

BAB II

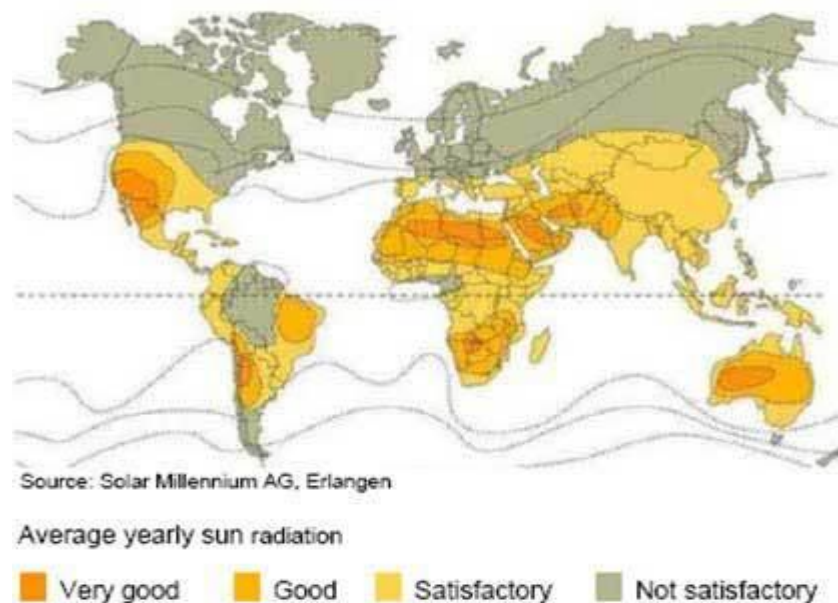
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Teknologi energi surya dibagi menjadi dua, yaitu Teknologi Surya Termal (TST) dan energi surya listrik atau dikenal dengan Teknologi Photo Voltalik (TPV). Teknologi Photo Voltalik sudah cukup berkembang di banyak negara. Karena efisiensinya yang masih rendah menyebabkan TPV memerlukan tempat yang luas. Hal ini menyebabkan harga TPV menjadi mahal, selain itu mahalnya sel surya juga disebabkan karena komponen sel surya masih impor dari negara lain.

Gambar di bawah menunjukkan potensi tenaga surya dunia. Potensi tenaga surya Indonesia secara umum berada pada tingkat *satisfy* (cukup) yang dapat kita jadikan sebagai salah satu patokan untuk menyusun perencanaan pembangunan sumber energi PLTS pada masa depan. Menuju pada tingkat kemampuan yang baik dalam hal *supply* tenaga listrik yang bersumberkan dari energi surya, kita memerlukan teknologi konversi tenaga surya menjadi tenaga listrik, bukanlah teknologi sederhana.

(<https://teknologisurya.wordpress.com/tag/energi-surya/>, 2017).



Gambar 2.1. Penyebaran Sinar Matahari di Dunia

(<https://teknologisurya.wordpress.com/tag/energi-surya/>, 2017)

Saat ini pengembangan PLTS di Indonesia telah mempunyai basis yang cukup kuat dari aspek kebijakan. Namun pada tahap implementasi, potensi yang ada belum dimanfaatkan secara optimal. Secara teknologi, *industri photovoltaic* (PV) di Indonesia baru mampu melakukan pada tahap hilir, yaitu memproduksi modul surya dan mengintegrasikannya menjadi PLTS, sementara sel suryanya masih impor. Padahal sel surya adalah komponen utama dan yang paling mahal dalam sistem PLTS. Harga yang masih tinggi menjadi isu penting dalam perkembangan industri sel surya. Berbagai teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lain.

Mengingat rasio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai 55-60 % dan hampir seluruh daerah yang belum dialiri listrik adalah daerah pedesaan yang jauh dari pusat pembangkit listrik, maka PLTS yang dapat dibangun hampir di semua lokasi merupakan alternatif sangat tepat untuk dikembangkan, dalam kurun waktu tahun 2005-2025, pemerintah telah merencanakan menyediakan 1 juta *solar home system* berkapasitas 50 Wp untuk masyarakat berpendapatan rendah serta 346,5 MWp PLTS hibrid untuk daerah terpencil. Hingga tahun 2025 pemerintah merencanakan akan ada sekitar 0,87 GW kapasitas PLTS terpasang.

Dengan asumsi penguasaan pasar hingga 50%, pasar energi surya di Indonesia sudah cukup besar untuk menyerap keluaran dari suatu pabrik sel surya berkapasitas hingga 25 MWp per tahun. Hal ini tentu merupakan peluang besar bagi industri lokal untuk mengembangkan bisnisnya ke pabrikasi sel surya.

2.2 Panel Surya (*Solar Cell*)

2.2.1 Sejarah Panel Surya (*Solar Cell*)

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi *solar cell*. Percobaannya dilakukan dengan menyinari 2 *elektrode* dengan berbagai macam cahaya. *elektrode* tersebut di balut (*coated*) dengan bahan yang sensitif terhadap cahaya, yaitu *AgCl* dan *AgBr* dan dilakukan pada kotak hitam yang dikelilingi dengan

campuran asam. Dalam percobaanya ternyata tenaga listrik meningkat mana kala intensitas cahaya meningkat. Selanjutnya penelitian dari Bacquerel dilanjutkan oleh peneliti-peneliti lain. Tahun 1873 seorang insinyur Inggris Willoughby Smith menemukan selenium sebagai suatu elemen *photo conductivity*. Kemudian tahun 1876, William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwa selenium menghasilkan arus listrik apabila disinari dengan cahaya matahari. Hasil penemuan mereka menyatakan bahwa selenium dapat mengubah tenaga matahari secara langsung menjadi listrik tanpa ada bagian bergerak atau panas. Sehingga disimpulkan bahwa *solar cell* sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik.

Tahun 1894 Charles Fritts membuat *solar cell* pertama yang sesungguhnya yaitu suatu bahan semi *conductor* (selenium) dibalut dengan lapisan tipis emas. Tingkat efisiensi yang dicapai baru 1% sehingga belum juga dapat dipakai sebagai sumber energi, namun kemudian dipakai sebagai sensor cahaya. Tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya mengenai *photoelectric effect*. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket-paket atau "*quanta of energi*" yang sekarang ini lazim disebut "*photon*". Teorinya ini sangat sederhana tetapi revolusioner. Hingga tahun 1980-an efisiensi dari hasil penelitian terhadap *solar cell* masih sangat rendah sehingga belum dapat digunakan sebagai sumber daya listrik.

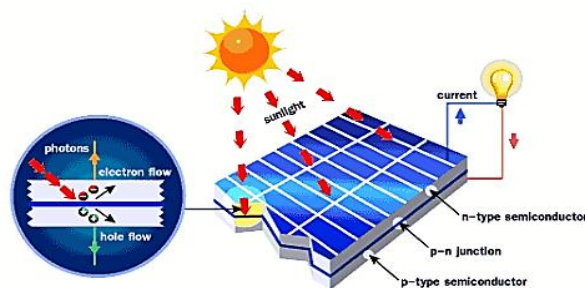
Tahun 1985 *University of South Wales Australia* memecahkan rekor efisiensi *solar cell* mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari. Tahun 2007 *University of Delaware* berhasil menemukan *solar cell technology* yang efisiensinya mencapai 42.8% Hal ini merupakan rekor terbaru untuk "*thin film photovoltaic solar cell*." Perkembangan dalam riset *solar cell* telah mendorong komersialisasi dan produksi *solar cell* untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

(<http://tenagamatahari.wordpress.com/beranda/sejarah-solar-cell/>, 2017).

2.2.2 Pengertian Panel Surya (*Solar Cell*)

Panel Surya atau *Solar Cell* adalah komponen elektronika dengan mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* (PV) adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak *solar cell* yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic*. *Solar Cell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *Global Warming*. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. Skema *solar cell* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

(<http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya>, 2017).



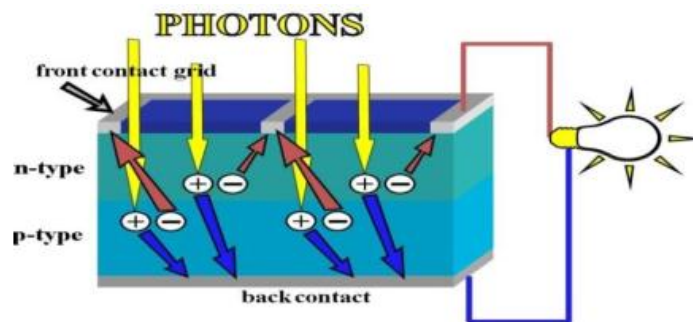
Gambar 2.2 Skema Panel Surya

(<http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya>, 2017)

Panel Surya pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan *solar cell* secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan *solar cell* adalah memanfaatkan efek *Photovoltaic* yakni suatu efek yang dapat merubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik (Ady Iswanto, 2008).

2.2.3 Prinsip Dasar Teknologi Panel Surya (*Solar Cell*) Dari Silikon

Panel Surya atau *Solar Cell* merupakan suatu perangkat semi konduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai *solar cell* adalah kristal *Silicon* (Ady Iswanto, 2008).

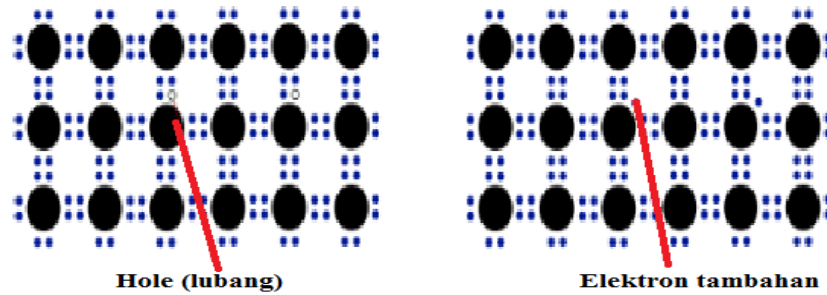


Gambar 2.3 Prinsip Kerja Panel Surya (*Solar Cell*)

(Ady Iswanto, 2008)

2.2.3.1 Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N

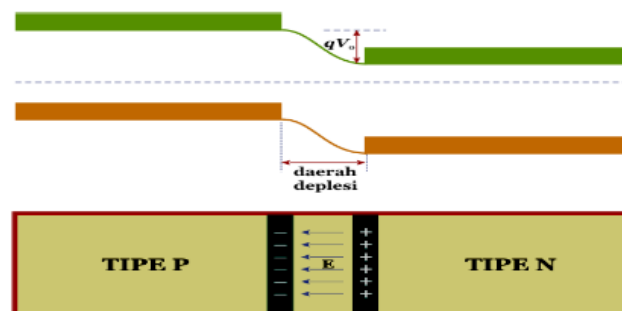
Ketika suatu kristal Silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah *Silicon*. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika kristal *Silicon* ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan *Silicon* mengakibatkan munculnya *hole* yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p. gambar 2.4 merupakan gambar semikonduktor tipe-p dan tipe-n (Ady Iswanto, 2008).



Gambar 2.4 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)
(Ady Iswanto, 2008)

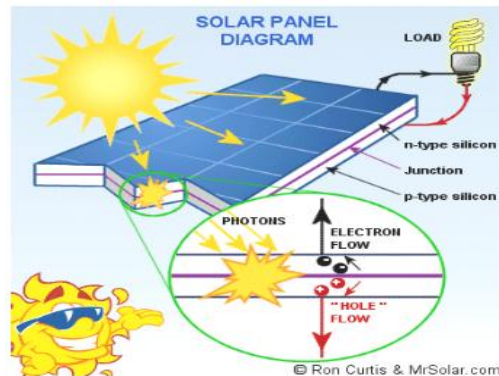
2.2.3.2 Sambungan P-N

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi *difusi hole* dari tipe-p menuju tipe-n dan *difusi elektron* dari tipe-n menuju tipe-p. *Difusi* tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negatif pada batas tipe-p. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju *difusi* selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus *drift*. Arus *drift* yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Namun arus ini terimbangi oleh arus *difusi* sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut (Ady Iswanto, 2008).



Gambar 2.5 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi

(Ady Iswanto, 2008)



Gambar 2.6 Struktur *Solar Cell* Silikon P-N Junction

(http://solarcell.com.jpg/struktur_solar_cell, 2017)

Sebagaimana yang kita ketahui bersama, elektron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. Kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada *solar cell* sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar elektron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut. Ketika *junction* disinari, *proton* yang mempunyai elektron sama atau lebih besar dari lebar pita elektron tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* pada pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektron *hole*. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal *solar cell*, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.

2.2.4 Prinsip Dasar Panel Surya (*Photovoltaic*) Dari Bahan Tembaga

Photovoltaic berdasarkan bentuk dibagi dua, yaitu *Photovoltaic* padat dan *Photovoltaic* cair. *Photovoltaic* cair prinsip kerjanya hampir sama dengan prinsip elektrolisis, namun perbedaannya tidak adanya reaksi oksidasi dan reduksi secara bersamaan (redoks) yang terjadi melainkan terjadinya pelepasan elektron saat terjadi penyinaran oleh cahaya matahari dari pita valensi (keadaan dasar) ke pita konduksi (keadaan elektron bebas) yang mengakibatkan terjadinya perbedaan potensial dan akhirnya menimbulkan arus. Pada *solar cell* cair dari bahan tembaga

terdapat dua buah tembaga yaitu tembaga konduktor dan tembaga semikonduktor. Tembaga semikonduktor akan menghasilkan muatan elektron negatif jika terkena cahaya matahari, sedangkan tembaga konduktor akan menghasilkan muatan elektron positif. Karena adanya perbedaan potensial akhirnya akan menimbulkan arus.

2.3 Accumulator

Accumulator atau sering disebut *Accu*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan *Accu* untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). *Accu* mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (*katoda*) ke elektroda positif (*anoda*) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (*dry cells*).

Allesandro Volta, seorang ilmuwan fisika mengetahui, gaya gerak listrik (ggl) dapat dibangkitkan dua logam yang berbeda dan dipisahkan larutan elektrolit. Volta mendapatkan pasangan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat membangkitkan ggl yang lebih besar dibandingkan pasangan logam lainnya (kelak disebut elemen volta). Hal ini menjadi prinsip dasar bagi pembuatan dan penggunaan elemen sekunder. Elemen sekunder harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik melaluinya (secara umum dikenal dengan istilah disetrum).

Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan *Accu*. Dalam sebuah *Accu* berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia

reversibel yaitu di dalam *Accu* saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*), sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*).

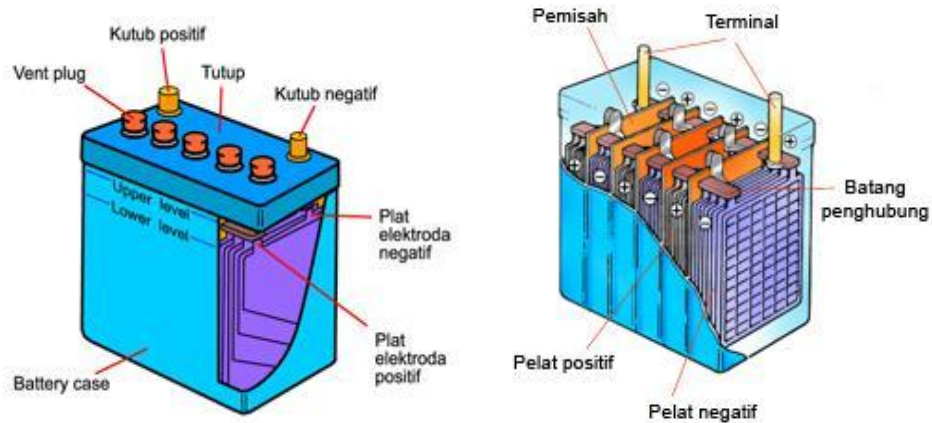
Jenis *Accu* yang umum digunakan adalah *Accumulator* timbal. Secara fisik *Accu* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H_2SO_4). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana *Accu* yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida (PbO_2) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

2.3.1 Macam dan Cara Kerja *Accumulator*

Accumulator yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu *Accumulator* basah dan *Accumulator* kering. *Accumulator* basah media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. *Accumulator* jenis ini masih perlu diberi air *Accumulator* yang dikenal dengan sebutan *Accumulator Zuur*. Sedangkan *Accumulator* kering merupakan jenis *Accumulator* yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. *Accumulator* ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah (Gambar 2.7).

Dalam *Accumulator* terdapat elemen dan sel untuk penyimpan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau *Separator* menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, munculah arus listrik. *Accumulator* memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila *Accumulator* hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada *Accumulator* terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air *Accumulator* untuk masing-masing sel. Bila permukaan air *Accumulator* di bawah level minimum akan merusak fungsi sel

Accumulator. Jika air *Accumulator* melebihi level maksimum, mengakibatkan air *Accumulator* menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.



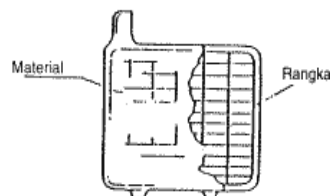
Gambar 2.7 Sel *Accumulator*

(id.m.wikipedia.org/akumulator, 2017)

2.3.2 Konstruksi *Accumulator*

1. Plat positif dan negatif

Plat positif dan plat negatif merupakan komponen utama suatu *Accu*. Kualitas plat sangat menentukan kualitas suatu *Accu*, plat-plat tersebut terdiri dari rangka yang terbuat dari paduan timbal antimon yang di isi dengan suatu bahan aktif. Bahan aktif pada plat positif adalah timbal peroksida yang berwarna coklat, sedang pada plat negatif adalah spons - timbal yang berwarna abu abu Gambar 2.8 (Daryanto, 2006).



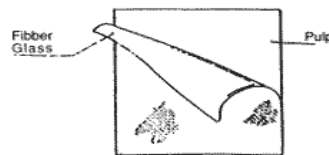
Gambar 2.8 Plat Sel *Accumulator*

(Daryanto, 2006)

2. Separator dan lapisan serat gelas

Antara plat positif dan plat negatif disisipkan lembaran separator yang

terbuat dari serat *Cellulosa* yang diperkuat dengan resin. Lembaran lapisan serat gelas dipakai untuk melindungi bahan aktif dari plat positif, karena timbal peroksida mempunyai daya kohesi yang lebih rendah dan mudah rontok jika dibandingkan dengan bahan aktif dari plat negatif. Jadi fungsi lapisan serat gelas disini adalah untuk memperpanjang umur plat positif agar dapat mengimbangi plat negatif, selain itu lapisan serat gelas juga berfungsi melindungi separator Gambar 2.9 (Daryanto, 2006).



Gambar 2.9 Lapisan Serat Gelas

(Daryanto, 2006)

3. Elektrolit

Cairan elektrolit yang dipakai untuk mengisi *Accu* adalah larutan encer asam sulfat yang tidak berwarna dan tidak berbau. Elektrolit ini cukup kuat untuk merusak pakaian. Untuk cairan pengisi *Accu* dipakai elektrolit dengan berat jenis 1.260 pada 20°C.

4. Penghubung Antara Sel dan Terminal

Accu 12 volt mempunyai 6 sel, sedang *Accu* 6 volt mempunyai 3 sel. Sel merupakan unit dasar suatu *Accu* dengan tegangan sebesar 2 volt. Penghubung sel (*Conector*) menghubungkan sel sel secara seri. Penghubung sel ini terbuat dari paduan timbal antimon. Ada dua cara penghubung sel - sel tersebut. Yang pertama melalui atas dinding penyekat dan yang kedua melalui (menembus) dinding penyekat. Terminal terdapat pada kedua sel ujung (pinggir), satu bertanda positif (+) dan yang lain negatif (-). Melalui kedua terminal ini listrik dialirkan penghubung antara sel dan terminal.

5. Sumbat

Sumbat dipasang pada lubang untuk mengisi elektrolit pada tutup *Accu*, biasanya terbuat dari plastik. Sumbat pada *Accu* motor tidak mempunyai lubang udara. Gas yang terbentuk dalam *Accu* disalurkan melalui slang

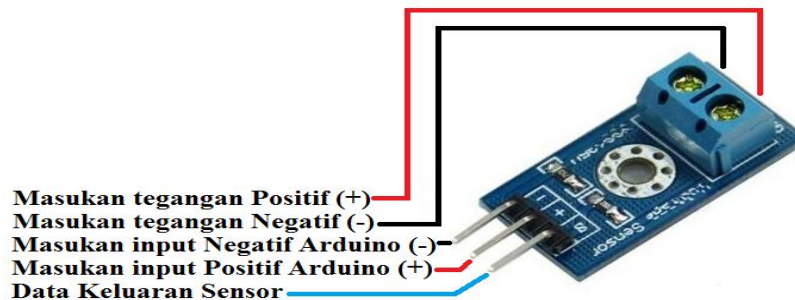
plastik/karet. Uap asam akan tertahan pada ruang kecil pada tutup *Accu*, kemudian asamnya dikembalikan kedalam sel.

6. Perekat bak dan tutup

Ada dua cara untuk menutup *Accu*, yang pertama menggunakan bahan perekat lem, dan yang kedua dengan bantuan panas (*Heat Sealing*). Pertama untuk bak *Polystyrene* sedang yang kedua untuk bak *Polipropylene*.

2.4 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan pada alat kali ini menggunakan sensor tegangan DC dan pada dasarnya pembacaan sensor ini hanya mengubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023, karena chip Arduino memiliki 10 bit dengan sensor disusun secara paralel terhadap beban. Prinsip kerja sensor tegangan sendiri dapat membuat tegangan input dikurangi hingga 5 kali dari tegangan asli. Sehingga, sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5V, dan jika untuk tegangan 3.3V, tegangan input harus tidak lebih dari 16.5V.



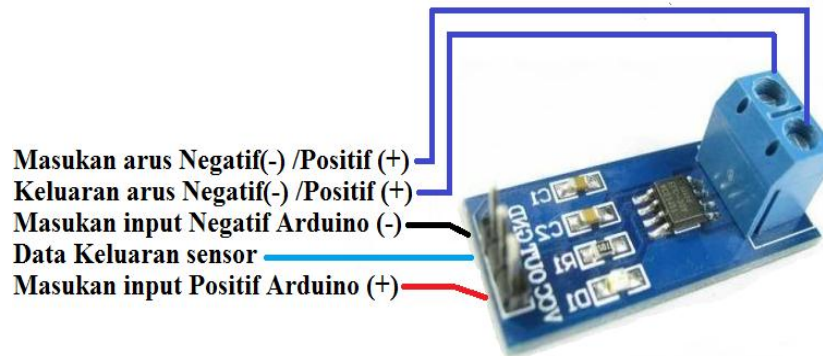
Gambar 2.10 Sensor Tegangan DC

(<http://www.emartee.com/product/42082/>, 2017)

2.5 Sensor Arus

Sensor arus pada alat kali ini menggunakan sensor arus ACS712. ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Sensor arus ini juga digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Sensor arus ini bekerja menggunakan metode

Hall Effect Sensor. *Hall Effect Sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet.



Gambar 2.11 Sensor arus ACS712

(<http://jurnal.usu.ac.id/index.php/sfisika/article/download/4599/2163>, 2017)

Hall Effect Sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah induktor yang berfungsi sebagai sensornya. Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan magnet yang statis (kekuatan medan magnetnya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik.

(<http://jurnal.usu.ac.id/index.php/sfisika/article/download/4599/2163>, 2017)

2.6 Mikrokontroler Arduino

2.6.1 Pengenalan Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Ada banyak proyek dan alat –alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional

dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

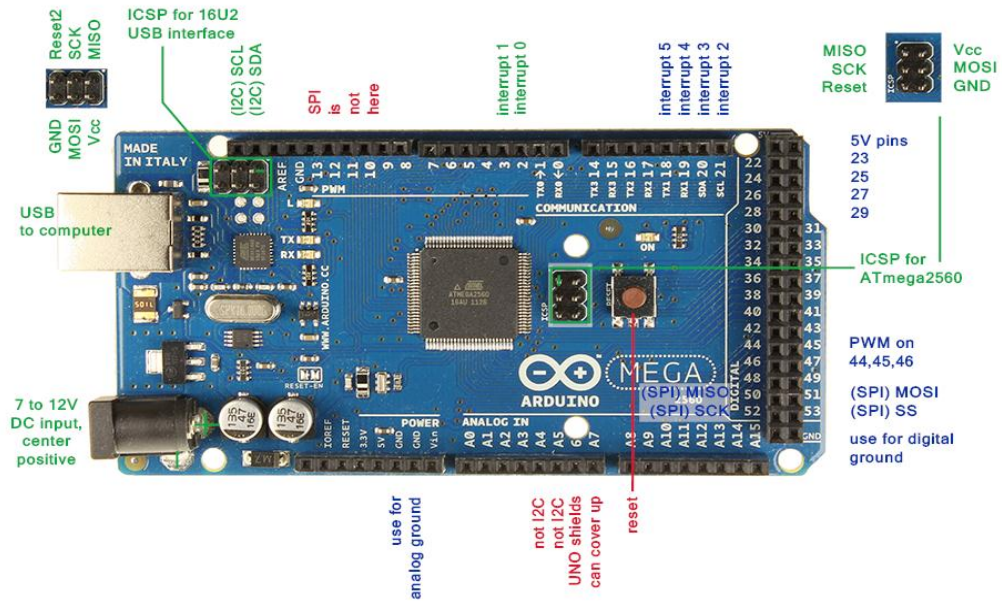
Salah satu yang membuat arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya *open source*, baik untuk hardware maupun software-nya. Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan Atmega2560 (Feri Djuandi, 2011).

2.6.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin *analog* input, 4 pin *UART* (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port USB*, *power jack DC*, *ICSP header*, dan tombol reset. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibuthkan untuk sebuah mikrokontroller. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.

Arduino Mega2560 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- 1.0 pinout; Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin *AREF* dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, *IOREF* memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan.
- Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2.

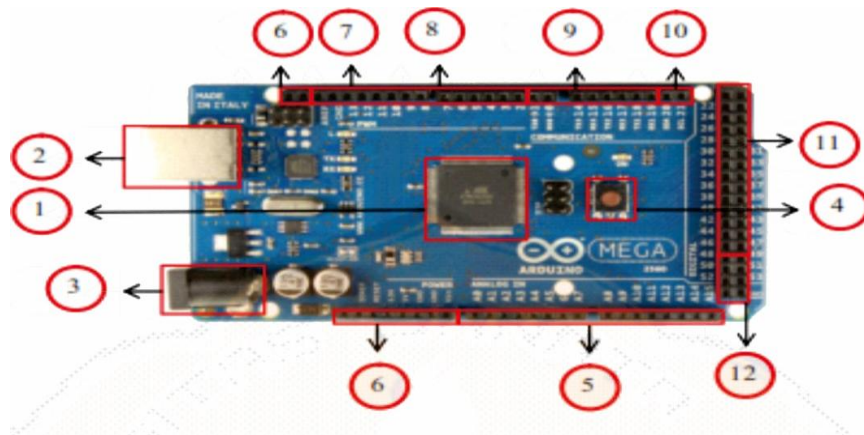


Gambar 2.12 Arduino Mega2560

(<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=125908.0>, 2017)

2.6.2.1 Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Berikut tabel 2.1 Konfigurasi pin Arduino Mega 2560.



Gambar 2.13 Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560

(<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=125908.0>, 2017)

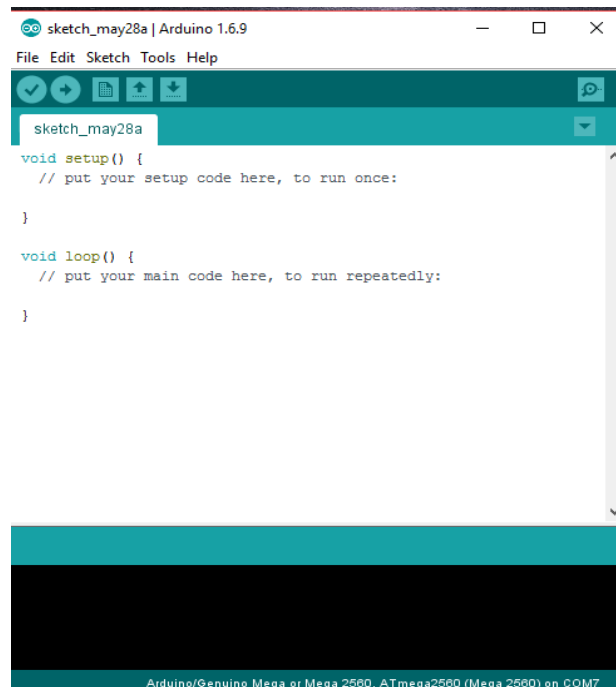
Tabel 2.1 Penjelasan Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560

No	Parameter	Keterangan
1.	Atmega 2560	IC Mikrokontroler yang digunakan pada Arduino Mega 2560.
2.	Jack USB	Untuk komunikasi mikrokontroler dengan PC.
3.	Jack Adaptor	Masukan power eksternal bila Arduino bekerja mandiri (tanpa komunikasi dengan PC melalui kabel serial USB).
4.	Tombol Reset	Tombol reset internal yang digunakan untuk mereset modul Arduino.
5.	Pin Analog	Menerima input dari perangkat analog lainnya.
6.	Pin Power	Vin, 5 V, 3,3, GND, IOREF, dan AREF.
7.	Light-Emitting Dode (LED)	Pin digital 13 merupakan pin yang terkoneksi dengan LED internal Arduino.
8.	Pin PWM	Arduino Mega menyediakan 8 bit output PWM. Gunakan fungsi analogwrite() untuk mengaktifkan pin PWM ini.
9.	Pin Serial	Digunakan untuk menerima dan mengirimkan data serial TTL (Receiver (RX), Transmitter (Tx)). Pin 0 dan 1 sudah terhubung kepada pin serial USB to TTL sesuai dengan pin Atmega.
10.	Pin Two Wire Interface (TWI)	Terdiri dari Serial Data Line (SDA) dan Serial Interface Clock (SCL).
11.	Pin Digital	Pin yang digunakan untuk menerima input digital dan memberi output berbentuk digital (0 dan 1 atau low dan high).
12.	Pin Serial Peripheral Interface (SPI)	Terdiri dari 4 buah Pin : Master In Slave Out (MISO), Out Slave In (MOSI), Serial Clock (SCK), dan Slave Select (SS)

2.6.2.2 Software Arduino Mega 2560

Sehubungan dengan pembahasan untuk saat ini software arduino yang akan digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino. IDE arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE Arduino terdiri dari :

- Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *processing* menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa *processing*. Yang bisa dipahami oleh *microcontroller* adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari computer ke dalam memory dalam papan arduino.



Gambar 2.14 Tampilan Arduino IDE

(<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=125908.0>, 2017)



Gambar 2.15 Toolbar Arduino IDE

(<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=125908.0>, 2017)

Pada gambar 2.15, merupakan toolbar IDE yang memberikan akses instan ke fungsi-fungsi yang penting :

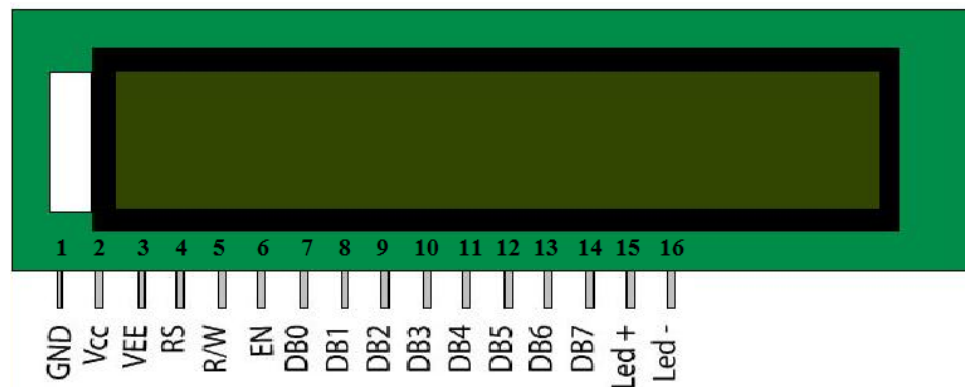
- Dengan tombol Verify, dapat mengkompilasi program yang di editor.
- Tombol New menciptakan program baru dengan mengosongkan isi dari jendela editor.
- Dengan Open anda dapat membuka program yang ada dari sistem file.
- Tombol Save menyimpan program.
- Ketika anda mengklik tombol Upload, IDE mengkompilasi program dan upload ke papan Arduino yang telah dipilih di IDE menu Tools > Serial port.
- Arduino dapat berkomunikasi dengan komputer melalui koneksi serial. Mengklik tombol serial monitor akan membuka jendela serial monitor yang dapat melihat data yang dikirimkan oleh arduino dan juga untuk mengirim data kembali.
- Tombol stop menghentikan serial monitor.

Pada saat mengalami masalah dalam memprogram dengan arduino IDE. Menu Help dapat membantu mengatasi masalah. Menu Help menunjukkan banyak sumber daya yang berguna di website arduino yang menyediakan solusi cepat tidak hanya untuk semua masalah tetapi juga untuk referensi materi dan tutorial.

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah jenis media tampil yang menggunakan kristal sebagai penampil utama. LCD berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Fitur yang disajikan dalam LCD yaitu :

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
- Mempunyai 192 karakter tersimpan
- Terdapat karakter generator terprogram
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
- Dilengkapi dengan *back light*



Gambar 2.16 Modul LCD Ukuran 2 x 16

(<http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>, 2017)

Tabel 2.2 Penjelasan Konfigurasi Pin LCD Ukuran 2 x 16

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	VCC
3	“VEE” Pengaturan Kontras
4	“RS” Instruction / Register Select
5	“R/W” Read / Write LCD Register
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	VCC
16	Ground

2.7.1 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 mikrokontroler *internal* LCD adalah :

- a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. 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 hanya mengambilnya alamat memori yang sesuai dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- b. 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.

- c. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- d. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- e. Pin V LCD 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.

2.8 SMS (*Short Message Service*)

2.8.1 Pengertian SMS (*Short Message Service*)

SMS (*Short Message Service*) merupakan layanan yang banyak diaplikasikan pada sistem komunikasi tanpa kabel (*nirkabel*), memungkinkan dilakukannya pengiriman pesan dalam bentuk *alphanumeric* antar terminal pelanggan atau antar terminal pelanggan dengan sistem eksternal seperti *e-mail*, *paging*, *voice mail* dan lain-lain. SMS pertama kali muncul di belahan Eropa pada tahun 1991 bersama sebuah teknologi komunikasi *wireless* yang saat ini cukup banyak penggunanya, yaitu *Global Sistem for Mobile Communication* (GSM). Dipercaya bahwa pesan pertama yang dikirim menggunakan SMS dilakukan pada bulan Desember 1992, dikirim dari sebuah *Personal Computer* (PC) ke telepon mobile dalam jaringan GSM milik *Vodafone* Inggris. Perkembangan kemudian merambah ke benua Amerika, dipelopori oleh beberapa operator komunikasi bergerak berbasis digital seperti *Bell Sputh Mobility*, *PrimeCo*, *Nextel*, dan beberapa operator lain. Teknologi digital yang digunakan sangat bervariasi dari yang berbasis GSM, *Time Division Multiple Access* (TDMA), hingga *Code Division Multiple Access* (CDMA).

Mekanisme dalam sistem SMS adalah melakukan pengiriman *short message* dari terminal pelanggan ke terminal lain. Layanan SMS merupakan sebuah layanan yang bersifat *non realtime* dimana sebuah *short message* dapat di-submit ke suatu tujuan, tidak peduli apakah tujuan tersebut aktif atau tidak. Bila dideteksi bahwa tujuan tidak aktif, maka sistem akan menunda pengiriman ke tujuan hingga tujuan aktif kembali.

Prinsip dasar sistem SMS akan menjamin *delivery* dari *short message* hingga sampai tujuan. Kegagalan pengiriman yang bersifat sementara seperti tujuan tidak aktif akan selalu teridentifikasi sehingga pengiriman ulang *short message* akan selalu dilakukan kecuali bila aturan bahwa *short message* yang telah melampaui batas waktu tertentu harus dihapus dan dinyatakan gagal dikirim. Karakteristik utama SMS adalah SMS merupakan sebuah sistem pengiriman data dalam paket yang bersifat *out-of-band* dengan *bandwidth* yang kecil. Dengan karakteristik ini, pengiriman dengan suatu *burst* data yang pendek dapat dilakukan dengan efisiensi yang sangat tinggi.

2.8.2 Format Pengiriman dan Penerimaan SMS

Format pengiriman dan penerimaan SMS ada dua mode yaitu *mode Text* dan *mode PDU (Protocol Data Unit)*. Perbedaan dasarnya adalah *mode Text* ini tidak didukung oleh semua operator GSM maupun terminal. Terminal dapat dicek menggunakan perintah “*AT+CMGF=1*”, jika hasilnya *error* maka dapat dipastikan bahwa terminal tersebut tidak mendukung *mode text*.

Mode teks adalah format pesan dalam bentuk teks asli yang dituliskan pada saat akan mengirim pesan. Sesungguhnya mode teks ini adalah hasil pengkodean dari mode PDU. Sedangkan mode PDU adalah format pesan dalam bentuk octet heksadesimal dan octet semidesimal dengan panjang mencapai 160 (7 bit) atau 140 (8 bit) karakter. Di Indonesia tidak semua operator GSM maupun terminal mendukung mode teks, sehingga mode yang digunakan adalah mode PDU. Pada pengiriman pesan terdapat dua jenis mobile, yaitu *Mobile Terminated* (handphone penerima) dan *Mobile Originated* (handphone pengirim).

Tabel 2.3 Kode ASCII dalam 7 bit (tabel alphabet)

				b7	0	0	0	0	1	1	1	1
				b6	0	0	1	1	0	0	1	1
				b5	0	1	0	1	0	1	0	1
b4	b3	b2	b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	@	Δ	SP	0	i	P	z	p
0	0	0	1	1	£	_	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	\$	Φ	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	¥	Γ	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	è	Λ	□	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	é	Ω	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ù	Π	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	ì	Ψ	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	ò	Σ	(8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	ç	Θ)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	Ξ	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	ø	1)	+	;	K	Å	k	å
1	1	0	0	12	ø	Æ	,	<	L	Ö	l	ö
1	1	0	1	13	CR	æ	-	=	M	Ñ	m	ñ
1	1	1	0	14	Å	ß	.	>	N	Ü	n	ü
1	1	1	1	15	å	É	/	?	O	Ş	o	â

1) This code is an escape to an extension of the 7 bit default alphabet table. A receiving entity which does not understand the meaning of this escape mechanism shall display it as a space character.

Contoh :

Format Protocol Data Unit (PDU) yang diterima oleh Hand Phone

07-91-2658050000F0-04-0C-91-265836164900-00-00-506020-31133180-04-

C830FB0D

Tabel 2.4 Keterangan Format PDU

Oktet/ Digit Hexadesimal	Keterangan
07	Panjang atau jumlah pasangan digit dari nomor SMSC (Service Number) dengan 7 pasang (14
91	Jenis nomor SMSC. Angka 91 menandakan format Internasional (misal = +6281xxx).
2658050000F0	Nomor SMS yang digunakan, karena jumlah nomor SMS adalah ganjil, maka digit paling belakang dipasangkan dengan huruf F. Kalau diterjemahkan, nomor SMCS yang digunakan adalah
04	Octet pertama untuk pesan SMS yang diterima.
0C	Panjang digit dari nomor pengirim (0C hex = 12 desimal)
91	Jenis nomor pengirim (sama dengan jenis nomor SMSC).
265836164900	Nomor pengirim SMS, yang jika diterjemahkan adalah +628563619400.
00	Pengenal Protocol.
00	Skema pengkodean SMS, juga bernilai 0.
506020 31133180	Waktu pengiriman, yang berarti 05-06-02 (2 juni 2005) dan jam 13:31:13, sedangkan 80 adalah time zone yang digunakan.
04	Panjang pesan SMS, dalam hal ini adalah 4 huruf (dalam mode 7 bit).
C830FB0D	Pesan SMS dalam mode 7 bit, jika diterjemahkan ke dalam 8 bit lalu diubah ke ASCII maka didapat pesan "Halo".

PDU Sebagai Bahasa SMS dan Bagian – Bagiannya Data yang mengalir ke atau dari *SMS-Center* harus berbentuk PDU (*Protocol Data Unit*). PDU berisi bilangan-bilangan heksadesimal yang mencerminkan bahasa I/O. PDU terdiri atas beberapa *Header*. *Header* untuk kirim SMS ke *SMS-Center* berbeda dengan SMS yang diterima dari *SMS-Center*. Maksud dari bilangan heksadesimal adalah

bilangan yang terdiri atas 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F. PDU untuk mengirim SMS terdiri atas :

1. Nomor *SMS-Center Header* pertama ini terbagi atas tiga *subheader*, yaitu :
 Jumlah pasangan heksadesimal *SMS-Center* dalam bilangan heksa. Daftar *SMS Center* yang ada di Indonesia diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.
National/International Code :

- Untuk National, kode subheader-nya yaitu 81
- Untuk International, kode subheader-nya yaitu 91

Nomor untuk *SMS-Center* nya sendiri, dalam pasangan heksa dibalik - balik. Jika tertinggal satu angka heksa yang tidak memiliki pasangan, angka tersebut akan dipasangkan dengan huruf F didepannya.

Daftar Nomor *SMS-Center* Operator Seluler Di Indonesia No Operator Seluller SMS-Center Kode PDU :

- Telkomsel 62811000000 07912618010000F
- Satelindo 62816125 059126181652
- Exelcom 6218445009 07912618485400F
- Indosat-M3 62855000000 07912658050000F
- Starone 62811000000 079126180100

2. Tipe SMS Untuk *SEND* tipe SMS = 1. Jadi bilangan heksanya adalah 01
3. Nomor Referensi SMS Nomor referensi ini dibiarkan dulu 0, jadi bilangan heksanya adalah 00. Nanti akan diberikan sebuah nomor referensi otomatis oleh ponsel/alat *SMS-gateway*.
4. Nomor Ponsel Penerima Sama seperti cara menulis PDU *Header* untuk SMS – Center, *header* ini juga terbagi atas tiga bagian, sebagai berikut :
- Jumlah bilangan desimal nomor ponsel yang dituju dalam bilangan heksa.
 - *National/International Code*. - Untuk Nasional, kode *subheader*-nya 81 - Untuk Internasional, kode subheader-nya 91.
 - Nomor ponsel yang dituju, dalam pasangan heksa dibalik-balik. Jika tertinggal satu angka heksa yang tidak memilikipasangan, angka tersebut dipasangkan dengan huruf F didepannya. Contoh : Untuk nomor ponsel

yang dituju = 628x32x7333x dapat ditulis dengan cara sebagai berikut :
628132x7333x diubah menjadi :

- a. 0C : ada 12 angka
- b. 91
- c. 26-18-23-7x-33-x3 Digabung menjadi : 0C9126x8237x33x3 (x ialah samaran nomer) Bentuk SMS, antara lain :
 - 00 : dikirim sebagai SMS
 - 01 : dikirim sebagai telex
 - 02 : dikirim sebagai fax

Dalam hal ini, untuk mengirim dalam bentuk SMS tentu saja dipakai 00

5. Skema *Encoding Data I/O* Ada dua skema, yaitu :

- Skema 7 bit : ditandai dengan angka 00
- Skema 8 bit : ditandai dengan angka lebih besar dari 0 Kebanyakan ponsel/SMS *Gateway* yang ada dipasaran sekarang menggunakan skema 7 bit sehingga digunakan 00.

6. Jangka Waktu Sebelum SMS *Expired* Agar SMS pasti terkirim sampai ke ponsel penerima, sebaiknya tidak diberi batasan waktu *validnya*. Isi SMS Header ini terdiri atas dua *subheader*, yaitu :

- Panjang isi (jumlah huruf dari isi) Misalnya untuk kata "hello" : ada 5 huruf : 05
- Isi SMS berupa pasangan bilangan heksa Untuk ponsel/SMS *Gateway* berskema *encoding 7 bit*, jika mengetikan suatu huruf dari *keypad*-nya, berarti kita telah membuat 7 angka I/O berturutan.

Ada dua langkah untuk mengkonversikan isi SMS, yaitu :

1. Mengubahnya menjadi kode 7 bit.
2. Langkah kedua: mengubah kode 7 bit menjadi 8 bit yang diwakili oleh pasangan heksa.

Contoh

Hello =68H 65H 6CH 6CH 6FH

Bit 7 0

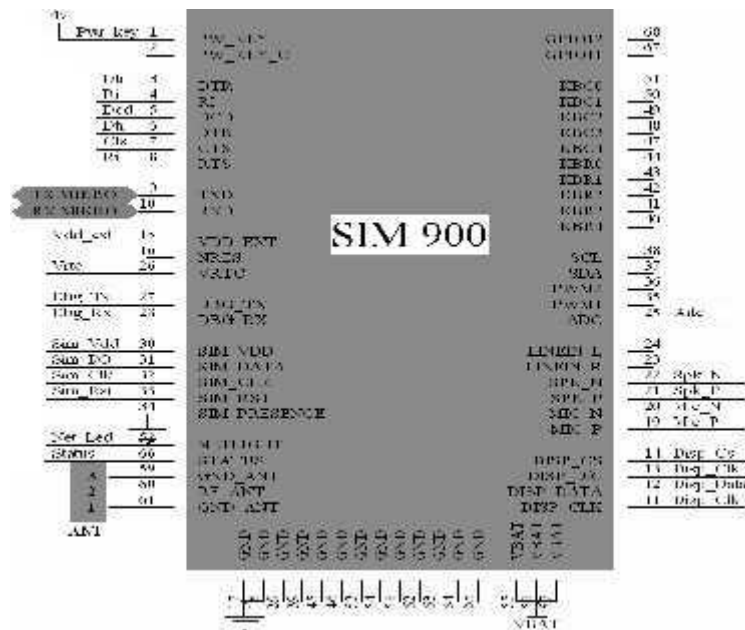
H	1101000		H	<u>1</u> 110 1000	E8
E	1100101		E	<u>00</u> 11 0010 1	32
L	1101100		L	<u>100</u> 1 1011 00	9B
L	1101100		L	<u>1111</u> 1101 100	FD
O	1101111		O	<u>0000</u> <u>0</u> 110 1111	06

Oleh karena total 7 bit x 5 huruf = 35 bit, sedangkan yang kita perlukan adalah 8 bit x 5 huruf = 40 bit, maka diperlukan 5 bit *dummy* yang diisi dengan bilangan 0. Setiap 8 bit mewakili suatu pasangan heksa. Tiap 4 bit mewakili satu angka heksa, tentu saja karena secara logika $2^4 = 16$.

Dengan demikian kata “hello” hasil konversinya menjadi E8329BFD06. Ke delapan header diatas digabungkan agar membentuk suatu format PDU yang siap dikirim. Misal untuk mengirimkan kata hello ke ponsel nomor 628129573337 lewat *SMS-Center Exelcom*, tanpa membatasi jangka waktu *valid*, maka *header* PDU lengkapnya : 07912618485400F901000C9126x8237x33x3000005E8329BFD06

2.9 Modem GSM SIM900

Modul komunikasi GSM/GPRS menggunakan core IC SIM900. Modul ini mendukung komunikasi *dual band* pada frekuensi 900 / 1800 MHz (GSM900 dan GSM1800) sehingga fleksibel untuk digunakan bersama kartu SIM dari berbagai operator telepon seluler di Indonesia. Operator GSM yang beroperasi di frekuensi *dual band* 900 MHz dan 1800 MHz sekaligus: Telkomsel, Indosat, dan XL. Operator yang hanya beroperasi pada band 1800 MHz: Axis dan Three.



Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Modem GSM SIM900

(http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/544/jbptunikompp-gdl-andrinim10-27152-7-unikom_a-i.pdf, 2017)

Pada gambar 2.17 merupakan tampilan dari konfigurasi pin GSM SIM900. Modul ini sudah terpasang pada *breakout-board* (modul inti dikemas dalam SMD / *Surface Mounted Device packaging*) dengan *pin header* standar 0,1" (2,54 mm) sehingga memudahkan penggunaan, bahkan bagi penggemar elektronika pemula sekalipun. Modul GSM SIM900 ini juga disertakan antena GSM yang kompatibel dengan produk ini. Pada gambar 2.18 dapat dilihat tampilan dari modul GSM SIM900 yang dilengkapi dengan antena.



Gambar 2.18 Tampilan Modem GSM SIM900

(http://www.aliexpress.com/gsm-module-kit_reviews.html, 2017)

Spesifikasi modul GSM SIM900 :

1. GPRS multi-slot class 10/8, kecepatan transmisi hingga 85.6 kbps (*downlink*), mendukung PBCCH, PPP *stack*, skema penyalangan CS 1,2,3,4
2. GPRS mobile station class B
3. Memenuhi standar GSM 2/2 +
 - o Class 4 (2 W @ 900 MHz)
 - o Class 1 (1 W @ 1800MHz)
4. SMS (Short Messaging Service): point-to-point MO & MT, SMS cell broadcast, mendukung format teks dan PDU (*Protocol Data Unit*)
5. Dapat digunakan untuk mengirim pesan MMS (*Multimedia Messaging Service*)
6. Mendukung transmisi faksimili (*fax group 3 class 1*)
7. *Handsfree mode* dengan sirkit reduksi gema (*echo suppression circuit*)
8. Dimensi: 24 x 24 x 3 mm
9. Pengendalian lewat perintah AT (GSM 07.07, 07.05 & SIMCOM Enhanced AT Command Set)
10. Rentang catu daya antara 7 Volt hingga 12 Volt DC
11. SIM Application Toolkit
12. Hemat daya, hanya mengkonsumsi arus sebesar 1 mA pada moda tidur (*sleep mode*)
13. Rentang suhu operasional: -40 °C hingga +85 °C

2.9.1 Cara Kerja Modem GSM SIM900

Modul GSM SIM900 dapat bekerja dengan diberi perintah “AT Command”, (AT = Attention). AT Command adalah perintah-perintah standar yang digunakan untuk melakukan komunikasi antara komputer dengan ponsel melalui serial port. Melalui AT Command, data-data yang ada di dalam ponsel dapat diketahui, mulai dari vendor ponsel, kekuatan sinyal, membaca pesan, mengirim pesan, dan lain-lain. Berikut ini beberapa perintah “AT Command” yang biasa digunakan pada modul GSM SIM900 :

AT+CPBF : cari no telpon.

AT+CPBR : membaca buku telpon.

AT+CPBW : menulis no telp di buku telpon.

AT+CMGF : menyeting mode SMS text atau PDU.

AT+CMGL : melihat semua daftar sms yg ada.

AT+CMGR : membaca sms.

AT+CMGS : mengirim sms.

AT+CMGD : menghapus sms.

AT+CMNS : menyeting lokasi penyimpanan ME(hp) atau SM(SIM Card).

AT+CGMI : untuk mengetahui nama atau jenis ponsel.

AT+CGMM : untuk mengetahui kelas ponsel.

AT+COPS? : untuk mengetahui nama provider kartu GSM.

AT+CBC : untuk mengetahui level baterai.

AT+CSCA : untuk mengetahui alamat SMS Center.

2.10 Perintah AT Command

AT Command perintah atau instruksi yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat modem atau mobile ponsel yang terhubung dengan Komputer atau Mikrokontroler. Dalam lingkup teknologi SMS peran AT Command sangat membantu menjalankan perintah-perintah seperti pengiriman SMS, pembacaan SMS, penghapusan dan lain-lain.

Dengan AT command kita dapat melihat vendor dari modem yang digunakan, kekuatan sinyal, membaca pesan yang ada pada SIM Card, mengirim pesan, mendeteksi pesan SMS baru yang masuk secara otomatis, menghapus pesan pada SIM card, dan masih banyak lagi fungsi lainnya.

AT Command sebenarnya hampir sama dengan perintah > (prompt) pada DOS. Perintah – perintahnya digunakan untuk penulisan ke port komputer, dan diawali dengan kata AT, kemudian diikuti karakter lainnya yang memiliki fungsi sendiri – sendiri. Selain digunakan untuk penulisan ke port, AT Command juga dapat digunakan untuk penulisan ke modem.

Contoh perintah AT Command :

AT : mengetahui kondisi port jika siap untuk berkomunikasi

AT+CGMI : perintah untuk mengetahui vendor ponsel yang digunakan

AT+CMGR : perintah untuk membaca salah satu SMS

Untuk penulisan data ke modem, maka modem terlebih dahulu harus dihubungkan dengan suatu kabel data yang tersedia serial port di komputer. AT Command yang digunakan pada modem mengikuti standar dari ETSI GSM 07.05. Beberapa AT Command yang dapat digunakan untuk menangani pesan SMS pada ponsel terdapat pada tabel :

Tabel 2.5 Contoh perintah AT Command

AT Command	Keterangan
AT	Mengecek apakah handphone telah terhubung.
AT+CMGF	Menetapkan format mode data.
AT+CSCS	Menetapkan jenis encoding.
AT+CNMI	Mendeteksi pesan SMS yang baru masuk secara otomatis.
AT+CMGL	Membuka daftar SMS yang ada pada SIM card.
AT+CMGS	Mengirim pesan SMS.
AT+CMGR	Membaca pesan SMS.
AT+CMGD	Menghapus pesan SMS.

2.11 Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu pada waktu tertentu. Sehingga komunikasi data serial hanya menggunakan dua kabel yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut *transmitter* (TX) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut *receiver* (RX). Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi paralel tetapi kekurangannya kecepatannya lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel. Dikenal dua cara komunikasi data secara serial, yaitu komunikasi data secara sinkron dan komunikasi data secara asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama – sama dengan data serial, sedangkan komunikasi data serial asinkron, *clock* tidak dikirimkan bersama data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).

Dalam Laporan Akhir ini komunikasi antara modem *gsm sim900A* dengan mikrokontroler yang digunakan adalah komunikasi serial secara sinkron yang bersifat *full – duplex*, artinya port serial bisa mengirim dan menerima pada waktu yang bersamaan. Perangkat yang digunakan yaitu kabel komunikasi serial RS232 yang biasa digunakan untuk menghubungkan periferal eksternal seperti modem dengan komputer. Modem memiliki level tegangan yang berbeda dengan level tegangan TTL ataupun RS232, tetapi untuk kompatibilitas modem agar bisa terkoneksi dengan PC guna berbagai keperluan maka disediakan kabel data yang compatible dengan standar RS232 sebagai interface untuk koneksi ke PC, untuk konfigurasi port data modem yang digunakan yaitu *gsm sim900* diperlihatkan pada gambar 2.18. Dengan alasan inilah maka digunakan komunikasi serial standar RS232 sebagai dasar interface antara modem dengan mikrokontroler pada alat.



Gambar 2.19 Konfigurasi Port Data Modem GSM SIM900

(<http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/155/jtptunimus-gdl-ranggadipt-7704-3-8.babii.pdf>, 2017)

2.12 Relay

2.12.1 Pengertian Relay

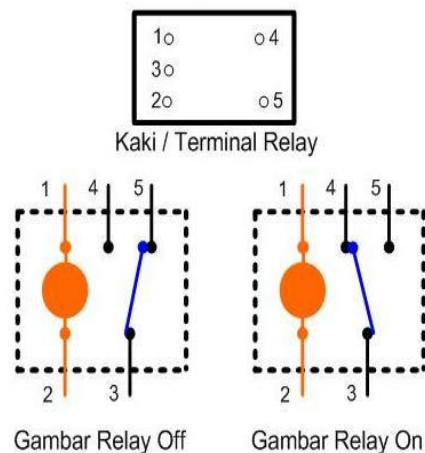
Relay adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Susunan paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan-rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah

armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka.



Gambar 2.20 Bentuk Fisik *Relay*

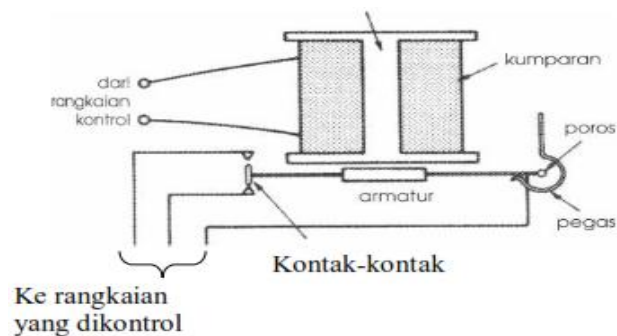
(<http://www.produksielektronik.com/2013/10/Relay>, 2017)



Gambar 2.21 Kaki *Relay*

(<https://blkimojokerto.wordpress.com/2009/08/04/saklar-sentuh/>, 2017)

Relay adalah sebuah saklar magnetis yang dikendalikan oleh arus secara elektrik. *Relay* menghubungkan rangkaian beban ON dan OFF dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian. (Frank D. Petruzella, 2001).



Gambar 2.22 Ilustrasi dari Sebuah *Relay*

(Petruzella, Frank D. 2001)

Secara sederhana *Relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Dalam pemakaiannya biasanya *Relay* yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat *Relay* berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

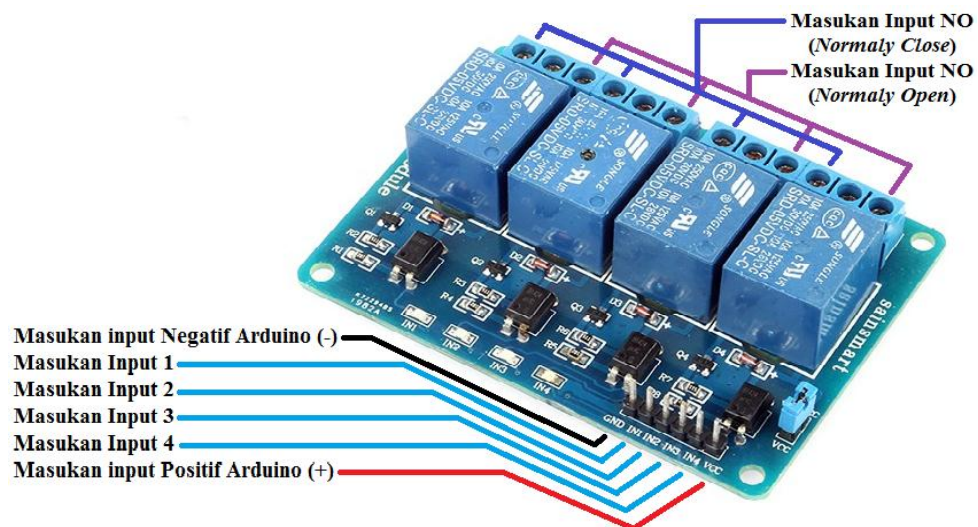
Konfigurasi dari kontak-kontak *Relay* ada tiga jenis, yaitu:

- *Normally Open* (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat *Relay* dicatu
- *Normally Closed* (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat *Relay* dicatu
- *Change Over* (CO), *Relay* mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika *Relay* dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

2.12.2 Rangkaian *Driver Relay*

Rangkaian *driver relay* berfungsi untuk mengendalikan motor arus searah (DC) yang dihasilkan dari *port* paralel I/O. Sinyal dari keluaran *port* biasanya berupa sinyal-sinyal yang kecil, sehingga tidak mampu untuk menggerakkan sistem daya berupa motor arus searah. Untuk dapat dimanfaatkan sinyal keluaran *port*, diperlukan suatu rangkaian *driver relay* agar sinyal yang kecil dapat

dipergunakan untuk penggerak objek yang akan dikendalikan dari jarak jauh. Rangkaian *driver relay* ini dibangun oleh suatu komponen utama yaitu transistor dan *relay*. Transistor di rangkain *driver relay* difungsikan sebagai penguat sinyal dan *switching*, serta *relay* sebagai penggerak motor dc. *Driver relay* ini selain sebagai sebagai penguat dan *switching*, sekaligus difungsikan untuk mengendalikan motor dc dalam sistem pembalik putaran. Jadi, *driver relay* ini dapat mengatur arah putaran motor *forward* dan *reverse*. Semua *driver relay* pada sistem ini memiliki rangkaian dan karakteristik yang sama. Saat *relay* 1 bekerja maka posisi positif motor akan mendapat sumber tegangan positif dan posisi negatif motor terhubung dengan kutub negatif sumber tegangan. Sehingga, motor akan berputar dengan arah putaran searah jarum jam (*clockwise*). Dengan cara yang sama untuk menggerakkan kontak *relay* 2, maka terjadi kondisi yang berkebalikan yaitu motor akan berputar dengan arah putaran yang berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*).



Gambar 2.23 *Driver Relay*

(<https://www.sainsmart.com/4-channel-5v-relay-module-for-pic-arm-avr-dsp-arduino-msp430-ttl-logic.html>. 2017)

2.13 *Inverter Power*

Inverter adalah suatu rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-

balik (AC). *Inverter* merupakan kebalikan dari *converter* (adaptor) yang memiliki fungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC) dengan menggunakan *transformator* yang tepat, *witching*, *sirkuit control* dan *frekuensi* tertentu. *Switching* itu sendiri adalah proses perpindahan antara kondisi *ON* dan *OFF* ataupun sebaliknya. Pencacahan arus DC dengan proses *switching* ini dimaksudkan agar terbentuk gelombang AC yang dapat diterima oleh peralatan/beban listrik AC. Komponen utama yang digunakan dalam proses *switching* sebuah *inverter* haruslah sangat cepat, sehingga tidak memungkinkan bila digunakan saklar *ON-OFF*, *relay*, kontaktor dan sejenisnya. Akhirnya dipilihlah peralatan-peralatan semi-konduktor yang mampu berfungsi sebagai saklar/pencacah tegangan, selain itu juga mampu melakukan.

Dalam fungsi lain *Power inverter* adalah suatu alat elektronik yang bisa merubah arus/tenaga baterai DC menjadi arus listrik PLN (Arus AC), sehingga fungsi *power inverter* adalah sebagai listrik cadangan karena apabila arus /tenaga dari baterai sudah habis/kosong maka baterai yang sudah kosong perlu diisi ulang kembali dengan alat yang bernama *charger* baterai atau bisa juga mengecaskan baterai dengan *solar panels*. *Power inverter* juga ada 2 macam, yaitu :

1. *Power inverter* dengan *charger* baterai
2. *Power inverter* tanpa *charger* baterai

- *Power inverter* dengan *charger* baterai

Power inverter yang dilengkapi *charger* baterai ini sudah satu paket dengan *charger* baterai sehingga selain bisa merubah arus baterai DC menjadi arus PLN (Arus AC) maka juga bisa untuk mengecaskan baterai. Namun perlu diingat *power inverter* yang dilengkapi *charger* baterai ini tetap membutuhkan listrik PLN untuk mengecaskan baterai karena memang *power inverter* yang dilengkapi *charger* baterai ini bukanlah pembangkit listrik.

Bagi orang awam biasanya *output inverter* dimasukkan *input charger* baterai dengan tujuan agar bisa mengecaskan tanpa listrik PLN dan tanpa panel surya, namun yang terjadi adalah *power inverter* akhirnya meletus/meledak karena kesalahan berpikir orang awam tersebut. Perlu dicatat bahwa *power inverter* bukanlah pembangkit listrik. fungsi *power inverter* hanyalah merubah arus baterai

DC menjadi PLN Arus AC dan untuk mengecras baterai tetap membutuhkan *charger* baterai yang dialiri dari arus PLN.

- *Power inverter tanpa charger* baterai

Power inverter jenis ini banyak digunakan untuk di mobil dan untuk panel surya atau solar panel Typenya pun bermacam macam sesuai untuk kebutuhan.



Gambar 2.24 Inverter Power

(<https://www.scribd.com/doc/119601631/Inverter-Dc-Bima>, 2017)

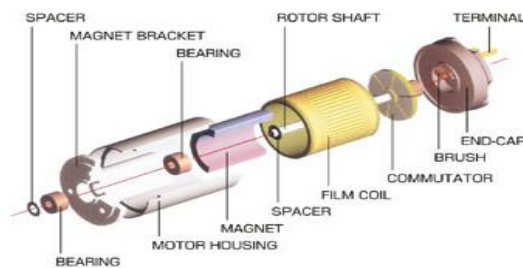
2.14 Beban Arus Listrik AC

Listrik merupakan energi yang dapat disalurkan melalui penghantar berupa kabel, adanya arus listrik dikarenakan muatan listrik mengalir dari saluran positif ke saluran negatif. Dalam kehidupan manusia listrik memiliki peran yang sangat penting. Selain digunakan sebagai penerangan listrik juga digunakan sebagai sumber energi untuk tenaga dan hiburan, contohnya saja pemanfaatan energi listrik dalam bidang tenaga adalah motor listrik. Keberadaan listrik yang sangat penting dan vital akhirnya saat ini listrik dikuasai oleh negara melalui perusahaan yang bernama PLN.

Arus listrik AC (*alternating current*), merupakan listrik yang besarnya dan arah arusnya selalu berubah-ubah dan bolak-balik. Arus listrik AC akan membentuk suatu gelombang yang dinamakan dengan gelombang sinus atau lebih lengkapnya sinusoida. Di Indonesia sendiri listrik bolak-balik (AC) dipelihara dan berada dibawah naungan PLN, Indonesia menerapkan listrik bolak-balik dengan frekuensi 50Hz. Tegangan standar yang diterapkan di Indonesia untuk listrik bolak-balik 1 (satu) fasa adalah 220 volt.

2.15 Motor DC

Motor arus searah (DC) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik. Konstruksi dasar motor DC terdiri dari bagian utama, yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar atau armature berupa koil dimana arus listrik dapat mengalir. Stator adalah bagian yang tetap dan menghasilkan medan magnet dari koilnya.



Gambar 2.25 Motor DC

(<http://cantari-diansi.blogspot.co.id/2012/07/motor-dc.html>, 2017)

Bentuk fisik dari motor DC seperti gambar 2.23 Sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama :

1. Kutub medan magnet

Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2. Kumparan motor DC

Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-

kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor.

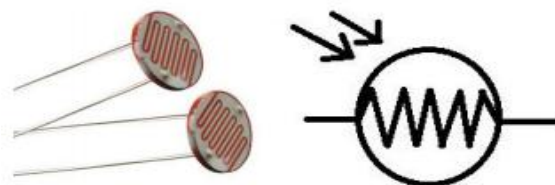
3. Commutator Motor DC

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

2.16 LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) ialah jenis resistor yang berubah resistansi karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai resistansi semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya.

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10\text{ M}\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1\text{K}\Omega$ atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti senyawa kimia cadmium sulfide. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 2.26 LDR (*Light Dependent Resistor*)

(Data Sheet CDS Light-Dependent Photoresistors, 2010)

Karakteristik LDR (*Light Dependent Resistor*) terdiri dari dua macam yaitu laju *recovery* dan *respon spektral* sebagai berikut :

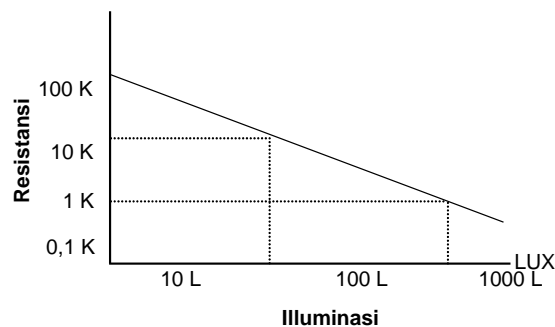
1. Laju *Recovery*

Jika sebuah LDR (*Light Dependent Resistor*) dibawa dari suatu ruangan dengan level intensitas cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bias kita amati nilai resistansi tidak akan segera berubah pada keadaan ruangan gelap tersebut, namun hanya akan bias mencapai nilai di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Sehingga laju *recovery* merupakan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Nilai level intensitas cahaya dalam lux yaitu :

Perkantoran	= 200 - 500 Lux
Apartemen / Rumah	= 100 - 250 Lux
Rumah sakit / Sekolah	= 200 - 800 Lux
Basement / Toilet / Coridor / Hall / Gudang / Lobby	= 100 - 200 Lux
Restaurant / Store / Toko	= 200 - 500 Lux

2. *Respon Spektral*

LDR (*Light Dependent Resistor*) tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (warna).



Gambar 2.27 Karakteristik LDR (*Light Dependent Resistor*)

(Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi, Malcolm Plant, Dr. Jan Stuart, 2012)