

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Solar cell**

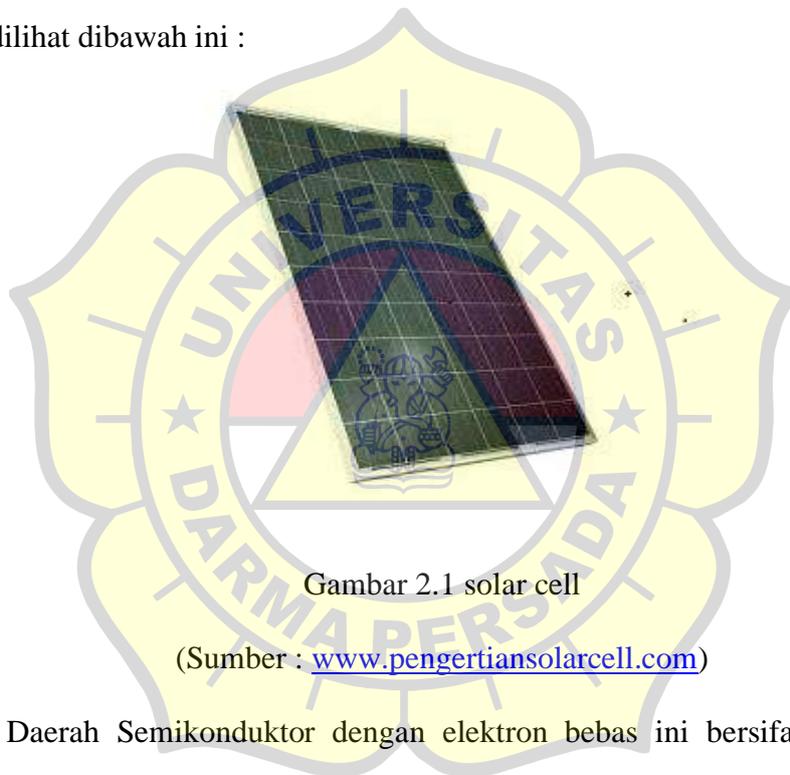
Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV). Efek Photovoltaic ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (Photodiode), Sel Surya atau Solar Cell ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik.

Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto (Photodiode) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor

silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (expose) cahaya matahari.

Saat ini, telah banyak yang mengaplikasikan perangkat Sel Surya ini ke berbagai macam penggunaan. Mulai dari sumber listrik untuk Kalkulator, Mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan Satelit yang mengorbit Bumi kita. Untuk gambar solar cell dapat dilihat dibawah ini :



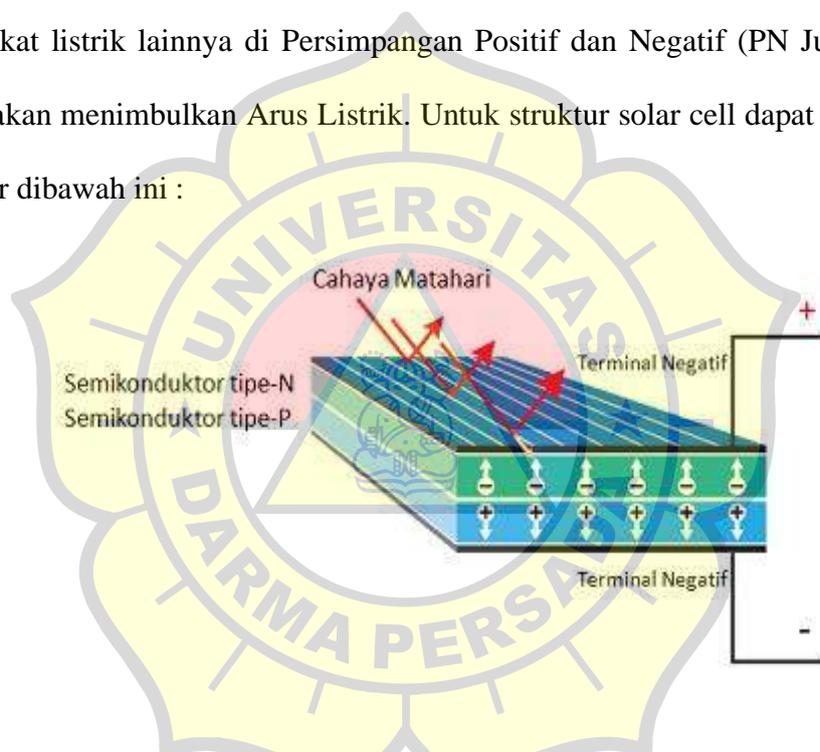
Gambar 2.1 solar cell

(Sumber : [www.pengertiansolarcell.com](http://www.pengertiansolarcell.com))

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type).

Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan

Hole akan bergerak menjauhi daerah Positif dan solar panel dapat bekerja secara lebih efisiensi apabila sinar cahaya matahari dalam keadaan tidak mendung atau dalam keadaan sangat cerah serta memiliki nilai intensitas cahaya yang sangat mapan dan sangat terang dibagian barat matahari. arus listrik yang mengalir pada solar panel tersebut akan menjadi keluaran tegangan atau *output* menghasilkan tegangan DC atau searah. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik. Untuk struktur solar cell dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 struktur dasar solar cell

(Sumber : [www.pengertiansolarcell.com](http://www.pengertiansolarcell.com))

Rumus perhitungan daya listrik pada solar panel dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

$$V = I \times R \quad (2.2)$$

$$I = V/R \quad (2.3)$$

$$I = P/V \quad (2.4)$$

## 2.2 PLTS *Microgrid*

Sistem PLTS off-grid sudah mapan untuk memasok rumah pedesaan tunggal dan memisahkan beban kecil. Ketika beberapa rumah terpencil berkerumun membentuk sebuah desa, pilihan yang muncul adalah merancang pembangkit yang lebih besar untuk memasok setiap rumah tangga dengan layanan AC fase tunggal standar. Dengan PLTS microgrid, beberapa keuntungan disisi ekonomi dapat diwujudkan. Biaya pemasangan dan operasi lebih rendah dari pada biaya kolektif untuk beberapa sistem PV satu rumah. Biasanya, jaringan mikro memiliki kapasitas hingga 100kW. Satu rintangan yang unik bagi PLTS microgrid adalah mengembangkan teknologi pengukuran dan rasa tanggung jawab kolektif dalam mengelola, dan membayar, sumber daya energi yang digunakan bersama dan terbatas.

## 2.3 Potensi Matahari

Indonesia merupakan daerah sekitar katulistiwa dan daerah tropis dengan luas daratan hampir 2 juta Km<sup>2</sup>, dikaruniai penyinaran matahari lebih dari 6 jam sehari atau 2.400 jam dalam setahun. Pada keadaan cuaca cerah permukaan bumi menerima sekitar 1000Wh/m<sup>2</sup> (Damastuti, 2011).

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik di Indonesia ditargetkan akan mencapai 25 MW pada tahun 2020. Selain untuk memenuhi listrik pedesaan, energi surya diharapkan juga mampu berperan sebagai salah satu sumber energi *alternatif* di wilayah perkotaan, yang dimanfaatkan untuk lampu

penerangan jalan, penyediaan listrik untuk rumah peribadahan, sarana umum, sarana pelayanan kesehatan seperti rumah sakit, Puskesmas, Posyandu, dan Rumah Bersalin, Kantor Pelayanan Umum Pemerintah, hingga untuk pompa air (*solar power supply for waterpump*) yang digunakan untuk pengairan irigasi atau sumber air bersih ([Http: //www.isdm.go.id](http://www.isdm.go.id).2009).

Adapun beberapa keuntungan menggunakan energi matahari di Indonesia, antara lain (Damastuti, 2011):

- a. Sumber energi tersedia sepanjang tahun dan gratis.
- b. Bebas polusi udara
- c. Tidak bising.
- d. Tidak memerlukan sistem transmisi yang rumit.
- e. Tidak menyebabkan efek pemanasan global.
- f. Dapat ditempatkan di daerah terpencil.
- g. Umur pakainya panjang, kurang lebih 20 tahun.
- h. Aman
- i. Perawatan sangat mudah dan hampir tanpa biaya.

### **2.3.1 Photovoltaic**

Photovoltaic (PV) merupakan suatu sistem atau cara langsung (*direct*) untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem photovoltaic bekerja dengan prinsip efek photovoltaic . Efek photovoltaic adalah fenomena dimana suatu sel photovoltaic dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek photovoltaic

Didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya. Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Foton yang terserap oleh sel PV inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.

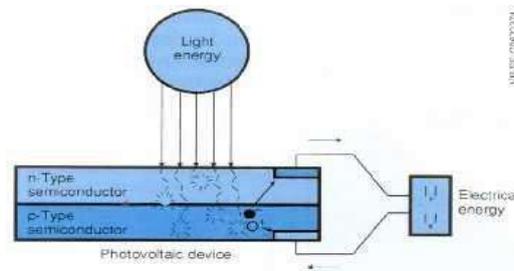
Pada dasarnya sel fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja menurut suatu proses khusus yang dinamakan proses tidak seimbang (non-equilibrium process) dan berlandaskan efek fotovoltaik (photovoltaic effect). Sel fotovoltaik merupakan suatu P-N junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan photo-electric effect dari bahan semikonduktor sehingga dapat mengumpulkan radiasi matahari dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Energi listrik hasil dari Solar PV tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan baterai sebagai sistem penyimpanan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari. Struktur Solar PV disajikan pada Gambar 2.3



**Gambar 2.3** Struktur Solar PV

Ilustrasi mekanisme sel PV secara sederhana ditunjukkan pada gambar4 berikut

ini:

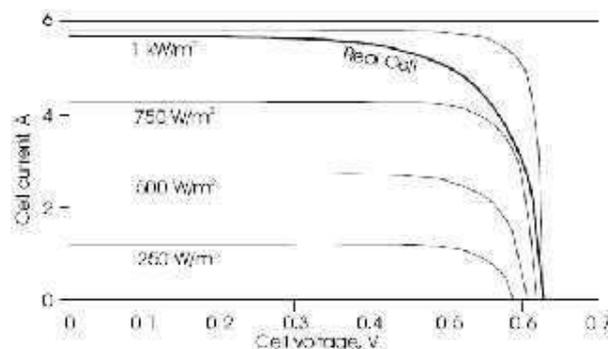


**Gambar 2.4.** Skema Sederhana Sistem Sel PV

Gambar 2.3 menunjukkan karakteristik I-V pada sel surya. Catat bahwa besar arus pada sel tergantung pada intensitas penyinaran sel surya. Pada kondisi ideal, persamaan karakteristik I-V sel surya adalah (Messenger, 2004) :

$$I = I_L - I_0 \left( e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) \quad (2.5)$$

Dimana,  $I_L$  adalah arus pada sel surya akibat photon,  $q = 1.6 \times 10^{-19}$  coul,  $k = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K (konstanta Boltzman), dan T adalah temperatur sel. Sedangkan karakteristik I-V dari riil sel surya hanya berbeda sedikit dari kondisi ideal ini. Gambar karakteristik i-v dari riil dan ideal sel surya pada *level* penyinaran tertentu dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini;



**Gambar 2.5** Karakteristik I-V Dari Riil Dan Ideal Sel Surya Pada Level Penyinaran Tertentu

### 2.3.2 Efisiensi Photovoltaic

Dalam menilai suatu PV bekerja dengan baik atau tidak, serta menentukan kualitasnya adalah tergantung pada *efisiensi* yang dihasilkan oleh PV tersebut. Apabila PV memiliki *efisiensi* yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-rugi akan semakin kecil. PV dengan *efisiensi* yang tinggi dan rugi-rugi yang kecil inilah yang bisa dikatakan PV yang baik. *Efisiensi* PV dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain insolasi matahari ( $I$ ), luas kolektor PV ( $A_c$ ) dan daya kolektor yang dimiliki PV. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Np = \frac{(IV)_{max}}{I A_c} \quad (2.6)$$

Dimana :

$Np$  = Efisiensi PV

$(IV)_{max}$  = Daya Kolektor Maksimum ( W )

$I$  = Insolasi Matahari (  $W/m^2$  )

$A_c$  = Luas Kolektor PV (  $m^2$  )

### 2.4 Charger Controller PWM ( Pulse Width Modulation )

*Charger Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charger controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan *voltase* dari panel surya / solar cell. Kelebihan *voltase* dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

*Charger Controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai beban.

Beberapa fungsi detail dari *charger controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak *discharge*, dan *overloading*.
3. Monitoring temperature baterai

Untuk membeli *charger controller* yang harus diperhatikan adalah:

1. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Amper, dsb.
3. *Full Charge* dan *Low Voltage Cut*

*Charger controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Charger Controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. *Charge Controller* biasanya terdiri dari : 1 input ( 2 terminal ) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan beban ( *load* ).

Teknologi Solar *Charge Controller*

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh *solar charge controller*:

1. PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*.
2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil maksimum daya dari PV. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai

Kelebihan MPPT dalam ilustrasi ini: Panel surya / solar cell ukuran 120 Watt, memiliki karakteristik Maximum Power Voltage 17.1 Volt, dan Maximum Power Current 7.02 Ampere. Dengan solar *charge controller* selain MPPT dan tegangan baterai 12.4 Volt, berarti daya yang dihasilkan adalah 12.4 Volt x 7.02 Ampere = 87.05 Watt. Dengan MPPT, maka Ampere yang bisa diberikan adalah sekitar  $120W : 12.4 V = 9.68$  Ampere. Teknologi yang sudah jarang digunakan, tetapi sangat murah, adalah Tipe 1 atau 2 *Stage Control*, dengan relay ataupun transistor. Fungsi relay adalah meng-short ataupun men-disconnect baterai dari panel surya / solar cell. Gambar dibawah ini merupakan modul dari *charger controller*.



Gambar 2.6 charger controller 20A

(Sumber: [www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solarcharge](http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solarcharge))

## 2.5 Baterai/aki

Baterai/Aki merupakan perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversikan menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau *Accumulator* adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia

material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan waktu yang panjang.

Aki yang ada dipasaran ada 2 jenis yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah media penyimpanan arus listrik ini merupakan jenis aki yang paling umum digunakan. Aki jenis ini perlu diberi air aki yang dikenal accu zuur. Sedangkan jenis aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon seluler. Aki ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah.

Dalam aki ini terdapat jenis elemen dan sel untuk menyimpan aru yang mengandung asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Tiap sel berisikan pelat positif dan negative. Pada pelat positif terkandung oksidal timbale coklat ( $PbO_2$ ), sedangkan pelat negatif mengandung timbale ( $Pb$ ). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsure kimia ini berinteraksi, maka muncullah arus listrik.



Gambar 2.7 Aki

(Sumber : [www.baterai.com](http://www.baterai.com))

## 2.6 Motor DC Pompa Air

Pompa suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair *incompressible* dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak (*driver*) menjadi energi potensial yang berupa *head*, sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan *head* yang dimilikinya (Sularso. 2004).

Perpindahan zat cair secara mendatar, tegak lurus atau arah campuran keduanya. Pada perpindahan zat cair yang tegak lurus harus dapat mengatasi hambatan-hambatan, seperti yang terdapat pada pemindahan zat cair arah mandatar, yaitu adanya hambatan gesekan. Hambatan gesekan ini akan mempengaruhi kecepatan aliran dan adanya perbedaan *head* antara sisi isap (*suction*) dengan sisi tekan (*discharge*). Keluaran pompa berupa daya hidrolis ( $H_p$ ) dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Daya hidrolis

$$H_p = Q \times (h_d - h_s) \times \rho \times g / 1000 \quad (2.7)$$

Dimana :

$Q$  = Debit aliran ( $m^3/detik$ )

$h_d$  = *Head* pembuangan (dalam m)

$h_s$  = *Head* penghisapan (dalam m)

$\rho$  = Massa zat cair persatuan volume ( $kg/m^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/detik^2$ )

### 2.6.1 Pompa Berdasarkan Letak Penempatannya

Berdasarkan letak penempatan pompa dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

#### A. Pompa Benam (*Submersible Pump*)

Pompa *submerible* merupakan pompa sentrifugal yang melekat ke motor listrik dan beroperasi terendam dalam air. Motor listrik dipasang satu poros dengan *impeller*. Kapasitas pompa ditentukan oleh lebarnya baling-baling *impeller* dan tekanan ditentukan oleh jumlah *impeller*.

Pompa *sentrifugal* sendiri prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (Kecepatan) cairan menjadi energi potensial (Dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*. Jenis pompa *submersible* mempunyai tinggi minimal air yang dapat dipompa sehingga pompa tetap terjaga untuk terbenam dan harus dipenuhi ketika bekerja agar *life time* pompa tersebut lama.

#### B. Pompa Turbin Vertikal (*Vertical Turbine Pump*)

Pompa turbin vertikal adalah pompa yang motor penggeraknya terletak pada bagian atas sumur. Pompa dihubungkan satu sama lain oleh pipa tegak yang sekaligus melindungi poros pompa dan sekaligus sebagai pipa tekan fluida keluar.



**Gambar 2.8** Pompa Turbin Vertikal

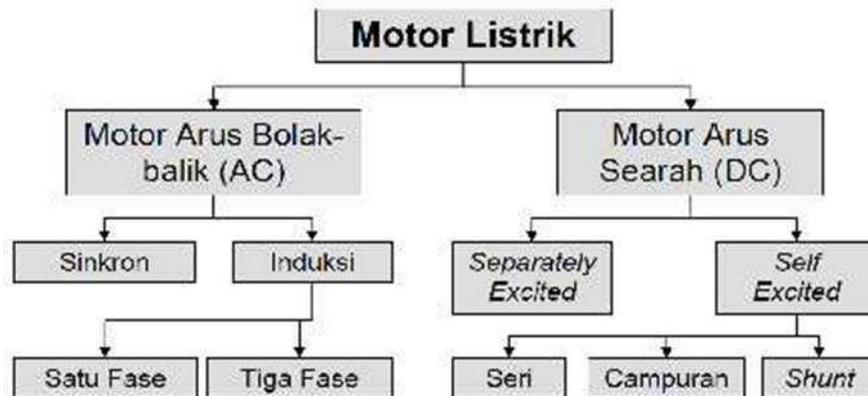
Pompa turbin vertikal juga dikenal sebagai pompa turbin dalam. Pompa vertikal adalah aliran campuran, atau [pompa sentrifugal](#) vertikal sumbu yang mencakup tahapan impeler berputar & mangkuk stasioner untuk memproses baling-baling pemandu. Pompa vertikal digunakan di mana pun tingkat pemompaan air berada di bawah batas pompa sentrifugal volute.

Prinsip kerja pompa vertikal adalah, mereka biasanya bekerja dengan mesin diesel atau listrik AC motor induksi seluruh sudut drive yang tepat. Bagian terakhir dari pompa ini dapat dirancang dengan impeller pemintalan minimal. Ini dapat dihubungkan ke poros melalui air sumur ke dalam mangkuk atau casing diffuser. Beberapa impeler dapat digunakan dengan berbagai konfigurasi di atas poros yang sama untuk menghasilkan tekanan tinggi. Ini akan diperlukan untuk sumur dalam di permukaan bumi.

Pompa vertikal ini bekerja setiap kali air mengalir melalui pompa di dasar seluruh bel isap dan bentuknya seperti bagian bel. Setelah itu, ia bergerak ke pendorong tahap utama untuk meningkatkan kecepatan air. Kemudian air mengalir ke mangkuk diffuser segera di atas impeller, di mana energi berkecepatan tinggi ini dapat diubah menjadi tekanan tinggi.

### **2.6.2 Pompa Menurut Motor Penggerak**

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Pada gambar 2 dibawah ini akan dijelaskan pompa berdasarkan jenis motor penggerak pompa (<http://shatomedia.com.2009>).

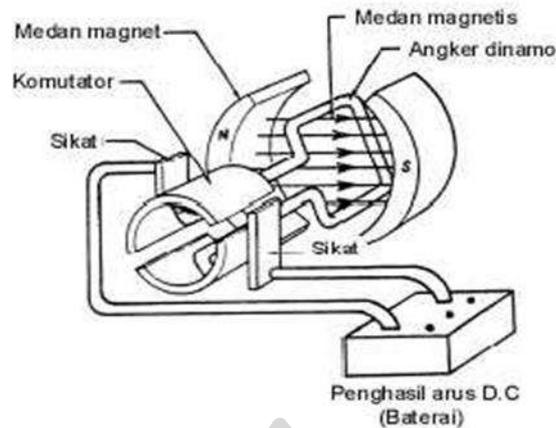


**Gambar 2.9** Bagan Jenis Pompa Berdasarkan Penggeraknya

Berdasarkan sumber energi penggeraknya motor listrik dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

a. Motor DC

Motor arus searah, menggunakan arus langsung yang tidak langsung (direct- unidirectional). Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak- balik. Gambar motor DC dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



990

**Gambar 2.10** Motor Dc Sederhana

Dari gambar 2.9 dapat dijelaskan sebagai berikut, catu tegangan DC dari baterai (sumber DC) menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh *komutator*, dua *segmen* yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut *angker dinamo*. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$E = K\Phi N \quad (2.8)$$

$$T = K\Phi I_a \quad (2.9)$$

Dimana :

$E$  = Gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal dinamo (Volt)

$\Phi$  = Flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

$N$  = Kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

$T$  = *Torque* elektromagnetik  $I_a$  = Arus dinamo

K = Konstanta persamaan

## 2.7 Pipa Air

Pipa adalah sebuah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, pipa tersebut biasanya terbuat dari bermacam-macam bahan sesuai dengan kebutuhannya, seperti: besi, tembaga, kuningan, plastic, pvc, alumunium, stainless. (Mukti Wibowo. 1974). Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan berjenis tepung / serbuk. Untuk pembuatan pipa disesuaikan dengan kebutuhan dan dibedakan dari batas kekuatan tekanan, ketebalan dinding pipa, temperature zat yang mengalir, jenis material berkaitan dengan korosi dan kekuatan pipa tersebut.

Macam-macam pipa terdiri dari beberapa bentuk dan ukuran disesuaikan dengan kebutuhan masing – masing :

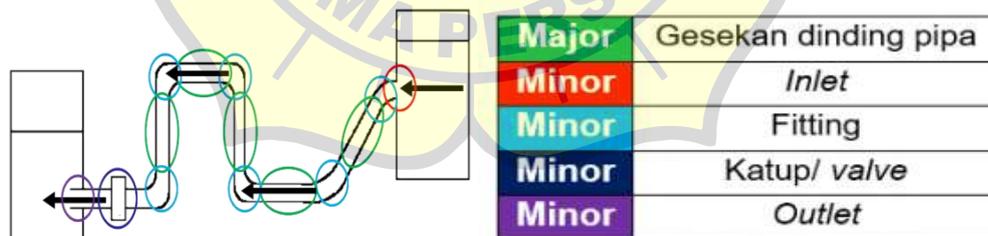
- a. Body Pipa
- b. Flange
- c. Elbow /Pipa yang membengkok
- d. House Connecting
- e. Dudukan pipa
- f. Flange flexible joint

Data Perhitungan untuk mengetahui diameter pipa ada beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah berdasarkan Petunjuk .

$$I = \frac{H1-H4}{L} \quad (2.10)$$

- I : Gradien Hidrolis
- H1 : Elevasi sumber air
- H2 : Elevasi titik akhir pipa transmisi di tambah 20 m
- L : Panjang jalur pipa transmisi utama

instalasi pipa air bertekanan pasti akan mengalami *head loss*. *Head loss* adalah penurunan tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa. *Head loss pada instalasi pipa* disebabkan oleh beberapa hal, secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu *major head loss* dan *minor head loss*. *Major head loss* disebabkan oleh gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa dan *minor head loss* disebabkan oleh beberapa hal antara lain, aliran masuk fluida ke dalam pipa (*inlet*), aliran keluar fluida dari pipa (*outlet*), sambungan pipa/ fitting atau sambungan pipa tanpa fitting/ *butt fusion*, dan yang terakhir katup/ *valve*. Dibawah ini merupakan gambar yang menjelaskan tentang posisi terjadinya *head loss* pada sebuah instalasi perpipaan.



**Gambar 2.11** *head loss* pada sebuah instalasi perpipaan

*Major head loss* dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan dari Hazen-Williams yang dapat dilihat dibawah ini.

$$hf = \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85}} \times L \quad (2.11)$$

Dengan keterangan:

- hf = Kehilangan tekanan/ head loss (m)
- C = Koefisien pipa (Pipa PVC, PE, PPR = 150)
- Q = Debit air (lt/s)
- d = Diameter pipa (mm)
- L = Panjang instalasi pipa (m)

menentukan besarnya *minor head loss* dapat dihitung dengan persamaan

Darcy-Wisbach sebagai berikut :

$$hf = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.12)$$

Dengan keterangan:

- hf = Kehilangan tekanan/ head loss (m)
- k = Besarnya minor head loss
- v = Kecepatan aliran (m/s)
- g = Gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

untuk menentukan besarnya tekanan yang hilang dapat dihitung dengan rumus persamaan dibawah ini :

$$p = 0,0981 \times hf \times g \quad (2.13)$$

Dengan keterangan:

- p = Tekanan (bar)
- hf = Kehilangan tekanan/ headloss (m)
- g = Gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>)