

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

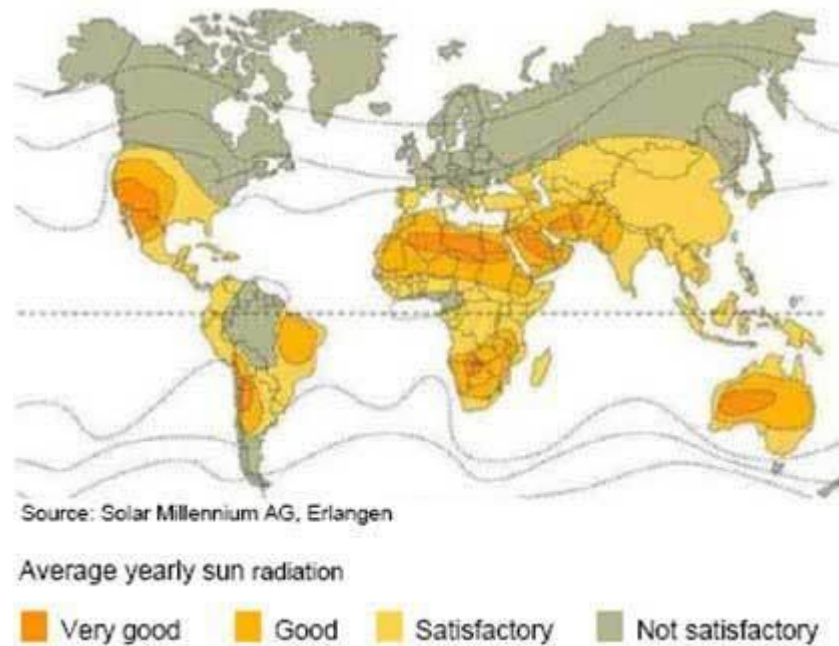
2.1 Energi Surya

Teknologi energi surya dibagi menjadi dua, yaitu Teknologi Surya Termal (TST) dan energi surya listrik atau dikenal Dengan Teknologi Photo Voltaik (TPV). Teknologi Photo Voltaik sudah cukup berkembang dibanyak 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. Dalam skala kecil penggunaan sel surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik untuk penerangan, pemasok energi lampu, pengatur lalu lintas jalan. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk keperluan sehari – hari dirumah tangga, keperluan kantor maupun keperluan industri.

2.1.1 Perkembangan Energi Surya di Indonesia

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, khususnya minyak bumi, yang terjadi sejak tahun 1970-an mendapat perhatian yang cukup besar dari banyak negara di dunia. Di samping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan teknologi sel surya atau fotovoltaiik.

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan *roadmap* pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang. Komponen utama sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan teknologi fotovoltaiik adalah sel surya.



Gambar 2.1. Penyebaran Sinar Matahari di Dunia

(Sumber : <https://teknologisurya.wordpress.com/tag/energi-surya/> diakses tanggal 10 Mei 2016)

Gambar di atas 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. Teknologi ini memerlukan berbagai mesin, sistem, komponen yang harus dihitung cermat dan baik agar sesuai dengan kondisi alam Indonesia.

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 ratio 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 Solar Cell

2.2.1. Sejarah 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 percobaannya 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.

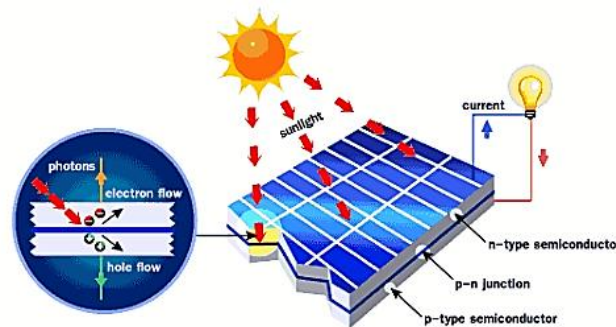
Kemudian tahun 1916 pendapat Einstein mengenai *photoelectric effect* dibuktikan oleh percobaan Robert Andrew Millikan seorang ahli fisika berkebangsaan Amerika dan ia mendapatkan Nobel Prize untuk karya *photoelectric effect*. Tahun 1923 Albert Einstein akhirnya juga mendapatkan Nobel Prize untuk teorinya yang menerangkan *photoelectric effect* yang dipublikasikan 18 tahun sebelumnya. Hingga tahun 1980-an efisiensi dari hasil penelitian terhadap *solar cell* masih sangat rendah sehingga belum dapat digunakan sebagai sumber daya listrik. Tahun 1982, Hans Tholstrup seorang Australia mengendarai mobil bertenaga surya pertama untuk jarak 4000 km dalam waktu 20 hari dengan kecepatan maksimum 72 km/jam.

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.



2.2.2. Pengertian *Solar Cell (Photovoltaic)*

Solar Cell atau panel surya 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.



Gambar 2.2. Skema Panel Surya

(Sumber : <http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya>, diakses terakhir tanggal 10 Mei 2016)

2.2.3. Karakteristik *Solar Cell (Photovoltaic)*

Solar Cell 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.



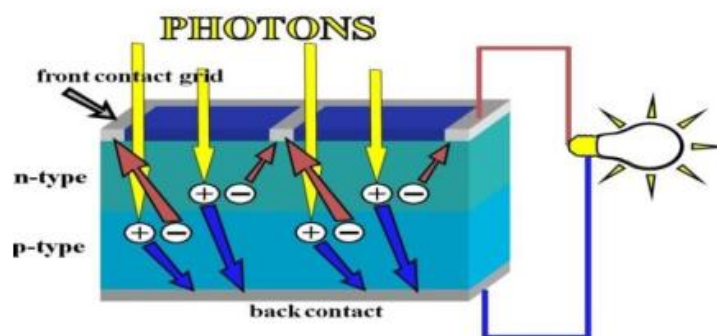
Spesifikasi keseluruhan dari *Solar Cell* yang digunakan adalah:

- Kekuatan daya maksimal : 50 Watt
- Kekuatan arus yang mengalir maksimal : 3.4 Ampere
- Kekuatan tegangan yang mengalir maksimal : 21.4 Volt
- Berat secara fisik : 1.8 Kg
- Ukuran fisik : 130 X 33 X 3 CM
- Tegangan maximum dalam sistem : 600 V
- Kondisi keseluruhan : SM =50
 $E = 1000 \text{ W/m}^2$
 $T_c = 25^0\text{C}$

(Sumber: Data Sheet Model Photovoltaic Module Siemens. USA)

2.2.4. Prinsip Dasar Teknologi *Solar Cell* (Photovoltaic) Dari Bahan Silikon

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).

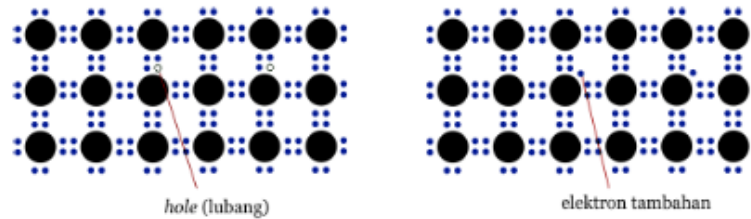


Gambar 2.3. Prinsip Kerja Panel Surya

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



2.2.4.1 Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N

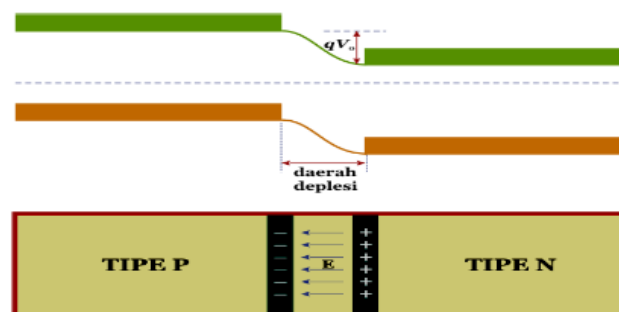


Gambar 2.4. Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)

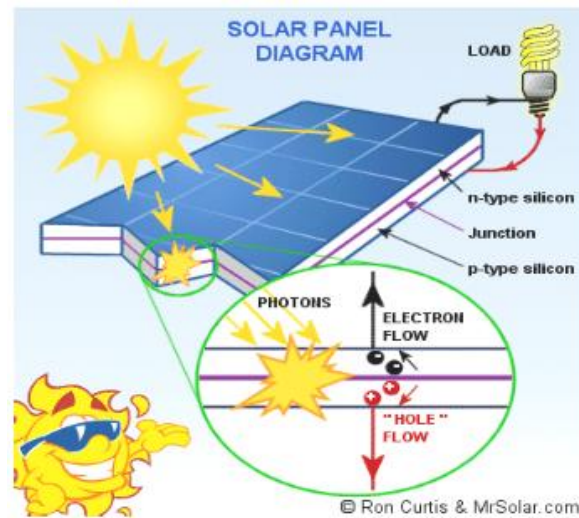
Ketika suatu kristal Silicon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki 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.

2.2.4.2 Sambungan P-N



Gambar 2.5. Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Depleksi

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



Gambar 2.6. Struktur *Solar Cell* Silikon p-n Junction.

(Sumber : http://solarcell.com.jpg/struktur_solar_cell, diakses tanggal 10 Mei 2016)

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).

Sebagaimana yang kita ketahui bersama, elektron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan electron 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.

2.2.5. Prinsip Dasar *Solar Cell (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 Rangkaian *Rectifier*

2.3.1 Pengertian *Rectifier*

Rectifier atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penyearah Gelombang adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya atau *Power Supply* yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Rangkaian *Rectifier* atau Penyearah Gelombang ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai Komponen Utamanya. Hal ini dikarenakan Dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah Dioda dialiri arus Bolak-balik (AC), maka Dioda tersebut hanya akan melewatkan



setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir. Untuk lebih jelas, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.7. Rangkaian *Rectifier*

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>, diakses tanggal 5 April 2016)

2.3.1 Jenis-jenis *Rectifier* (Penyearah Gelombang)

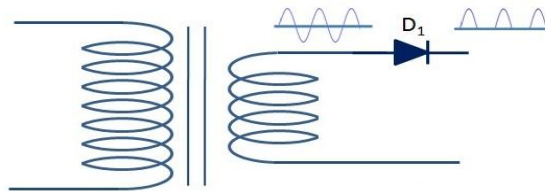
Pada dasarnya, *Rectifier* atau Penyearah Gelombang dibagi menjadi dua jenis yaitu *Half Wave Rectifier* (Penyearah Setengah Gelombang) dan *Full Wave Rectifier* (Penyearah Gelombang Penuh).

- *Half Wave Rectifier* (Penyearah Setengah Gelombang)

Half Wave Rectifier atau Penyearah Setengah Gelombang merupakan Penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan 1 buah Dioda untuk menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari *Power supply* dan melewatkan sisi sinyal Positif-nya. Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari 2 sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi Positif gelombang dari arus AC yang masuk ke Dioda akan menyebabkan Dioda menjadi bias maju (*Forward Bias*) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi Negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan Dioda dalam posisi *Reverse Bias* (Bias Terbalik) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.



Penyearah Setengah Gelombang (Half Wave Rectifier)



Gambar 2.8. Penyearah Setengah Gelombang

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>
diakses tanggal 5 April 2016)

- *Full Wave Rectifier* (Penyearah Gelombang Penuh)

Terdapat 2 cara untuk membentuk *Full Wave Rectifier* atau Penyearah Gelombang Penuh. Kedua cara tersebut tetap menggunakan Dioda sebagai Penyearahnya namun dengan jumlah Dioda yang berbeda yaitu dengan menggunakan 2 Dioda dan 4 Dioda. Penyearah Gelombang Penuh dengan 2 Dioda harus menggunakan Transformer CT sedangkan Penyearah 4 Dioda tidak perlu menggunakan Transformer CT, Penyearah 4 Dioda sering disebut juga dengan *Full Wave Bridge Rectifier*.

2.4 *Accu*

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. Di pasaran saat ini sangat beragam jumlah dan jenis *Accu* yang dapat ditemui. *Accu* untuk mobil biasanya mempunyai tegangan sebesar 12 Volt, sedangkan untuk motor ada tiga jenis tegangan 12 Volt, 9 volt dan ada juga yang bertegangan 6 Volt.

Selain itu juga dapat ditemukan pula *Accu* yang khusus untuk menyalakan *Tape* atau radio dengan tegangan juga yang dapat diatur dengan rentang 3, 6, 9, dan 12 Volt. Tentu saja *Accu* jenis ini dapat dimuati kembali (*Recharge*) apabila muatannya telah berkurang atau habis. 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 perubahan kimia menjadi tenaga listrik (*Discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*Charging*).

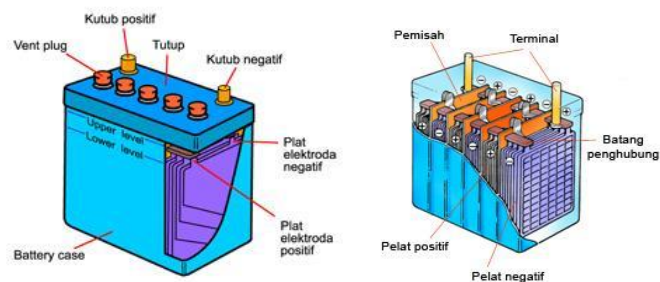
Jenis *Accu* yang umum digunakan adalah *Accumulator* timbal. Secara fisik *Accu* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H_2SO_4). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana *Accu* yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat 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).



2.4.1 Macam dan Cara Kerja Accu

Accu yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu *Accu* basah dan *Accu* kering. *Accu* basah media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. *Accu* jenis ini masih perlu diberi air *Accu* yang dikenal dengan sebutan *Accu Zuur*. Sedangkan *Accu* kering merupakan jenis *Accu* yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. *Accu* ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah (Gambar 2.9).

Dalam *Accu* 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.



Gambar 2.9. Sel *Accu*

(Sumber: id.m.wikipedia.org/akumulator, diakses terakhir tanggal 10 Mei 2016)

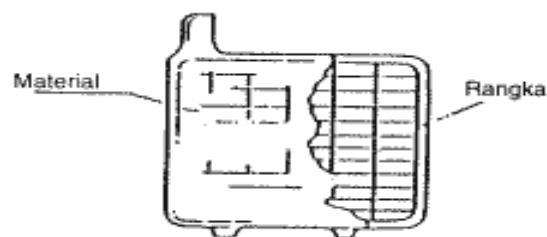
Accu memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila *Accu* hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada *Accu* terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air *Accu* untuk masing-masing sel. Bila permukaan air *Accu* di bawah level minimum akan merusak fungsi sel *Accu*. Jika air *Accu* melebihi level maksimum, mengakibatkan air *Accu* menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.



2.4.2 Konstruksi Accu

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 2.10).

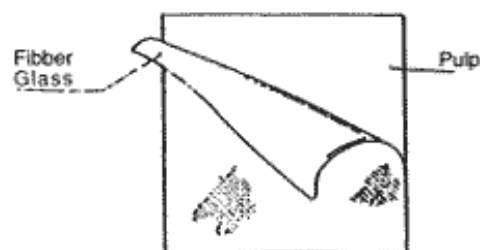


Gambar 2.10. Plat Sel Accu

(Sumber: Daryanto, bab 5 Pengetahuan Baterai Mobil, Bumi Aksara 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 2.11).



Gambar 2.11. Lapisan Serat Gelas

(Sumber: Daryanto, bab 5 Pengetahuan Baterai Mobil, Bumi Aksara 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

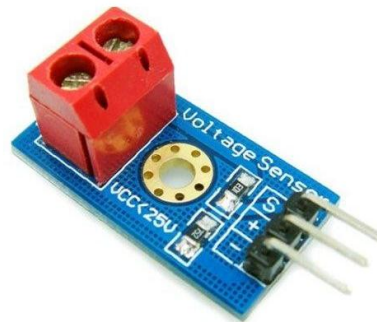
Ada dua cara untuk menutup *Accu*, yang pertama menggunakan bahan perekat lem, dan yang kedua dengan bantuan panas (*Heat Sealing*). Pertama untuk bak *Polystyrene* sedang yang kedua untuk bak *Polipropylene*.

2.5 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan pada alat kali ini menggunakan sensor pembagi tegangan DC. Untuk prinsip kerja sendiri hanya mengeluarkan tegangan pada akumulator. Ketika proses pengisian arus dari *solar cell* menuju ke baterai terputus atau



dalam kondisi break maka sensor tegangan ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan dari akumulator tanpa terhubung ke panel surya.

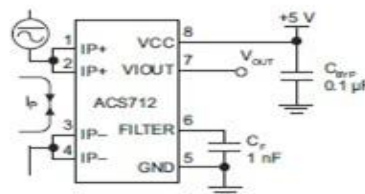


Gambar 2.12. Sensor Tegangan DC

(Sumber : <http://www.emartee.com/product/42082/>, diakses tanggal 5 April 2016)

2.6 Sensor Arus

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



Gambar 2.13. Sensor arus ACS712

(Sumber : <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/sfisika/article/download/4599/2163>, diakses tanggal 5 April 2016)

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 *inductor* yang berfungsi sebagai sensornya.



Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan magnet yang statis (kekuatan medan magnet nya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Dengan metode ini arus yang dilewatkan akan terbaca pada fungsi besaran tegangan berbentuk gelombang sinusoida

Spesifikasi Sensor Arus ACS712:

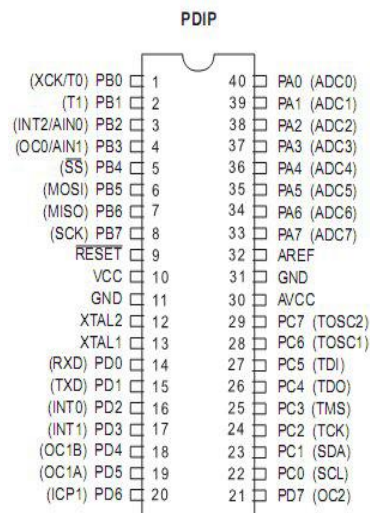
1. Berbasis ACS712 dengan fitur:
 - Waktu kenaikan perubahan luaran = 5 μ s.
 - Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
 - Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu kerja TA= 25°C.
 - Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
 - Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1-4 dan pin 5-8.
 - Sensitivitas luaran 185 mV/A.
 - Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
 - Tegangan luaran proporsional terhadap masukan arus AC atau DC.
2. Tegangan kerja 5 VDC.
3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *transducer* medan secara berdekatan.

2.7 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang memiliki memori internal yang dapat di tulis (diprogram) dan dihapus yang disebut namanya *Flash*. AVR merupakan seri mikrokontroler 8-bit buatan Atmel. Hampir semua instruksi pada



program dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR pun mempunyai *In-System Programmable (ISP) Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang (*read/write*).



Gambar 2.14 Pin Pada IC ATmega 8535

AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain. Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega 8535 antara lain:

1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi dengan konsumsi daya rendah
2. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz
3. Memiliki kapasitas *Flash* memori 16 *Kbyte*, EEPROM 512 *Byte* dan SRAM 1 *Kbyte*
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
5. CPU yang terdiri dari 32 buah register
6. Unit interupsi dan eksternal
7. Port USART untuk komunikasi serial
8. Fitur peripheral
 - Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan (*compare*)
 - Dua buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*



- Satu buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare* dan *Mode Capture*
 - *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri
 - Empat kanal PWM
 - 8 kanal ADC
 - 8 *Single-ended Channel* dengan keluaran hasil konversi 8 dan 10
9. *Non-volatile program memory*.

2.7.1 Konfigurasi Pin AVR ATmega 8535

Konfigurasi pin ATmega 8535 dengan kemasan 40 pin *Dual In-line Package* (DIP) dapat dilihat pada dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega 8535 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya
2. GND merupakan pin *Ground*
3. Port A (PA0 – PA7) merupakan pin *input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan pin masukan ADC
4. Port B (PB0 – PB7) merupakan pin *input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan pin khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Pin B *Input/Output* Dua Arah

<i>Pin</i>	Fungsi Khusus
PB0	XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>) T0 (<i>Timer/Counter0 External Counter Input</i>)
PB1	T1 (<i>Timer/Counter1 External Counter Input</i>)
PB2	INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>) AIN0 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)
PB3	OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>) AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)
PB4	(<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output /Slave Input</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)

Ac



5. Port C (PC0 – PC7) merupakan pin *input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan pin khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2. Pin C *Input/Output* Dua Arah

<i>Pin</i>	Fungsi Khusus
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC2	TCK (<i>Joint Test Action Group Test Clock</i>)
PC3	TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>)
PC4	TDO (<i>JTAG Data Out</i>)
PC5	TDI (<i>JTAG Test Data In</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator pin 1</i>)
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator pin 2</i>)

6. Port D (PD0 – PD7) merupakan pin *input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan pin khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3. Pin D *Input/Output* Dua Arah

<i>Pin</i>	Fungsi Khusus
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter2 Output Compare Match Output</i>)

7. *RESET* merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler
8. XTAL1 dan XTAL2, merupakan pin masukan *external clock*
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC.



2.7.2 Karakteristik Mikrokontroler ATmega 8535

Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh Mikrokontroler ATmega 8535 adalah sebagai berikut: (*hal 9, Jurnal Tutorial Mikrokontroler ATmega 8535*)

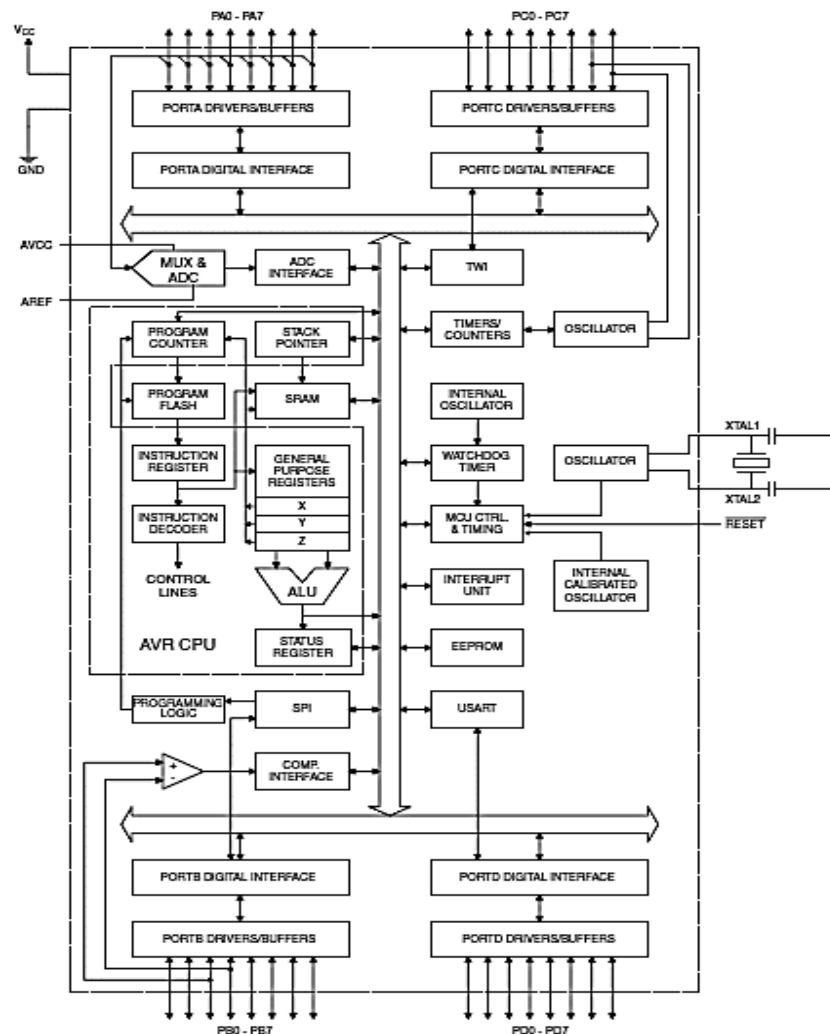
- Sebuah *Central Processing Unit* 8 bit.
- Osilator: Internal dan rangkaian pewaktu.
- RAM internal 128 byte.
- *Flash Memory* 2 Kbyte.
- Lima buah jalur interupsi (Dua Buah Interupsi Eksternal dan Tiga Buah Interupsi Internal).
- Empat buah *Programmable* port I/O yang masing – masing terdiri dari delapan buah jalur I/O.
- Sebuah port serial dengan control serial *Full Duplex* UART.
- Kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika. Kecepatan dalam melaksanakan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi 12 MHz.

Mikrokontroler ATmega8535 hanya memerlukan 3 tambahan kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catu daya 5 Volt. Kapasitor 10 mikro-Farad dan resistor 10 K Ω dipakai untuk membentuk rangkaian *reset*. Dengan adanya rangkaian *reset* ini ATmega8535 otomatis *direset* begitu rangkaian menerima catu daya. Kristal dengan frekuensi maksimum 24 MHz dan kapasitor 30 pF dipakai untuk melengkapi rangkaian *Oscillator* pembentuk *Clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler. Memori merupakan bagian yang sangat penting pada mikrokontroler. Mikrokontroler memiliki dua macam memori yang sifatnya berbeda. *Read Only Memory* (ROM) yang isinya tidak berubah meskipun IC kehilangan catu daya. Sesuai dengan keperluannya, dalam susunan MCS-51 memori penyimpanan program ini dinamakan sebagai memori program.

ATmega 8535 mempunyai enam sumber pembangkit interupsi, dua diantaranya adalah sinyal interupsi yang diumpangkan ke kaki INT0 dan INT1. Kedua kaki ini berhimpitan dengan PC.2 dan PC.3 sehingga tidak bisa dipakai sebagai jalur *input/output* paralel kalau INT0 dan INT1 dipakai untuk menerima



sinyal interupsi. ATmega 8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega 8535 dapat dikonfigurasi, baik secara maupun *Differential* input. Selain itu, ADC ATmega 8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan *Filter* derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.



Gambar 2.15 Blok Diagram IC ATmega 8535

(Sumber: Nugraha, Dhani dkk. *Jurnal Tutorial Mikrokontroler ATmega 8535*, 2011)

2.7.3 Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535

Di dalam alat ini terdapat rangkaian sistem minimum Mikrokontroler ATmega 8535 yang merupakan jaringan sistem sederhana yang menjadi pengendali atau otak pada alat elektronik yang berbasis mikrokontroler.



2.8 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

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/> diakses tanggal 5 April 2016)

Tabel 2.4. Spesifikasi LCD 16 * 2

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction / Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7 – 14	Data I/O Pins
15	VCC
16	Ground

2.8.1 Material LCD

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.

2.8.2 Kontroler LCD (*Liquid Qristal 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 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 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 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.

2.9 *Short Message Service (SMS)*

2.9.1 *Pengertian Short Message Service (SMS)*

Short Message Service (SMS) 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 penggunaannya, 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.

2.9.2 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 2.5. 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	E	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	ø	l)	+	;	K	Ä	k	ä
1	1	0	0	12	ø	E	,	<	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	à

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 2.6 Keterangan Format PDU

Oktet/ Digit Hexadesimal	Keterangan
07	Panjang atau jumlah pasangan digit dari nomor SMSC (Service Number) dengan 7 pasang (14 Digit)
91	Jenis nomor SMSC. Angka 91 menandakan format Internasional



2658050000F0	Nomor SMS yang digunakan, karena jumlah nomor SMS adalah ganjil, maka digit paling belakang dipasangkan dengan huruf F. Kalau diterjemahkan, nomor SMCS yang
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	Pengenalan Protocol
00	Skema pengkodean SMS, juga bernilai 0
506020 31133180	Waktu pengiriman, yang berarti 05-06-02 (2 juni 2005) dan jam
04	Panjang pesan SMS, dalam hal ini adalah 4 huruf (dalam mode
C830FB0D	Pesan SMS dalam mode 7 bit, jika diterjemahkan ke dalam 8 bit

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 mengetikkan 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	1110 1000	E8
E	1100101		E	0011 0010 1	32
L	1101100		L	1001 1011 00	9B
L	1101100		L	1111 1101 100	FD
O	1101111		O	0000 0110 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**



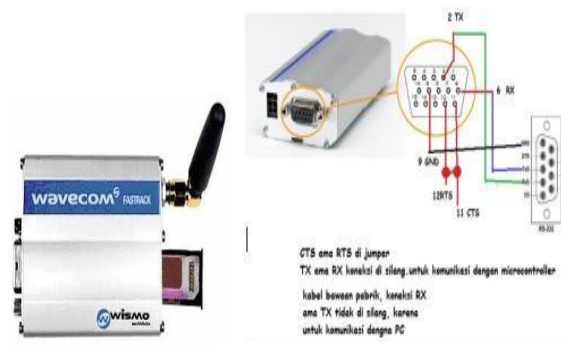
2.10 Modem *Wavecom*

Wavecom adalah pabrikan asal Perancis (bermarkas di kota Issy les Moulineaux, Perancis) yaitu *Wavecom* SA yang berdiri sejak 1993 bermula sebagai biro konsultan teknologi dan sistem jaringan *nirkabel* GSM, dan pada 1996 *Wavecom* mulai membuat desain daripada modul *wireless* GSM pertamanya dan diresmikan pada 1997, bentuk modul GSM pertama berbasis GSM dan pengkodean khusus yang disebut AT Command. Sulit mencari referensi module tipe apa yang pertama dibuat oleh *Wavecom* SA.

Modem *Wavecom Fastrack* ini di Indonesia cukup dikenal digunakan pada industri bisnis rumahan dan bahkan skala besar – mulai dari fungsi untuk kirim SMS massal hingga fungsi sebagai penggerak perangkat elektronik. Beberapa fungsi kegunaan modem ini di masyarakat adalah antara lain:

- SMS *Broadcast application*
- SMS *Quiz application*
- SMS *Polling*
- SMS *auto-reply*
- M2M *integration*
- Aplikasi Server Pulsa
- Telemetry
- *Payment Point Data*
- PPOB
- dsb.

Modem *wavecom* suatu modem yang digunakan untuk SMS *gateway* atau server untuk internet, contoh Modem *wavecom* pada **Gambar 2.26** menggunakan port serial dan ada juga port USB.



Gambar 2.17. Modem *Wavecom* dan Koneksi Pin Port Serial

(Sumber : <http://datakreasi.co.id/?wpsc-product=modem-wavecom-single-m1306b-q2406b-usb-gsm> diakses tanggal 5 April 2016)

2.11 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 2.7 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 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

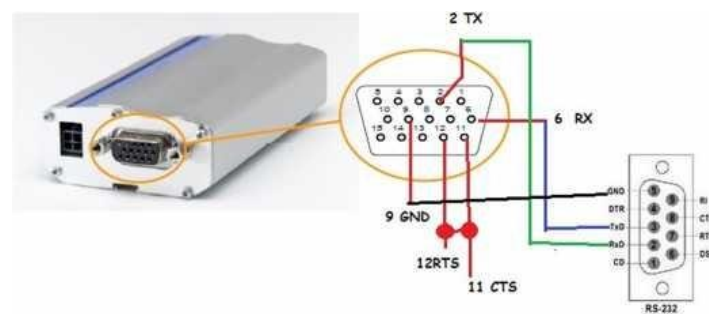
2.12 Komunikasi Serial

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 *wavecom* dengan mikrokontroler yang digunakan adalah komunikasi serial secara asinkron 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 *wavecom* m1306b diperlihatkan pada gambar 2.18. Dengan alasan inilah maka digunakan komunikasi serial standar RS232 sebagai dasar interface antara modem dengan mikrokontroler pada alat.



Gambar 2.18. Konfigurasi Port Data Modem *Wavecom* M1306B

(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/155/jtptunimus-gdl-rangadipt-7704-3-8.babii.pdf>, diakses tanggal 16 Juni 2016)

2.13 Interface RS232

Interface adalah suatu perangkat keras (*hardware*) yang menghubungkan dua elemen pemrosesan data yang berbeda. *Interface* dapat dipakai untuk menghubungkan perangkat keras yang satu dengan perangkat keras yang lain.

RS232 (adalah standar komunikasi serial yang didefinisikan sebagai antarmuka antara perangkat terminal data (dalam bahasa Inggris : *data terminal equipment* atau **DTE**) dan perangkat komunikasi data (dalam bahasa Inggris : *data communications equipment* atau **DCE**) menggunakan pertukaran data biner secara serial. Di dalam definisi tersebut, *DTE* adalah perangkat komputer dan *DCE* sebagai modem walaupun pada kenyataannya tidak



semua produk antarmuka adalah *DCE* yang sesungguhnya. Komunikasi RS232 diperkenalkan pada 1962 dan pada tahun 1997, *Electronic Industries Association* mempublikasikan tiga modifikasi pada standar RS232 dan menamainya menjadi EIA-232. Ada 3 hal pokok yang diatur standard RS232, antara lain adalah :

1. Bentuk sinyal dan level tegangan yang dipakai.
2. Penentuan jenis sinyal dan konektor yang dipakai, serta susunan sinyal pada kaki – kaki di konektor.
3. Penentuan tata cara pertukaran informasi antara perangkat keras.

2.14 Buzzer

2.14.1 Pengertian Buzzer

Buzzer Listrik adalah sebuah komponen elektronika yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Pada umumnya, *Buzzer* yang merupakan sebuah perangkat audio ini sering digunakan pada rangkaian anti-maling, Alarm pada Jam Tangan, Bel Rumah, peringatan mundur pada Truk dan perangkat peringatan bahaya lainnya. Jenis *Buzzer* yang sering ditemukan dan digunakan adalah *Buzzer* yang berjenis *Piezoelectric*, hal ini dikarenakan *Buzzer Piezoelectric* memiliki berbagai kelebihan seperti lebih murah, relatif lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya ke Rangkaian Elektronika lainnya. *Buzzer* yang termasuk dalam keluarga Transduser ini juga sering disebut dengan *Beeper*.

Efek *Piezoelectric* (*Piezoelectric Effect*) pertama kali ditemukan oleh dua orang fisikawan Perancis yang bernama Pierre Curie dan Jacques Curie pada tahun 1880. Penemuan tersebut kemudian dikembangkan oleh sebuah perusahaan Jepang menjadi *Piezo Electric Buzzer* dan mulai populer digunakan sejak 1970-an.

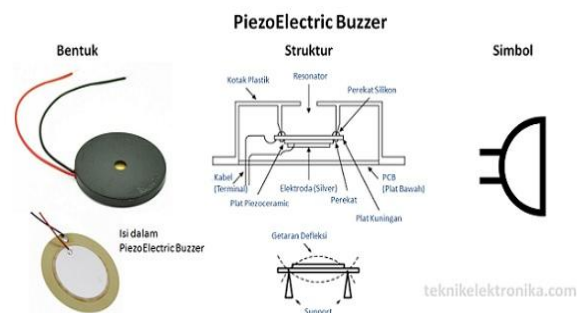
2.14.2 Cara Kerja Piezoelectric Buzzer

Seperti namanya, *Piezoelectric Buzzer* adalah jenis *Buzzer* yang menggunakan efek *Piezoelectric* untuk menghasilkan suara atau bunyinya.



Tegangan listrik yang diberikan ke bahan *Piezoelectric* akan menyebabkan gerakan mekanis, gerakan tersebut kemudian diubah menjadi suara atau bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan menggunakan diafragma dan resonator.

Berikut ini adalah gambar bentuk dan struktur dasar dari sebuah Piezoelectric Buzzer.



Gambar 2.19. Piezoelectric Buzzer

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-piezoelectric-buzzer-cara-kerja-buzzer/>, diakses pada tanggal 10 Mei 2016)

Jika dibandingkan dengan Speaker, *Piezo Buzzer* relatif lebih mudah untuk digerakan. Sebagai contoh, *Piezo Buzzer* dapat digerakan hanya dengan menggunakan *output* langsung dari sebuah IC TTL, hal ini sangat berbeda dengan Speaker yang harus menggunakan penguat khusus untuk menggerakan Speaker agar mendapatkan intensitas suara yang dapat didengar oleh manusia.

Piezo Buzzer dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan frekuensi di kisaran 1 – 5 kHz hingga 100 kHz untuk aplikasi Ultrasound. Tegangan Operasional *Piezoelectric Buzzer* yang umum biasanya berkisar diantara 3Volt hingga 12 Volt.



2.15 Relay

2.15.1 Pengertian Relay

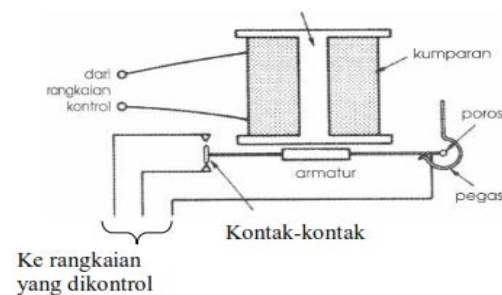


Gambar 2.20. Bentuk Fisik Relay

(Sumber: <http://www.produksielektronik.com/2013/10/Relay>, diakses terakhir tanggal 10 Mei 2016)

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, 2001:371).

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 2.21. Ilustrasi dari Sebuah Relay

(Sumber: Petruzella, Frank D. *Elektronika Industri* 2001)

Secara sederhana Relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.



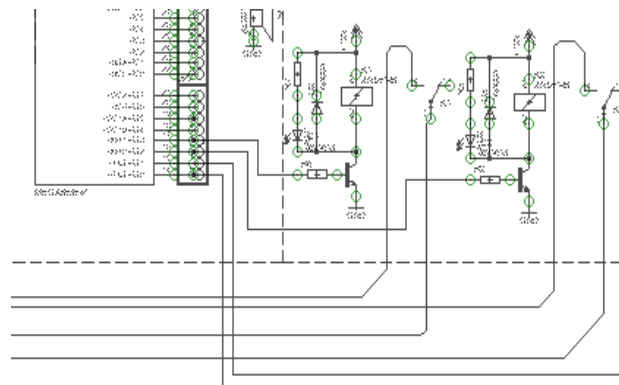
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Dalam pemakaiannya biasanya *Relay* yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk 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.

Penggunaan *Relay* perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan *Relay* memberi pilihan antara arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada *Body Relay*. Misalnya *Relay* 12VDC/4 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu memberi arus listrik (maksimal) sebesar 4 ampere pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya *Relay* difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman.

2.15.2 Rangkaian *Driver Relay*



Gambar 2.22. Rangkaian *Driver Relay*



Relay merupakan salah satu komponen yang terdiri dari lempengan logam sebagai saklar dan kumparan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Pada rangkaian ini digunakan *relay* 12Volt, yang artinya jika kaki pin *relay* positif (Pin kaki 1) dihubungkan ke sumber positif tegangan 12 Volt dan kaki pin *negative* relay (Pin Kaki 2) dihubungkan ke *ground*, maka kumparan akan menghasilkan medan magnet, dimana medan magnet ini akan menarik logam yang mengakibatkan saklar pada pin kaki 3 dan pin kaki 4 saling terhubung. Demikian juga jika digunakan untuk menghidupkan/mematikan lampu dengan mengabungkan pin kaki 3 dan pin kaki 4 secara bersamaan. Dan fungsi *relay* pada alat ini sebagai pengendali aliran arus listrik yang berasal dari panel surya menuju baterai agar pengisian baterai dapat dikendalikan sesuai dengan cara kerja komponen *relay* yang berfungsi sebagai saklar NO dan NC.

2.16 *Interver Power*

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi sebagai pengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan metode *switching* dengan 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 *cha*

rger baterai ini sudah satu paket dengan *charger* baterai sehingga selain

bisa merubah arus baterai DC menjadi arus PLN (Arus AC) maka juga bisa untuk mengecas baterai. Namun perlu diingat *power inverter* yang dilengkapi *charger* baterai ini tetap membutuhkan listrik PLN untuk mengecas 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 mengecas 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 mengecas 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 2.23. Inverter Power

(Sumber: <https://www.scribd.com/doc/119601631/Inverter-Dc-Bima>, diakses pada tanggal 24 Juni 2016)

2.17 **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.