem penerangan yang berada diluar gedung. Sistem lampu jalan yang baik merupakan bagian dari tata pencahayaan yang berguna menunjang keselamatan bagi pengguna trotoar jalan maupun pengemudi kendaraan^[17] Lampu jalan atau dikenal juga sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan dimalam hari sehingga mempermudah pejalan kaki, pesepeda dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas jalan/medan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas dan keamanan dari para pengguna jalan dari kegiatan/aksi kriminal. Clarke mengatakan bahwa *better lighting will deter offenders who benefit from the cover of darkness* atau dalam bahasa Indonesia: penerangan (jalan) yang lebih baik akan menghalangi penyerang yang mengambil manfaat dari kegelapan malam^[210]

Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi^[311], antara lain :

1. Menghasilkan kontras antara obyek dan permukaan jalan;
2. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan;
3. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari;
4. Mendukung keamanan lingkungan;
5. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

¹⁷ Mahardika, Dhioo, 2016. Evaluasi Penerangan Lampu Jalan Dijalan Baypass Alang-alang Lebar. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya. Hal : 5

²¹⁰ Ronald Clark, Improving Street Lighting to Reduce Crime in Residential Area, Problem-Oriented Guides for Polic, 2008 Hal 5

³¹¹ SNI 7391:200: Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4. Hal :

Dasar Perencanaan Penerangan Jalan

Pertimbangan keekonomian dalam perencanaan penerangan jalan merupakan hal utama yang diperhatikan, oleh karena itu perlu ditetapkan kriteria yang digunakan sebagai basis dalam perencanaan penerangan jalan.

1.1.1.1 Kriteria yang digunakan

Perencanaan penerangan jalan terkait dengan kriteria sebagai berikut:

1. Volume lalu-lintas, baik kendaraan maupun lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dll;
2. Tipikal potongan melintang jalan, situasi (lay-out) jalan dan persimpangan jalan;
3. Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dll;
4. Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan;
5. Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya/lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik;
6. Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain-lain, agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis;
7. Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya;
8. Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.

1.1.1.2 Perhatian Khusus

Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut^[411]:

1. Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan;
2. Tempat-tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam;
3. Tempat yang luas seperti persimpangan, interchange, tempat parkir, dll;

⁴¹¹ Ibid, Hal : 4



4. Jalan-jalan berpohon;
5. Jalan-jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median;
6. Jembatan sempit/panjang, jalan layang dan jalan bawah tanah (terowongan);
7. Tempat-tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.

1.1.2 Jenis-jenis Lampu Penerangan Jalan

Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat dilihat dalam Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Lampu Penerangan^[511]

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh 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 pengukuran 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, terowongan, yempat 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 sangat tinggi.

⁵¹¹ Ibid, Hal : 4

Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.00 0 - 20.0 00	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan interchange; - efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.
---------------------------------------	-----	----------------------------	---------------------	-------	--

1.2 Panel surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau “sol” karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic 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^[62].

1.2.1 Jenis-jenis Panel Surya

Berdasarkan jenis bahan dalam pembuatannya panel surya dibagi menjadi empat jenis yaitu monokristal, polikristal, amorphous dan compound atau gallium arsenide. Perbandingan antara ke empat jenis bahan pembuatan panel surya disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jenis-jenis Bahan Pembuatan Solar Panel^[73]

Jenis Bahan	Efisiensi Perubahan Daya	Daya Tahan	Biaya	Keterangan	Penggunaan
Mono	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Kegunaan Pemakaian Luas	Sehari-hari

⁶² Anonim, “Panel Surya” diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Panel_surya

⁷³ Armand Ramadhan, “Panel Surya” diakses dari <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>



Poly	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Cocok untuk produksi massal dimasa depan	Sehari-hari
Amorphous	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik	Bekerja baik dalam pencahayaan fluorescent	Sehari-hari & perangkat komersial (kalkulator)
Compound (GaAs)	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik	Berat & Rapuh	Pemakaian di luar angkasa

a. Monokristal

Sel surya yang terdiri atas p-n junction monokristal silikon atau yang disebut juga monocrystalline *photovoltaic*, mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Efisiensi sel fotovoltaik jenis silikon monokristal mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16 sampai 17%.



Gambar 2. 1 Panel Surya Monokristal^[83]

b. Polykristal

Polycrystalline Photovoltaic atau sel surya yang bermateri polykristal dikembangkan atas alasan mahalnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis silikon polikristal berkisar antara 12% hingga 15%.



Gambar 2. 2 Panel Surya Polykristal^[93]

c. Amorphous

Sel surya bermateri *Amorphous Silicon* merupakan teknologi fotovoltaik dengan lapisan tipis atau thin film. Ketebalannya sekitar 10 μ m (micron) dalam

⁸³ Ibid, Hal : 30

⁹³ Ibid, Hal : 30



bentuk modul surya. Efisiensi sel dengan silikon amorfous berkisar 6% sampai dengan 9%.



Gambar 2. 3 Panel Surya Amourphous^[3]

d. Coumpound (Gallium Arsenide)

Gallium Arsenide dapat mengkonversi sekitar 40% radiasi matahari menjadi listrik, sehingga dua kali lebih efektif dibandingkan silikon. Efisiensi ini membuat gallium arsenide menjadi bahan pilihan untuk membangun sel surya pesawat ruang angkasa, tetapi harga gallium arsenide selangit.



Gambar 2. 4 Panel Surya Coumpound pada Satelit Komunikasi Luar Angkasa^[1014]

1.2.2 Karakteristik Sel Surya

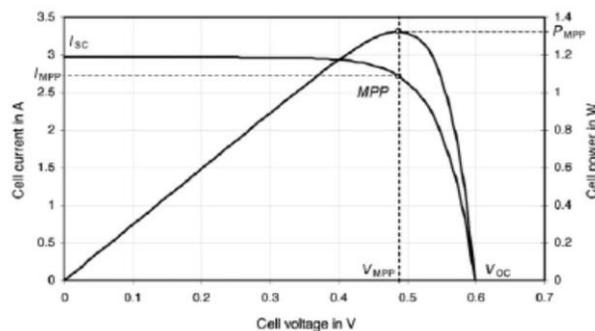
Total pengeluaran listrik (watt) dari solar panel adalah sama dengan tegangan (V) operasi dikalikan dengan arus (I) operasi. Tegangan serta arus keluaran yang dihasilkan ketika solar panel memperoleh penyinaran merupakan

¹⁰¹⁴ <http://www.google.com>

karakteristik yang disajikan dalam bentuk kurva I-V. Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (PMPP). Tegangan di *Maximum Power Point* (MPP) VMPP, lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (Voc) dan arus saat MPP IMPP, adalah lebih rendah dari arus *short circuit* (Isc).

Berikut ini adalah karakteristik dari solar panel:

- a. *Short Circuit Current* (Isc) : terjadi pada suatu titik dimana tegangannya adalah nol, sehingga pada saat ini, daya keluaran adalah nol
- b. *Open Circuit Voltage* (Voc) : terjadi pada suatu titik dimana arusnya adalah nol, sehingga pada saat ini pun daya keluarannya adalah nol
- c. *Maximum Power Point* (MPP) adalah titik daya *output* maksimum, yang sering dinyatakan sebagai dari kurva I-V



Gambar 2. 5 Kurva I-V^[11]

Berdasarkan ketiga parameter tersebut, maka daya keluaran dari sel surya dapat diperoleh dengan persamaan :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

P_{out} = Daya keluaran sel surya (W)

V_{oc} = Tegangan *Open Circuit* (V)

I_{sc} = Arus *Short Circuit* (A)

¹¹ Suhendar, *Dasar - Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Edisi Pertama (Media Edukasi Indonesia (Anggota IKAPI), 2022



FF = *Fil Factor*

FF (*Fil Factor*) merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari panel surya. Besarnya FF dapat dihitung dengan persamaan :

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \text{ atau } \frac{P_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Efisiensi konversi energi cahaya menjadi energi listrik diperoleh dari perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan. Daya masukan sel surya secara matematis dapat ditulis dengan persamaan :

$$P_{ic} = G \times A \dots\dots\dots(2.3)$$

Sehingga besarnya nilai efisiensi diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

V_{mp} = Tegangan maksimum (V)

I_{mp} = Arus maksimum (A)

P_{mp} = Daya maksimum (W)

η = efisiensi %

P_{in} = Daya masukan sel surya (W)

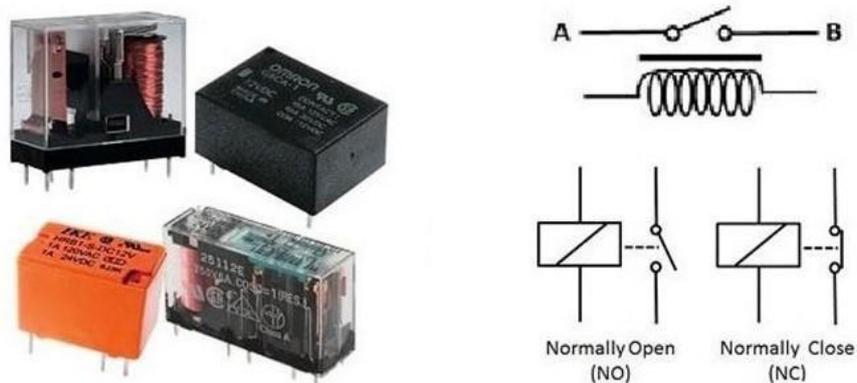
G = Intensitas cahaya (W/m²)

1.3 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanik

[12].

Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar dan juga simbol dari komponen relay.



Gambar 2. 6 Relay dan Simbol Relay^[1]

1.3.1 Fungsi Relay

Seperti yang telah dikatakan tadi bahwa relay memiliki fungsi sebagai saklar elektrik. Namun jika diaplikasikan ke dalam rangkaian elektronika, relay memiliki beberapa fungsi yang cukup unik^[1]. Berikut adalah beberapa fungsi komponen relay saat diaplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika.

1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah
2. Menjalankan fungsi logika alias logic function
3. Memberikan fungsi penundaan waktu alias time delay function
4. Melindungi motor atau komponen lainnya dari kelebihan tegangan atau korsleting

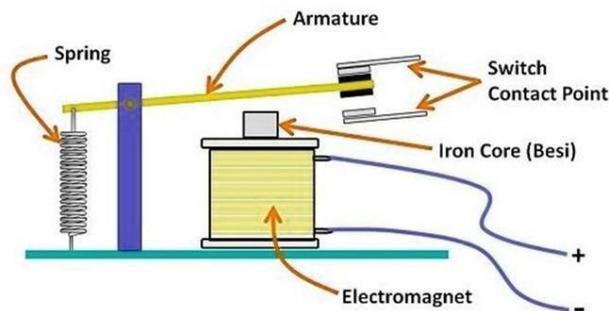
1.3.2 Cara Kerja Relay

Setelah mengetahui pengertian dan fungsi relay, berikut adalah cara

¹² Admin, "Pertian Fungsi, dan Cara Kerja Relay" diakses dari dari <http://belajarelektronika.net/pengertian-fungsi-dan-cara-kerja-relay/>



kerja atau prinsip kerja relay yang juga harus anda ketahui. Namun sebelumnya anda perlu tahu bahwa dalam sebuah relay terdapat 4 buah bagian penting yakni Electromagnet (Coil), Armature, Switch Contact Point (Saklar), dan Spring. Untuk info lebih jelasnya silahkan lihat gambar di bawah ini.



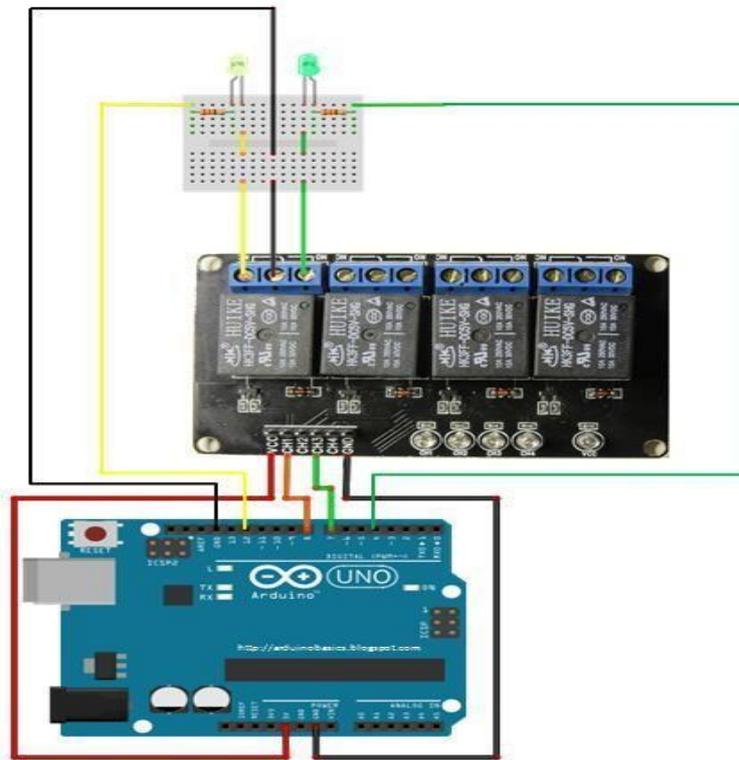
Gambar 2. 7 Cara Kerja Relay^[131]

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh kumparan Coil, berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil dialiri arus listrik, maka akan muncul gaya elektromagnetik yang dapat menarik Armature sehingga dapat berpindah dari posisi sebelumnya tertutup (NC) menjadi posisi baru yakni terbuka (NO).

Dalam posisi (NO) saklar dapat menghantarkan arus listrik. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali ke posisi awal (NC). Sedangkan Coil yang digunakan oleh relay untuk menarik Contact Poin ke posisi close hanya membutuhkan arus listrik yang relatif cukup kecil. Oh iya, buat anda yang belum tahu apa itu NO dan NC, berikut penjelasannya.

- NC atau Normally Close adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- NO atau Normally Open adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkanselalu berada di posisi OPEN (terbuka)

¹³¹ Ibid



Gambar 2. 8 Rangkaian Koneksi Arduino Dengan Relay^[141]

Tabel 2. 3 Hubungan Relay Arduino Uno^[151]

Freetronics Eleven or Arduino UNO	Breadboard	Relay Module
5V		VCC
GND		GND
Digital Pin 8 (D8)		CH1
Digital Pin 7 (D7)		CH3
<hr/>		
GND		Common Terminal
Digital Pin 12 (D12)	LED + 330 ohm R	Normally Closed (NC)
Digital Pin 4 (D4)	LED + 330 ohm R	Normally Open (NO)

1.4 LDR (Light Dependent Resistor)

LDR (*Light Dependent Resistor*), ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila cahaya gelap nilai tahanannya

¹⁴¹ Ibid

¹⁵¹ Ibid



semakin besar, sedangkan jika cahayanya terang nilai tahanannya menjadi semakin kecil.

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detector cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. *Light Dependent Resistor*, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya.^[169]



Gambar 2. 9 LDR (*Light Dependent Resistor*)^[11]

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10 M dan dalam keadaan terang sebesar 1 k atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti cadmium sulfide. Dengan bahan ini energy dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

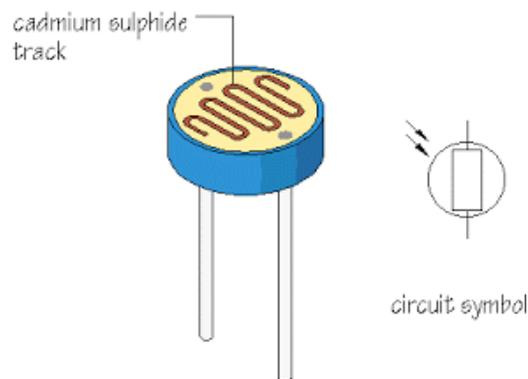
LDR digunakan untuk mengubah *energy* cahaya menjadi *energy* listrik. Karena responnya terhadap cahaya cukup lambat, LDR tidak digunakan pada situasi di mana intensitas cahaya berubah secara drastis. Sensor ini akan berubah nilai hambatannya apabila ada perubahan tingkat kecerahan cahaya.

1.4.1 Prinsip Kerja LDR

Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relative kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrit. Artinya pada

¹⁶⁹ Rivanna Nugraha, "LDR (light dependent resistor)" diakses dari <http://ilmuinstrumentasi.blogspot.co.id/2013/03/l-dr-light-dependent-resistor.html>.

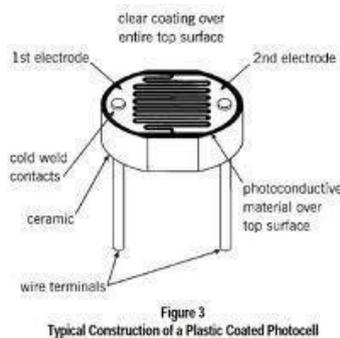
saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup.



Gambar 2.10 LDR dan *Circuit Symbol* LDR^[179]

Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan listrik. Artinya pada saat cahaya terang, LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi kecil pada saat cahaya terang.

Misalnya untuk rangkaian system alarm cahaya (menggunakan LDR) yang aktif ketika terdapat cahaya. Ketika akan mengatur kepekaan LDR (*Light Dependent Resistor*) dalam suatu rangkaian maka perlu menggunakan potensiometer.



**Figure 3
Typical Construction of a Plastic Coated Photocell**

Gambar 2.11 Bagian-bagian LDR^[189]

¹⁷⁹ Ibid

¹⁸⁹ Ibid



1.5 LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal 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 Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik^[195]



Gambar 2. 12 LCD 16X2^[205]

1.5.1 Material LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

¹⁹⁵ Elektronika Dasar, 2012. "LCD (Liquid Crystal Display)" diakses dari <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/> (30 Mei 2017)

²⁰⁵ ibid

1.5.2 Pengendali / Kontroler LCD (*Liquid Cristal Display*)

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Mikrokontroler pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah:

- **DDRAM** (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- **CGRAM** (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- **CGROM** (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- **Register perintah** yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- **Register data** yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.



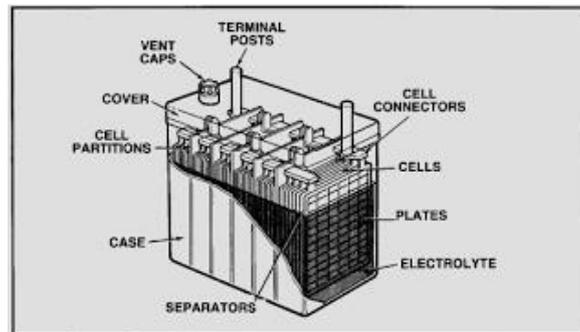
Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

- **Pin data** adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- **Pin RS (*Register Select*)** berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- **Pin R/W (*Read Write*)** berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- **Pin E (*Enable*)** digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- **Pin VLCD** berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

1.6 Baterai atau Aki

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda- elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.^[218]

²¹⁸ Rahmat Hidayat, "Pertanian dan Fungsi Baterai (aki)" diakses dari <http://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html>.



Gambar 2.13 Baterai atau Aki^[8]

Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem komponen-komponen kelistrikan.

1.6.1 Konstruksi Baterai

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan amper jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 amper, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 amper. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan baterai, dan sebaliknya, semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan. Besarnya kapasitas baterai sangat ditentukan oleh luas permukaan plat atau banyaknya plat baterai. Jadi dengan bertambahnya luas plat atau dengan bertambahnya jumlah plat baterai maka kapasitas baterai juga akan bertambah.

Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai



standar tersebut adalah 12 volt sampai 12,6 volt. Biasanya setiap sel baterai ditandai dengan adanya satu lubang pada kotak accu bagian atas untuk mengisi elektrolit aki.

1.7 Lampu

Lampu DC adalah lampu pijar yang menghasilkan Cahaya dengan cara memanaskan kawat logam filamen sampai ke suhu tinggi sehingga menghasilkan sinar. Filamen panas dilindungi dari udara dari bola kaca yang diisi dengan gas lembam atau divakum.^[2212]



Gambar 2.14 Lampu DC Sebagai Objek Pendeteksi^[2312]

Lampu pijar dibuat dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (volt) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang di perlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber Cahaya, maka secara bertahap beberapa negara peredaran lampu pijar mulai di batasi.

1.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ini merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk

²²¹² https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-susanagust-26395-4-unikom_s-i.pdf

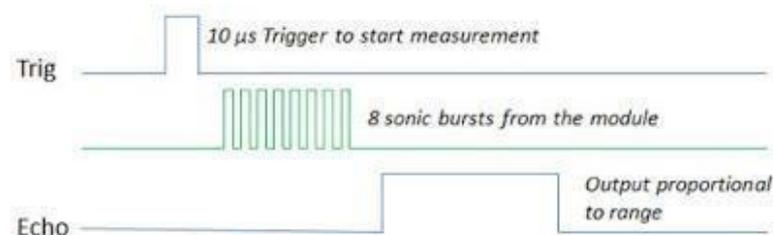
²³¹² ibid

listrik positif dan Gnd untuk ground-nya. Pin Trigger untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda.^[246]



Gambar 2.15 Sensor Ultrasonik HC-SR04^[6]

Cara menggunakan alat ini yaitu: ketika memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama 10uS, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin Echo. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut. Berikut adalah visualisasi dari sinyal yang dikirimkan oleh sensor HC-SR04



Gambar 2.16 Sistem Pewaktu Pada Sensor HC-SR04^[256]

1.9 Kabel

Kabel *jumper* merupakan kabel elektrik yang mempunyai pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino tanpa memerlukan solder.

Kabel *jumper* biasa digunakan pada breadboard atau alat prototyping lainnya supaya lebih mudah. Konektor yang terdapat pada ujung kabel terdiri

²⁴⁶ Hari Santoso, "Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya" diakses dari <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>

²⁵⁶ Ibid



dari konektor Jantan (*male connector*) dan konektor betina (*female connector*)^[2613].

1.9.1 Jenis-jenis Kabel *Jumper*

1.9.1.1 Kabbel *Jumper Male to Male*

Kabel jumper jenis ini merupakan kabel yang sangat cocok untuk yang ingin membuat rangkaian elektronik di breadboard.



Gambar 2.17 Kabel *Jumper Male to Male*^[2713]

1.9.1.2 Kabel *Jumper Male to Female*

Kabel jenis ini mempunyai jenis konektor yang berbeda di tiap ujung nya, yaitu *male* dan *female*. Biasanya digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika selain dari Arduino ke breadboard.

²⁶¹³ <https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html>

²⁷¹³ Ibid



Gambar 2.18 Kabel Jumper Male to Female^[13]

1.9.1.3 Kabel Jumper Female to Female

Kabel jenis ini merupakan kabel yang sangat cocok untuk menghubungkan antar komponen yang mempunyai *header male*. Misalnya, sensor ultrasonic HC-SR04, sensor suhu DHT dan lain sebagainya.

1.10 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. *Arduino* memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. *Arduino* mampu *men-support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB..(FeriDjuandi, 2011)^[284].

²⁸⁴ Azzi Taufik, "Mikrokontroler Arduino Uno" diakses dari <http://dialogsimponi.blogspot.co.id/2014/11/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>.



Gambar 2.19 Board Arduino Uno^[4]

Arduino merupakan sebuah board minimum system mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATMega 328 yang merupakan produk dari Atmel.

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain. Selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan ketika memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board* bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 ubah menjadi pin 14-19, dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Tabel 2. 4 Deskripsi Arduino Uno^[294]

Mikrokontroller	Atmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan Input yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan Input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin Input Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
<i>Memori Flash</i>	32 KB (Atmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega 328)
EPROM	1 KB (Atmega 328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

a. Power

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power*-nya di-*select* secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt.

Penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut :

1. Vin

²⁹⁴ Ibid



Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

2. 5V

Regulasi power *supply* digunakan untuk power mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

3. 3V3

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA

4. Pin Ground

berfungsi sebagai jalur ground pada arduino

5. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

b. Input & Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50K Ohm.

Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB ke TTL chip serial.
2. Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.

3. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
5. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

1.10.1 Bahasa Pemrograman Arduino Berbasis Bahasa C

Seperti yang telah dijelaskan diatas program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. Walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

Bahasa C merupakan bahasa yang *powerful* dan *fleksibel* yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.

Bahasa C merupakan bahasa yang *portabel* sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang tulis dalam sistem operasi windows dapat kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.

Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar / lain dan dapat diperoleh dengan mudah.

Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (*function*) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.

Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*)



sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.

Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama `main()`. Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa prosedural yang menerapkan konsep runtutan (program dieksekusi per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka harus menuliskan bagian prototipe (*prototype*), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompilator daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas.

Selain itu juga dalam bahasa C akan mengenal *file header*, biasa ditulis dengan ekstensi `h(*.h)`, adalah file bantuan yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, *file header* ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses *input/output* adalah `<stdio.h>`.

Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila menggunakan *file header* yang telah disediakan oleh kompilator, maka harus menuliskannya didalam tanda '`<`' dan '`>`' (misalnya `<stdio.h>`). Namun apabila menggunakan *file header* yang buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda "`"` dan "`"` (misalnya "`cobaheader.h`"). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila menggunakan tanda `<>`, maka file tersebut dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila menggunakan tanda "`"`, maka *file header* dapat dapat tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan digunakan harus didaftarkan dengan menggunakan directive `#include`. Directive `#include` ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang buat akan menggunakan file- file yang

didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive *#include*.

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include"myheader.h"
```

Setiap akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah *file header*, maka harus mendaftarkan *file header*nya dengan menggunakan directive *#include*. Sebagai contoh, akan menggunakan fungsi *getch()* dalam program, maka harus mendaftarkan *file header*<*conio.h*>.

1.11 Daya Output

Sistem dasar beda potensial adalah Volt (V), karena satuan inilah beda potensial V sering disebut sebagai voltage atau tegangan. Daya listrik yang dihasilkan oleh solar panel merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 2.5, sedangkan nilai rata-rata yang dihasilkan selama titik pengujian ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$P = V.I.....(2.5)$$

Dimana :

P = Daya Keluaran (Watt)

V = Tegangan Keluaran

I = Arus (Ampere)

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{n}$$



Dimana :

$P_{\text{rata-rata}}$ = Daya rata-rata (Watt)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke Satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P_n = Daya pada titik pengujian ke n

N = Jumlah P_1 s/d P_n

