



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penerangan Jalan Umum ^{[1],[2],[3]}

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^[1]. Lampu jalan atau dikenal juga sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam 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^[2].

Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi^[3] antara lain :

1. Menghasilkan kekontrasan 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.

¹ Mahardika, Dhioo. 2016. *Evaluasi Penerangan Lampu Jalan Dijalan Bypass Alang-alang Lebar*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya. Hal : 5

² Ronald V Clark, *Improving Street Lighting to Reduce Crime in Residential Area, Problem-Oriented Guides for Police*, 2008, Hal 5

³ SNI 7391:200: Spesifikasi Penerangan Jalan Di Kawasan Perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4. Hal : 4



2.1.1 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan^[4]

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.

2.1.1.1 Kriteria yang digunakan^[4]

Perencanaan penerangan jalan terkait dengan kriteria^[4] 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.

2.1.1.2 Perhatian Khusus^[4]

Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut :

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;
4. Jalan-jalan berpohon;

⁴ Ibid., Hal : 4



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.

2.1.2 Jenis Lampu Penerangan Jalan^[5]

Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat dilihat^[5] dalam Tabel berikut:

Tabel 2.1 Jenis Lampu Penerangan

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	- 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	- 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	- 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	- 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.

(Sumber : SNI 7391:200: Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4).

⁵ Ibid., Hal : 5



2.1.3 Penempatan Lampu Penerangan^[6]

Jarak antar tiang lampu penerangan berdasarkan tipikal distribusi pencahayaan dan klasifikasi lampu.

Tabel 2.2 Rumah Lampu Tipe A

Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	Lebar Jalan (m)								Tingkat Pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3.5 LUX
	5	35	35	35	35	35	34	32	-	
	6	42	40	38	36	33	32	30	29	
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6.0 LUX
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28	10.0 LUX
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39	
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	20.0 LUX
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20	30.0 LUX

Tabel 2.3 Rumah Lampu Tipe B

Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	Lebar Jalan (m)								Tingkat Pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
50W SON atau 80WMBBF/U	4	31	30	29	26	-	-	-	-	3.5 LUX
	5	33	32	32	31	30	29	28	27	
70W SON atau 125WMBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	
70W SON atau 125WMBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24	6.0 LUX
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34	
150W SON atau 250WMBFF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	39	10.0 LUX
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	
250W SON atau 400WMBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	
250W SON atau 400WBF/U	10	-	-	35	35	33	32	30	28	20 LUX
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	30.0 LUX

⁶ Ibid., Hal: 13



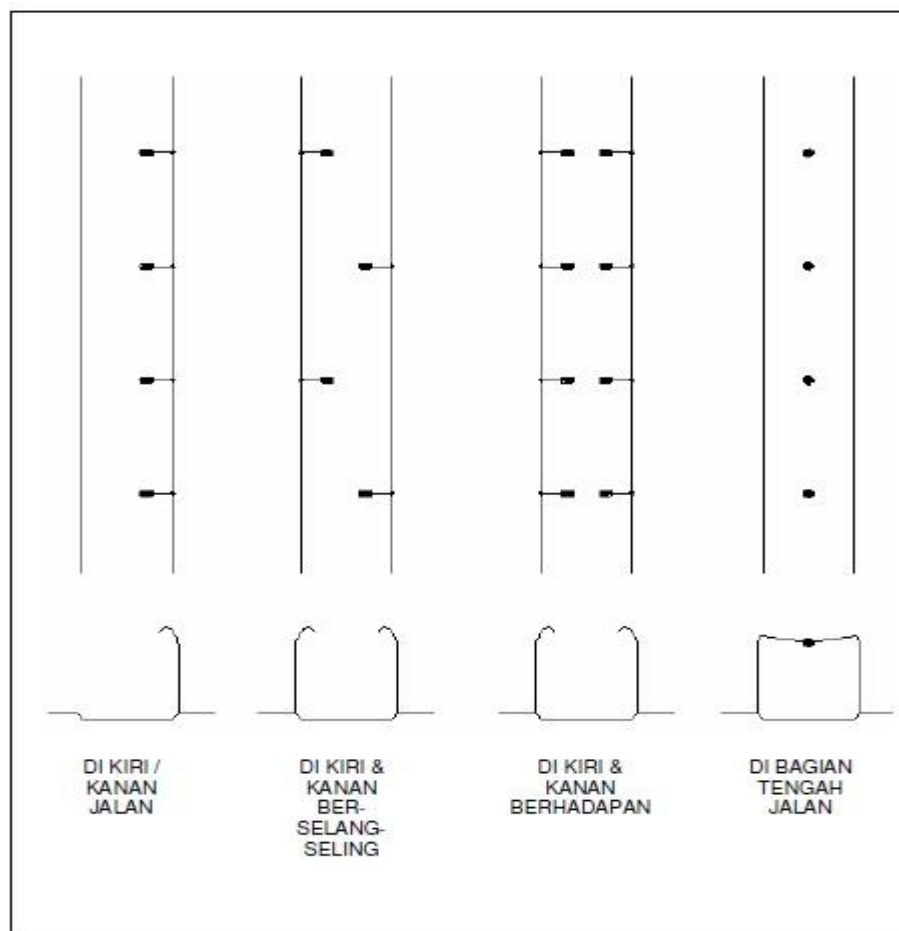
(Sumber : SNI 7391:200: Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan,
Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4)

Keterangan :

- Jarak antar tiang lampu dalam meter.
- Rumah lampu (*lantern*) tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya/sinar lebih luas.
- Rumah lampu (*lantern*) tipe B mempunyai penyebaran sorotan cahaya lebih ringan/kecil, terutama yang langsung ke jalan

2.1.4 Penempatan Lampu Jalan^[7]

Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak pada jalan satu arah ditunjukkan pada gambar berikut:



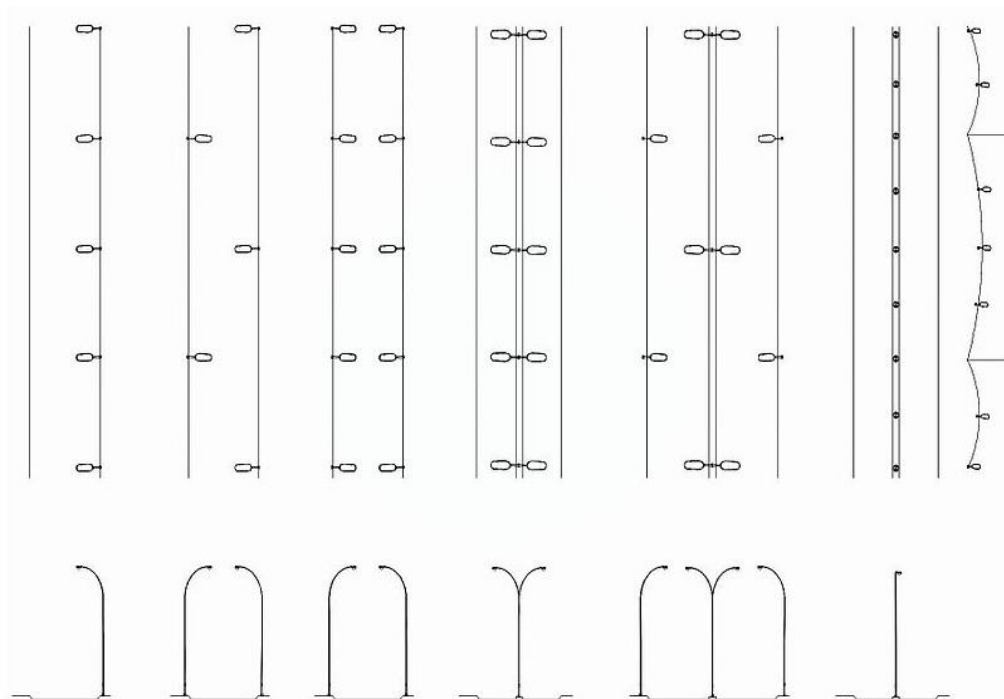
⁷ Op.cit., Hal 25



Gambar 2.1 Tipikal Lampu Penerangan Jalan Berdasarkan Pemilihan Letak pada Jalan Satu Arah

(Sumber : SNI 7391:200: Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4).

Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak pada jalan dua arah ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Tipikal Lampu Penerangan Jalan Berdasarkan Pemilihan Letak pada Jalan Dua Arah

(Sumber : SNI 7391:200: Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4).



2.2 Panel Surya^[8]

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^[9].

2.2.1 Jenis-jenis Panel Surya^[9]

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 2.4.

Tabel 2.4 Jenis Bahan Pembuatan Solar Panel

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

(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>)

⁸ Anonim, “Panel Surya” diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Panel_surya, pada tanggal 29 Mei 2017 pukul 23.38

⁹ Armand Ramadhan, “Panel Surya” diakses dari <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>, pada tanggal 29 Mei 2017 pukul 23.47



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 2.3 Panel Surya Monokristal

(Sumber : <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>).

b. Polykristal

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



Gambar 2.4 Panel Surya Polykristal

(Sumber : <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>).



c. Amorphous

Sel surya bermateri *Amorphous Silicon* merupakan teknologi fotovoltaik dengan lapisan tipis atau thin film. Ketebalannya sekitar $10\mu\text{m}$ (micron) dalam bentuk modul surya. Efisiensi sel dengan silikon amorfous berkisar 6% sampai dengan 9%.



Gambar 2.5 Panel Surya Amorphous

(Sumber : : <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/panel-surya.html>)).

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 2.6 Panel Surya Coumpound pada Satelit Komunikasi Luar Angkasa

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

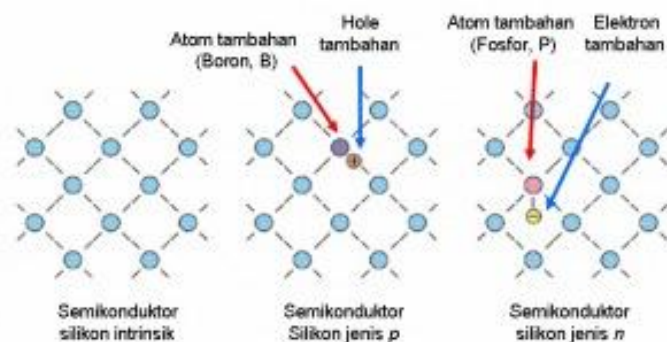


2.2.2 Prinsip Kerja Panel Surya^[10]

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis N dan jenis P.

Semikonduktor jenis N merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (N = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis P memiliki kelebihan *hole*, sehingga disebut dengan muatan positif (P = positif) karena kelebihan muatan positif.

Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Ilustrasi Mengontrol Jenis Semikonduktor

(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

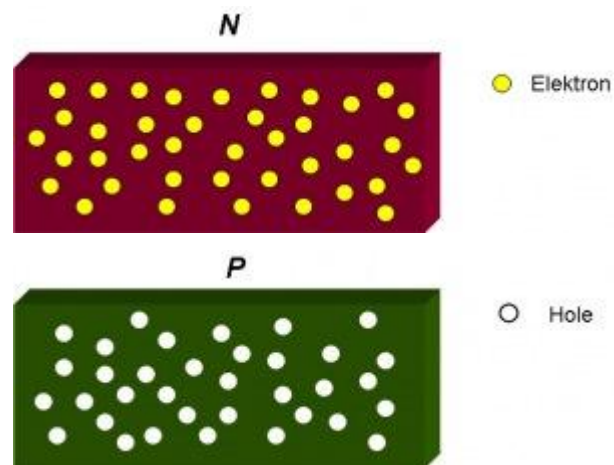
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun *hole* memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

¹⁰ Armand Ramadhan, "Prinsip Kerja Panel Surya", diakses dari <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html> pada tanggal 29-Mei-2017 pukul 0.32



Misal semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis P, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminium (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam silikon (Si). Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah *hole*. Sedangkan semikonduktor jenis N dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan doping yang jumlahnya tidak lebih dari 1 % dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-doping. Dua jenis semikonduktor N dan P ini jika disatukan akan membentuk sambungan P-N atau dioda P-N (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi /*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

- a. Semikonduktor jenis P dan N sebelum disambung terlihat pada gambar dibawah ini.



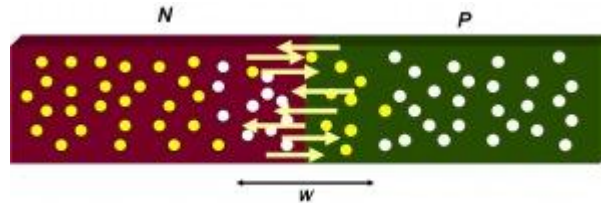
Gambar 2.8 Semikonduktor Jenis P dan N Sebelum Disambung

(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

- b. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor N menuju semikonduktor P, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor P menuju semikonduktor N.

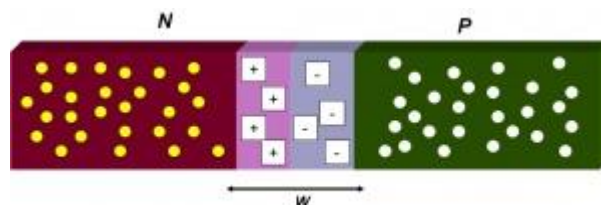


Perpindahan elektron maupun *hole* ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



Gambar 2.9 Sesaat Setelah Dua Jenis Semikonduktor Ini Disambung
(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

- c. Elektron dari semikonduktor N bersatu dengan *hole* pada semikonduktor P yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor P akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif. Pada saat yang sama, *hole* dari semikonduktor P bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor N yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



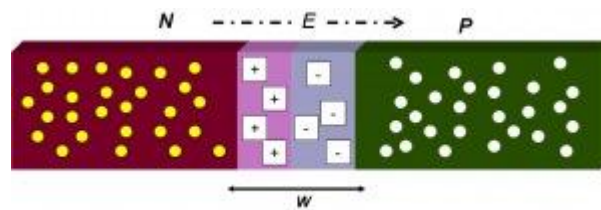
Gambar 2.10 Elektron Dari Semikonduktor N Bersatu Dengan *Hole* Pada Semikonduktor P

(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

- d. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W.
- e. Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.



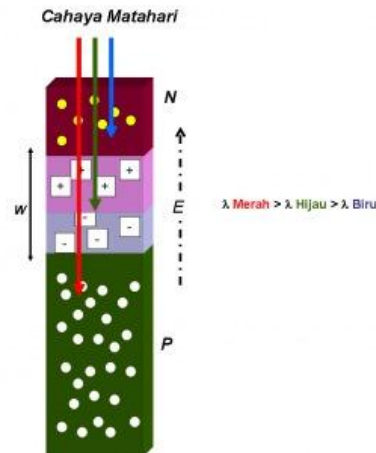
- f. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor P dan elektron ke semikonduktor N. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.



Gambar 2.11 Medan Listrik Pada Daerah Deplesi

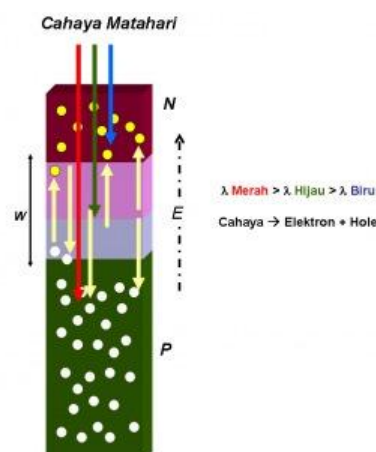
(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>)

- g. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan P-N berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor P ke N dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali ke arah semikonduktor P akibat medan listrik E . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor N ke P, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor N akibat tarikan medan listrik E . Dengan kata lain, medan listrik E mencegah seluruh elektron dan *hole* berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain. Pada sambungan P-N inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor N berada pada lapisan atas sambungan P yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor P, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor P.



Gambar 2.12 Proses Konversi Cahaya Matahari Menjadi Listrik
(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

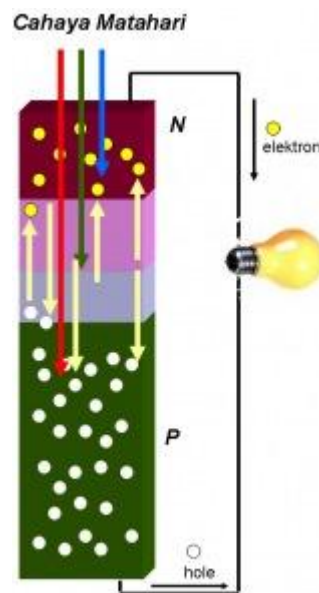
- h. Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor N, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



Gambar 2.13 Proses Konversi Cahaya Matahari Menjadi Listrik
(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).



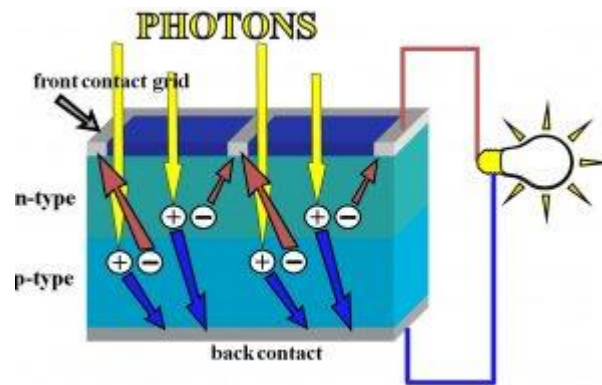
- i. Cahaya matahari dengan panjang gelombang yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan P-N berada pada bagian sambungan P-N yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor P yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor N. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan P-N terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor N, begitu pula dengan *hole* yang tertarik ke arah semikonduktor P. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.14 Percobaan Dengan Menggunakan Lampu Kecil dan Kabel
(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).



- j. Pada gambar dibawah ini menjelaskan segalanya tentang proses konversi cahaya matahari menjadi energi listrik secara ilustrasi.



Gambar 2.15 Proses Konversi Cahaya Matahari Menjadi Listrik

(Sumber: <http://armand10dma.blogspot.co.id/2011/08/prinsip-kerja-panel-surya.html>).

Cahaya matahari atau *photons* mengenai permukaan panel surya yang membuat elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor N, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan P-N terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor N, begitu pula dengan *hole* yang tertarik ke arah semikonduktor P. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



2.3 Mikrokontroler Arduino Uno^[11]

2.3.1 Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Didalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC, TTL, dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

2.3.2 Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio, dan lainnya.

2.3.2.1 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah board mikrokontroller 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* mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB..(FeriDjuandi, 2011).

¹¹ Azzi Taufik, “Mikrokontroller Arduino Uno” diakses dari <http://dialogsimponi.blogspot.co.id/2014/11/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>, pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 1.07



Gambar 2.16. *Board* Arduino Uno

(Sumber: <http://dialogsimponi.blogspot.co.id/2014/11/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>).

Menurut (FeriDjuandi, 2011) Arduino adalah 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 kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita 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* kita bisa lihat pin digital diberi



keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19, dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Tabel 2.5 Deskripsi Arduino Uno

Mikrokontroler	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
Memori Flash	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz

(Sumber: <http://dialogsimponi.blogspot.co.id/2014/11/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>)

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 :

- Vin



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.

- 5V

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

- 3V3

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

- Pin Ground

berfungsi sebagai jalur ground pada arduino

- 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 :

- 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.
- Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.



- PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- 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.
- LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

c. Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). *Firmware* Arduino menggunakan USB *driver* standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Ini diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer.

d. Software Arduino

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino . Pada ATmega328 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-*upload* kode baru untuk itu tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*.

IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

1. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh



mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.

3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.

Sebuah kode program Arduino umumnya disebut dengan istilah *sketch*. Kata "*sketch*" digunakan secara bergantian dengan "kode program" dimana keduanya memiliki arti yang sama.

2.3.2.2 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 kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.

Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programer 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 kita 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 kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian prototipe (*prototype*), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompilator daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas. (Djuandi, Feri. (2011))

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal *file header*, biasa ditulis dengan ekstensi `h(*.h)`, adalah file bantuan yang 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 kita menggunakan *file header* yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda '`<`' dan '`>`' (misalnya `<stdio.h>`). Namun apabila menggunakan *file header* yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “ dan ” (misalnya “`cobaheader.h`”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda `<>`, maka file tersebut dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka *file header* dapat kita dapat tentukan sendiri lokasinya.



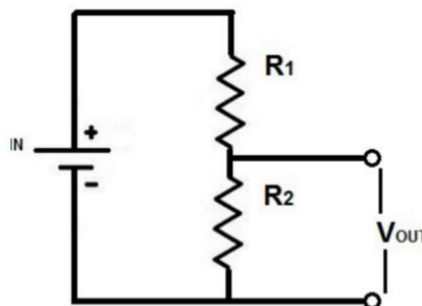
File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive *#include*. Directive *#include* ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan file-file yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive *#include*.

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

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

2.4 Sensor Tegangan^{[12], [14]}

Sensor tegangan adalah suatu alat yang mengukur tegangan pada alat elektronik. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut voltage divider^[8].



Gambar 2.17 Rangkaian Sensor Tegangan^[13]

(Sumber: <http://dokumen.tips/documents/sensor-tegangan.html>)

Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari

¹² Ardiansyah1, "Sensor Tegangan" diakses dari <http://dokumen.tips/documents/sensor-tegangan.html> pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 6.05



tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan^[13] pada gambar 2.18 berikut :



Gambar 2.18 Sensor Tegangan

(Sumber: <http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html>)

Fitur-fitur dan kelebihanya:

- a. Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- b. Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V
- c. Tegangan resolusi analog: 0,00489 V
- d. Tegangan DC masukan antarmuka: terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND
- e. Output Interface: "+" Koneksi 5 / 3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung Arduino pin A0
- f. DC antarmuka masukan: red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND

¹³ Electricity of Dream, "Tutorial Arduino Mengukur Tegangan Dengan Modul Sensor Tegangan" diakses dari <http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html> pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 5.42



2.5 Sensor Ultrasonik^[14]

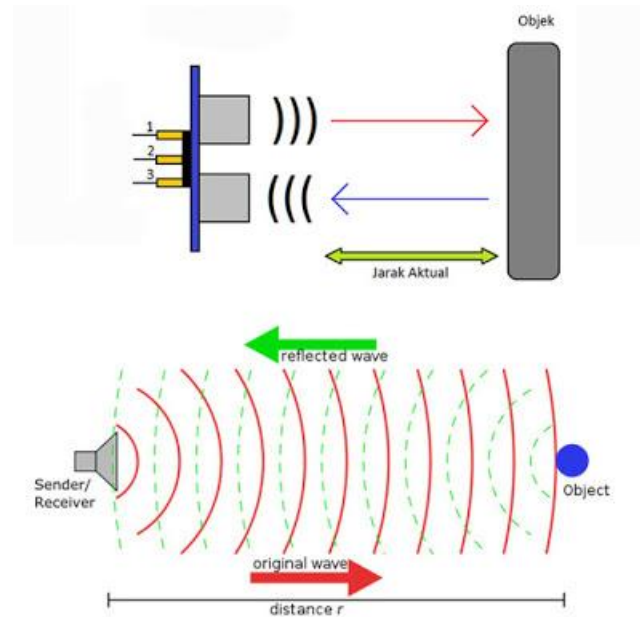
Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

2.5.1 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.

¹⁴ Hari Santoso, "Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya" diakses dari <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>, pada tanggal 30 Mei 2017 Pukul 6.15



Gambar 2.19 Cara Kerja Sensor Ultrasonik Dengan Transmitter dan Receiver

(atas)

(Sumber: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus : $S = 340.t/2$

Dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.



2.5.2 Aplikasi Sensor Ultrasonik

Dalam bidang kesehatan, gelombang ultrasonik bisa digunakan untuk melihat organ-organ dalam tubuh manusia seperti untuk mendeteksi tumor, liver, otak dan menghancurkan batu ginjal. Gelombang ultrasonik juga dimanfaatkan pada alat USG (ultrasonografi) yang biasa digunakan oleh dokter kandungan.

Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada logam, meratakan campuran besi dan timah, meratakan campuran susu agar homogen, mensterilkan makanan yang diawetkan dalam kaleng, dan membersihkan benda benda yang sangat halus. Gelombang ultrasonik juga bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan mineral maupun minyak bumi yang tersimpan di dalam perut bumi.

Dalam bidang pertahanan, gelombang ultrasonik digunakan sebagai radar atau navigasi, di darat maupun di dalam air. Gelombang ultrasonik digunakan oleh kapal pemburu untuk mengetahui keberadaan kapal selam, dipasang pada kapal selam untuk mengetahui keberadaan kapal yang berada di atas permukaan air, mengukur kedalaman palung laut, mendeteksi ranjau, dan menentukan posisi sekelompok ikan.

2.5.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik

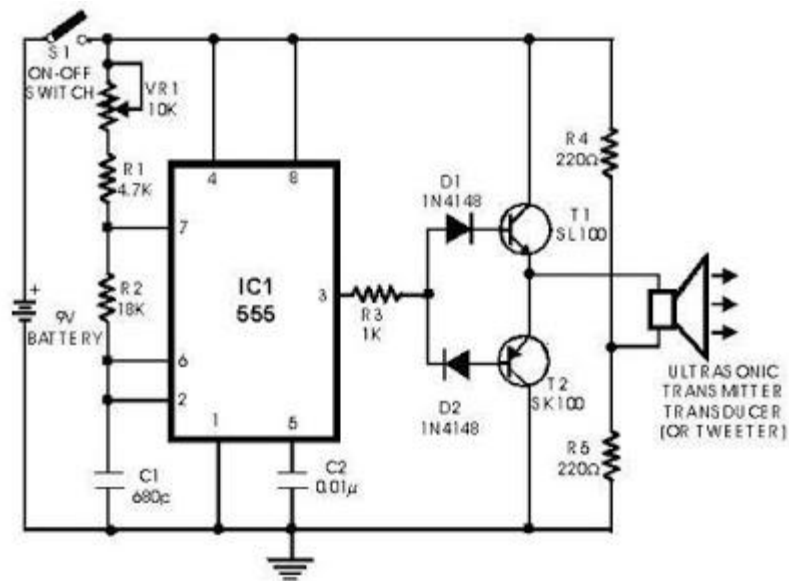
2.5.3.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama, maka dapat digunakan sebagai *transmitter* dan *receiver*. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihanannya inilah maka transduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.



2.5.3.2 Transmitter

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu (misal, sebesar 40 kHz) yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.



Gambar 2.20 Rangkaian Dasar Dari *Transmitter* Ultrasonik

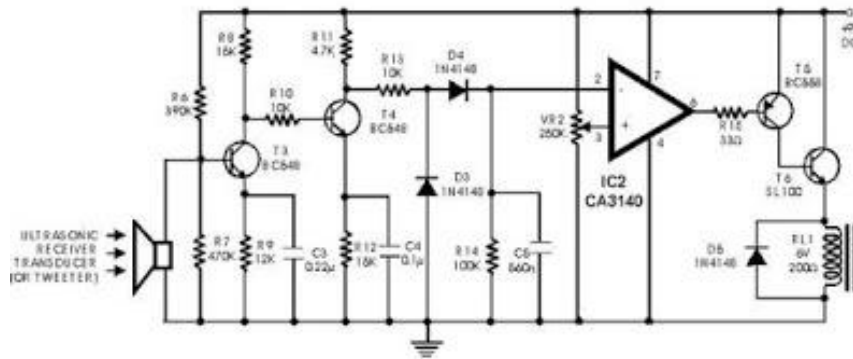
(Sumber: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)

2.5.3.3 Receiver

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari *transmitter* yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari *transmitter*. Oleh karena, bahan piezoelektrik



memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut.



Gambar 2.21 Rangkaian Dasar *Receiver* Sensor Ultrasonik

(Sumber: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)

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



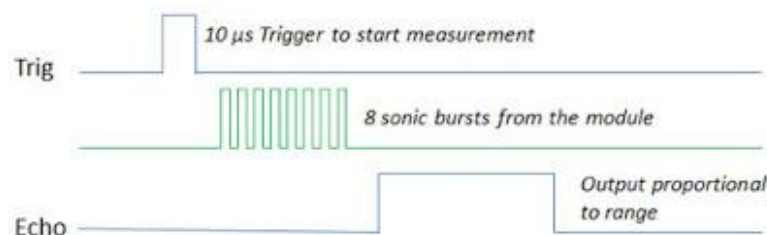
Gambar 2.22 Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Sumber: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)



Cara menggunakan alat ini yaitu: ketika kita memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama 10 μ S, 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. Rumus untuk menghitungnya sudah saya sampaikan di atas.

Berikut adalah visualisasi dari sinyal yang dikirimkan oleh sensor HC-SR04



Gambar 2.23 Sistem Pewaktu Pada Sensor HC-SR04

(Sumber: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>)

2.6 LCD (*Liquid Cristal Display*)^[15]

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.



¹⁵ Elektronika Dasar, "LCD (Liquid Crystal Display)" diakses dari <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-crystal-display/>, pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 6.38



Gambar 2.24 LCD 16x2

(Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>)

2.6.1 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.

2.6.2 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.

2.7 LDR (*Light Dependent Resistor*)^[16]

LDR (*Light Dependent Resistor*), ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan jika cahayanya terang nilai tahanannya menjadi semakin kecil.

¹⁶ Rivanna Nugraha, "LDR (light dependent resistor)" diakses dari <http://ilmuinstrumentasi.blogspot.co.id/2013/03/ldr-light-dependent-resistor.html>, pada tanggal 30 Mei 2017 Pukul 7.42



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.



Gambar 2.25 LDR (*Light Dependent Resistor*)

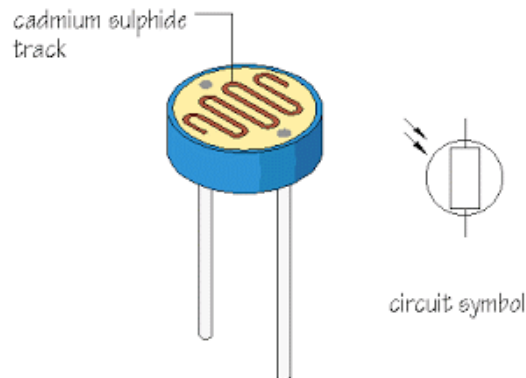
(Sumber: <http://ilmuinstrumentasi.blogspot.co.id/2013/03/ldr-light-dependent-resistor.html>)

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.

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

Gambar 2.26 LDR dan *Circuit Symbol* LDR

(Sumber: <http://ilmuinstrumentasi.blogspot.co.id/2013/03/ldr-light-dependent-resistor.html>)

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 kita akan mengatur kepekaan LDR (*Light Dependent Resistor*) dalam suatu rangkaian maka kita perlu menggunakan potensiometer.

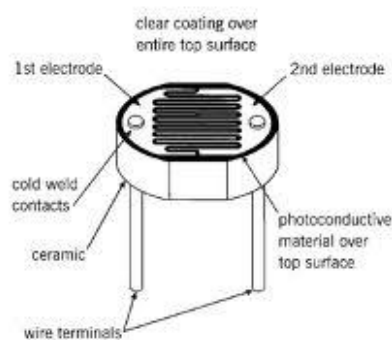


Figure 3
Typical Construction of a Plastic Coated Photocell

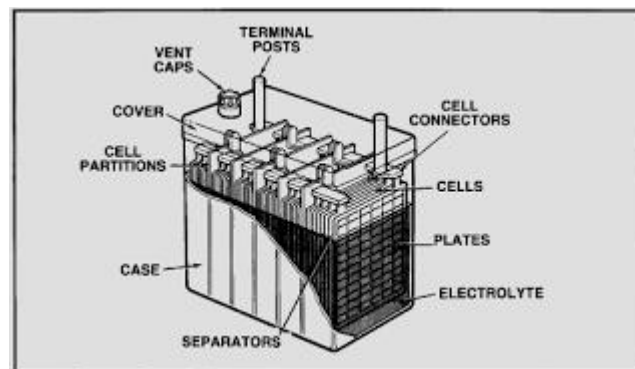
Gambar 2.27 Bagian-bagian LDR

(Sumber: <http://ilmuinstrumentasi.blogspot.co.id/2013/03/ldr-light-dependent-resistor.html>)



2.8 Baterai atau Aki^[17]

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.



Gambar 2.28 Baterai atau Aki

(<http://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html>)

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

2.8.1 Konstruksi Baterai

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere-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 ampere, maka kapasitas baterai tersebut

¹⁷ Rahmat Hidayat, "Pengertian dan Fungsi Baterai (aki)" diakses dari <http://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html>, pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 7.59



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.

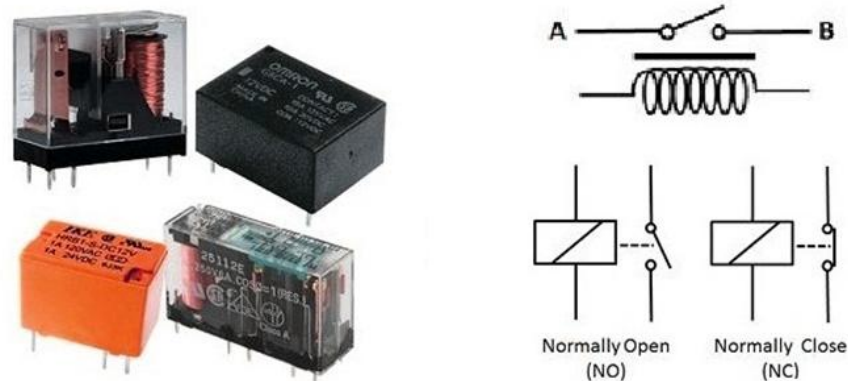
Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar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

2.9 Relay^[18]

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 mekanikal.

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.

¹⁸ Admin, "Pengertian, Fungsi, dan Cara Kerja Relay" diakses dari <http://belajarelektronika.net/pengertian-fungsi-dan-cara-kerja-relay/>, pada tanggal 30 Mei 2017 pukul 12.32



Gambar 2.29 Relay dan Simbol Relay

(Sumber: <http://belajarelektronika.net/pengertian-fungsi-dan-cara-kerja-relay/>)

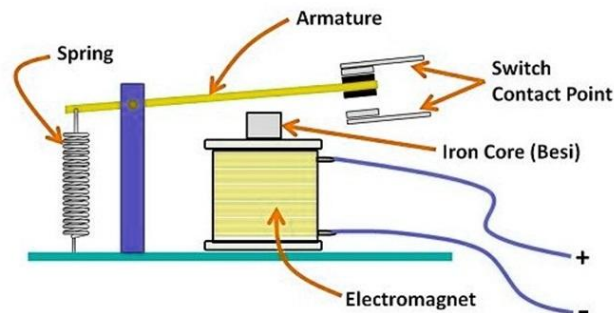
2.9.1 Fungsi Relay

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. 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

2.9.2 Cara Kerja Relay

Setelah mengetahui pengertian dan fungsi relay, berikut adalah cara 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.



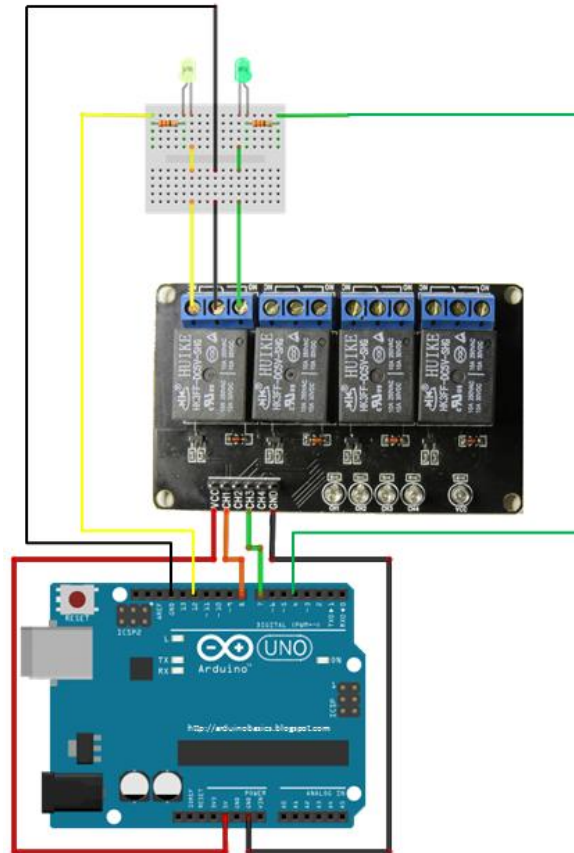
Gambar 2.30 Cara Kerja Relay

(Sumber: <http://belajarelektronika.net/pengertian-fungsi-dan-cara-kerja-relay/>)

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 Point 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 diaktifkan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)



Gambar 2.31 Rangkaian Koneksi Arduino Dengan Relay

(Sumber: <http://arduinoasics.blogspot.co.id/2014/09/relay-module.html>)

Tabel 2.6 Hubungan Relay Arduino Uno

Freertronics Eleven or Arduino UNO	Breadboard	Relay Module
5V		VCC
GND		GND
Digital Pin 8 (D8)		CH1
Digital Pin 7 (D7)		CH3
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)

(Sumber: <http://arduinoasics.blogspot.co.id/2014/09/relay-module.html>)