

BAB II

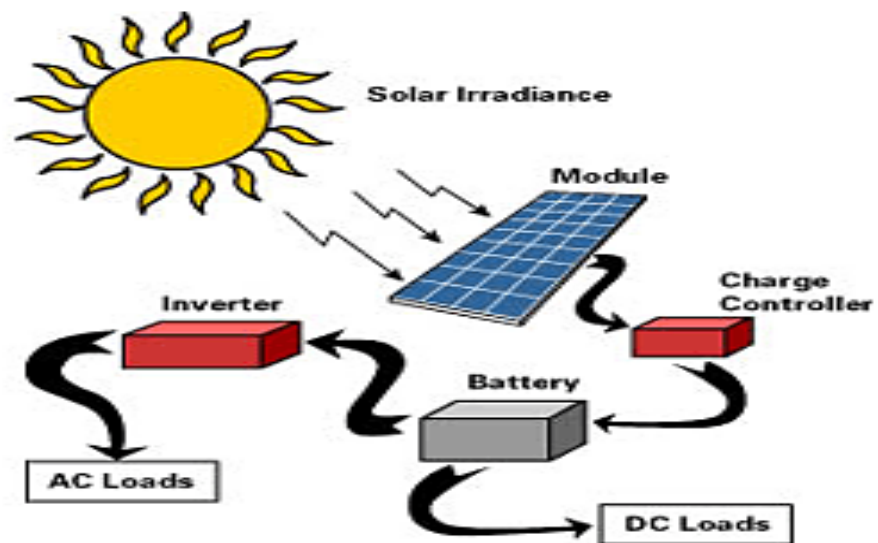
PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Pendekatan pemecahan masalah yang akan diulas dalam proyek akhir ini adalah bagaimana membuat dan merancang prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) agar bisa berjalan dengan benar. Sebelum membuat Pembangkit Listrik Tenaga Surya kita harus tahu bagaimana prinsip kerja dan perangkat tambahan apa saja yang terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya itu sendiri. Kemudian ada beberapa perhitungan dan pembahasan hasil pengambilan data percobaan yang nantinya akan kita bandingkan dengan teori yang telah didapat.

A. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Hal tersebut menjadi salah satu keuntungan Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang menerima banyak cahaya matahari. Dengan keuntungan tersebut Indonesia dapat memanfaatkan sumber energi matahari / surya sebagai pengganti sumber energi konvensional menggunakan teknologi panel surya atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Santhiarsa, I.N.I.W., 2005).

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkit listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *potovoltaic* ataupun dengan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek foto elektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari kesatu titik untuk menggerakkan mesin kalor.



Gambar 2.1 Skema PLTS

(Sumber : <https://tenagamatahari.wordpress.com>)

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron – elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh

panel surya berbeda – beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang terdapat atau dipasang didalam panel surya.

Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi – kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*). Dalam hal ini adalah baterai. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian *solar charge controller*, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi baterai otomatis (*Automatic charger*).

Fungsi dari *solar charge controller* ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai secara otomatis. Selain itu *solar charge controller* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke baterai secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari baterai ke beban bila terjadi hubung singkat ataupun beban yang berlebihan. Tipe *solar charge controller* yang dirancang disini adalah tipe modifikasi atau gabungan antara seri dan paralel.

Panel surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian *solar charge controller* ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga tidak akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu *solar charge controller* ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak.

Hubungan baterai dengan beban adalah dihubungkan paralel langsung ke beban. Jika baterai tersebut telah terisi dengan penuh. Untuk melindungi baterai akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubung singkat pada beban, maka sebelum baterai dihubungkan langsung harus melewati rangkaian proteksi. Dimana fungsinya sudah cukup jelas, yaitu untuk memproteksi ataupun melindungi baterai akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubung singkat pada beban.

Jika kita menginginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik / modul elektronik yang bernama Inverter *DC – AC*. Dimana Inverter *DC – AC* berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak – balik (AC). Setelah arus listrik searah diubah menjadi arus listrik bolak – balik, selanjutnya keluaran dari inverter ini yang telah berupa arus bolak – balik ini dapat langsung digunakan untuk mencatu peralatan listrik dan elektronika yang membutuhkan arus bolak-balik.

Besarnya tegangan dan daya keluaran yang dapat dihubungkan ke beban nantinya harus sesuai dengan kemampuan inverter yang dipakai dan besarnya sistem penyimpanan yang digunakan (besarnya *ampere hour* (AH) atau ampere / jam dari baterai).

B. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

1. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel-sel surya yang digabung dan dihubungkan secara seri dan paralel tergantung ukuran atau kapasitas. Panel surya berfungsi merubah cahaya matahari menjadi listrik. Bentuk moduler dari panel surya memberikan kemudahan pemenuhan kebutuhan pemenuhan listrik untuk berbagai skala kebutuhan.



Gambar 2.2 Panel Surya

Sebuah panel surya berfungsi sebagai media untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Konversi ini berdasarkan pada fenomena efek *photovoltaic*. Untuk mengetahui unjuk kerja dari

panel surya perlu diperhatikan pada karakteristiknya. Menurut Sujit Kumar Jha (2013), karakteristik dari panel surya adalah sebagai berikut :

$$I = I_{sc} \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) - I_L$$

dengan :

I_L = Arus konstan yang dihasilkan oleh cahaya datang (A)

I_{sc} = Arus keluaran panel surya ketika rangkaian luarnya terhubung singkat (A)

k = Konstanta Boltzmann ($8,617 \times 10^{-5}$ eV/K)

q = Muatan Listrik (C)

V = Tegangan keluaran (V)

Sedangkan karakteristik tegangan keluaran (V_{oc}) pada saat $I=0$ dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_{sc}} + 1 \right)$$

Secara teoritis besarnya daya yang dihasilkan adalah :

$$P_{th} = V_{oc} I_{sc}$$

dengan V_{oc} tegan rangkaian terbuka (*open circuid*) dan I_{sc} arus singkat (*short circuit*) sedangkan daya keluaran maksimumnya adalah :

$$P_{mp} = V_{mp} I_{mp}$$

V_{mp} = Tegangan dari daya keluaran maksimum

I_{mp} = Arus dari daya keluaran maksimum

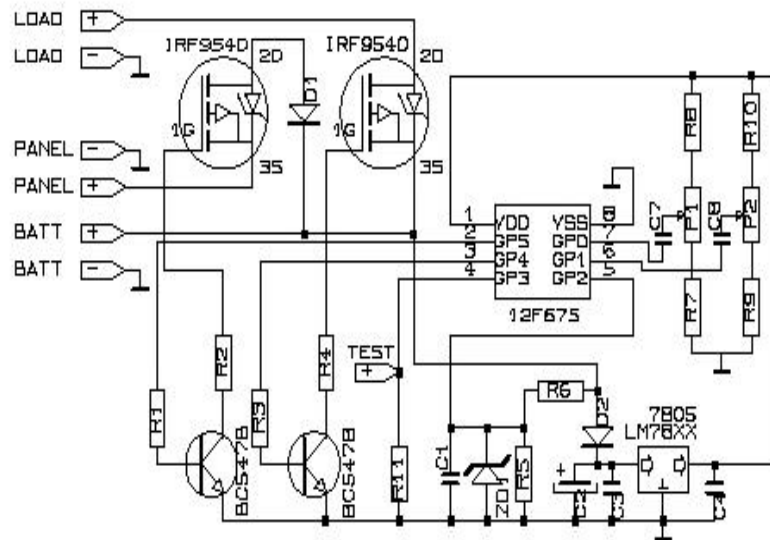
2. *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah alat elektronik pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengatur energi listrik dari panel surya ke batera / aki (apabila baterai / aki sudah penuh maka listrik dari panel surya tidak akan mengisi dan sebaliknya).



Gambar 2.3 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller menggunakan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya untuk yang 50wp memiliki tegangan *max output* 17,5 Volt. Jadi tanpa *Solar Charge Controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Dibawah ini adalah gambar rangkaian sederhana *Solar Charge Controller* (Jepersen, S., 2014).



Gambar 2.4 Rangkaian Sederhana *Solar Charge Controller*
(Sumber : <https://gambarrangkaiancontroller.wordpress.com>)

Adapun fungsi dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut.

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *over charge*, dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersuplai dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban / peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik.
2. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *controller* berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi voltase tertentu (umumnya sekitar 10% sisa voltase di baterai) , maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah

kerusakan pada sel – sel baterai. Pada kebanyakan model *controller*, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna merah atau kuning) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses *charging*. Dalam kondisi ini, bila sisa arus di baterai kosong (dibawah 10%), maka pengambilan arus listrik dari baterai akan diputus oleh *controller*, maka peralatan listrik / beban tidak dapat beroperasi.

3. Pada *controller*, tipe–tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem PLTS dapat terdeteksi dengan baik.

Pada rangkaian ini terdapat beberapa mode *charging mode*. Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging*:

1. Fase *bulk* : baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (*bulk* – antara 13.4 – 14.8 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.
2. Fase *absorption* : pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

3. Fase *float* : baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.4 – 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / *solar cell* pada *stage* ini.

3. *Accumulator* / Aki

Accumulator merupakan alat atau media untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya (Solar Panel) sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampu penerangan atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik.

Pada Gambar 2.5 *Accumulator* atau biasa disebut sebagai aki adalah alat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia dan dapat digunakan lagi dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik.



Gambar 2.5 *Accumulator* / Aki

Bagian *accumulator* salah satunya adalah elemen sekunder berupa sel yang berperan sebagai media pengubah sumber arus listrik searah dari

energi kimia menjadi listrik. Elemen elektrokimia mempengaruhi zat pereaksinya. Kutub positif dari *accumulator* menggunakan lempeng oksida sedangkan kutub negatif menggunakan lempeng timbale, untuk *accumulator* tipe basah larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat. Ketika terjadi proses penggunaan listrik dari *accumulator* terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan anode (reduksi) dan katode (oksidasi) sampai tidak ada beda potensial, artinya *accumulator* menjadi kosong energi listrik. Pengisian energi listrik pada *accumulator* dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke arah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan aki itu yang akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan muatan listrik dinyatakan dalam AH (*Ampere Hour*). *Accumulator* memiliki efisiensi tertentu sehingga tidak mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan (rendemen).

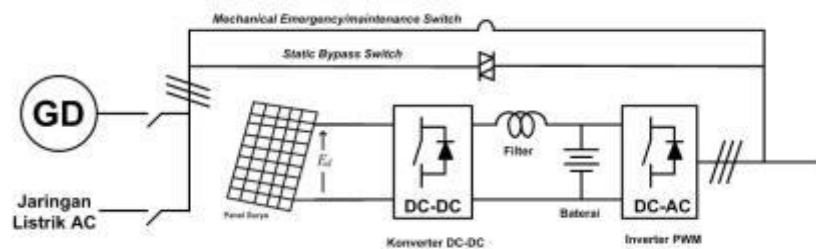
4. Inverter

Inverter adalah salah satu komponen penting catu daya yang berfungsi mengubah sumber tegangan masukan DC ke bentuk sumber tegangan keluaran AC. Inverter ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Inverter

Secara definisi, rangkaian inverter ideal adalah inverter yang tidak menghasilkan riak di sisi masukannya dan menghasilkan sinyal *sinusoidal* murni di sisi keluarannya, baik yang terkontrol arus/tegangan, terkontrol frekuensi, ataupun terkontrol kedua-duanya. Secara umum rangkaian inverter biasanya digunakan dalam aplikasi pengendali kecepatan motor AC, *variable - frequency, drives*, ataupun digunakan sebagai rangkaian *rectifier - inverter*.



Gambar 2.7 Aplikasi Inverter Pembangkit Hbria PV dan GD
(Sumber : <https://indone5ia.wordpress.com/2011/09/23/rangkaian-elektronika-daya-inverter-mengubah-tegangan-dc-ac/>)

Ada banyak topologi inverter saat ini bergantung pada jumlah fasa tegangan keluarannya (1-fasa, 3-fasa, dll), metoda pengaturan sinyal kontrol tegangan keluaran (*pulse width modulation* (PWM), *pulse amplitude modulation* (PAM), gelombang persegi), menurut level tegangan keluaran. Untuk menghasilkan tegangan AC adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan saklar pada tiap lengan inverter sehingga mampu menghasilkan level tegangan keluaran positif dan negatif yang berulang dengan frekuensi tertentu (Sirizar, Shilahudin, 2011).

C. Prinsip Kerja PLTS

Dalam cahaya matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip *photoelectric*. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari material semikonduktor; yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Sel surya ini mudah pecah dan berkarat jika terkena air. Karena itu sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel ukuran tertentu yang dilapisi plastic atau kaca bening yang kedap air. Panel ini dikenal sebagai panel surya.

Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam baterai. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC). Rangkaian panel-panel surya dapat didesain secara seri atau paralel, untuk memperoleh output tegangan dan arus yang diinginkan. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut inverter. Kemudian arus yang diperoleh dari inverter dapat menyuplai beban AC.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menghasilkan energi listrik dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sel silikon (di dalam solar cells atau sel surya) yang ada di panel surya (solar panel) disinari matahari/surya, membuat proton bergerak menuju *electron* dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sebuah *solar cells* menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih

36 sel surya (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya bisa merusak baterai dikarenakan tegangannya tinggi maka dari itu dibutuhkan alat bernama *solar charge controller*. Tegangan yang dihasilkan dari panel surya juga berupa listrik DC maka dari itu dibutuhkan media baterai sebagai penyimpan listrik DC kemudian alat *inverter* sebagai perubah tegangan DC menjadi tegangan AC.

D. Pompa Air Bertenaga Surya

Sebagaimana namanya, pompa air berfungsi menyedot air dari dalam tanah dan digerakkan dengan tenaga surya. Secara fisik, fungsi maupun instalasi pompa air ini tidak berbeda dengan pompa air biasanya. Hanya saja, perbedaan mencolok ada pada panel surya yang menggenapi sistem pompa air sebagai sumber listrik yang menggerakkan pompa. Konsep dari pompa air bertenaga surya ini diperuntukkan untuk daerah yang terisolir aliran listrik maupun untuk menghemat penggunaan listrik PLN.

Cara kerja pompa air bertenaga surya ini jika pompa air yang dipakai adalah DC maka bisa digunakan langsung dari baterai yang diisi oleh panel surya karena panel surya itu sendiri outputnya DC, tetapi jika pompa airnya AC maka perlu rangkaian inverter (mengubah arus DC ke AC).