

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Efek Photovoltaic

Efek Photovoltaic merupakan fenomena fisika dimana energi cahaya datang, yang mengenai permukaan sel surya akan diubah menjadi energi listrik. Arus listrik dapat timbul, karena energi foton cahaya datang berhasil membebaskan elektron - elektron dalam sambungan semikonduktor tipe n dan tipe p untuk dapat mengalir.

Pelat sel silikon dalam tugas ini merupakan panel surya yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Energi cahaya yang datang mengenai permukaan sel silikon diteruskan ke semikonduktor tipe n dan ke tipe p secara berturut - turut. Foton cahaya datang memberikan energi untuk elektron bergerak dari sambungan semikonduktor ke arah semikonduktor tipe n dan hole bergerak dari sambungan ke arah semikonduktor tipe p. Pergerakan elektron yang telah mendapat cukup energi dari foton datang akan menghasilkan arus listrik. Jika suatu beban, misalkan lampu, dihubungkan antara kedua jenis semikonduktor tersebut, maka arus pergerakan elektron akan menyalakan lampu tersebut. Dengan demikian, energi foton dari cahaya datang berhasil mengeksitasi elektron sehingga bebas untuk bergerak mengalirkan arus listrik.

1. Level Fermi : tingkat energi tertinggi yang diisi oleh elektron pada suhu mutlak 0 Kelvin.
2. Level donor : tingkat energi tertinggi yang diisi oleh elektron pada suhu mutlak 0 Kelvin pada semikonduktor tipe n. Level donor terletak sedikit di bawah pita konduksi, dan nilainya lebih besar dari setengah celah energi, atau secara matematis dapat ditulis $E_d > \frac{1}{2} E_g$, dimana E_d = Energi level donor dan E_g = celah energi/ energy gap. Artinya, kelebihan elektron semikonduktor jenis n pada level donor membutuhkan sedikit energi tambahan saja untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga lebih mudah melepaskan elektron daripada menerima elektron, maka dari itu disebut level donor atau level pemberi (elektron) .

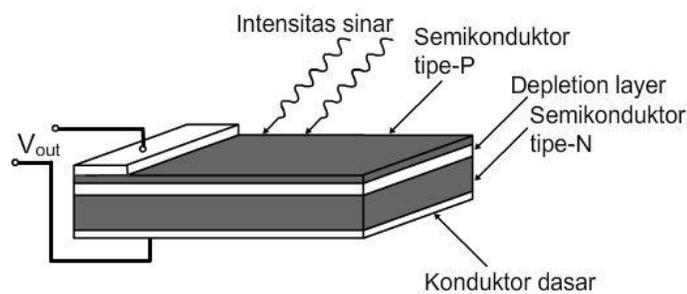
3. Level akseptor : tingkat energi tertinggi yang diisi oleh elektron pada suhu mutlak 0 Kelvin pada semikonduktor tipe p, level akseptor letaknya sedikit di atas pita valensi, dan nilainya lebih kecil dari separuh celah energi, atau secara matematis dapat ditulis $E_d < \frac{1}{2} E_g$. Artinya, kelebihan hole semikonduktor jenis p pada level akseptor membutuhkan energi yang cukup besar untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, bahkan lebih mudah menerima elektron daripada melepaskan elektron, maka dari itu disebut level akseptor atau level penerima (elektron) .
4. Pita valensi : tingkat energi yang diisi oleh elektron valensi (elektron pada kulit terluar atom) . Referensi tentang pita energi dalam fisika zat padat, dapat didownload melalui link ini! Tunggu sebentar saja, lalu klik SKIP AD. Silakan save file dalam format pdf.
5. Lobang (hole) : pembawa muatan positif dalam semikonduktor. Hole (lubang) dalam semikonduktor merupakan zarah semu yang bermuatan positif. Hole pada dasarnya merupakan kekosongan elektron pada ikatan kovalen dalam kristal bahan semikonduktor. Ketiadaan elektron atau lubang ini dianggap sebagai partikel khayal yang bermuatan positif. Secara riil, elektron yang mudah bergerak bebas, lalu akan mengisi hole yang ada.

2.1.1 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.



Gambar 2. 1 Panel Surya



Gambar 2. 2 Penampang *solar cell*

Sumber : [https:// m-edukasi-kemdibud.go.id](https://m-edukasi-kemdibud.go.id)

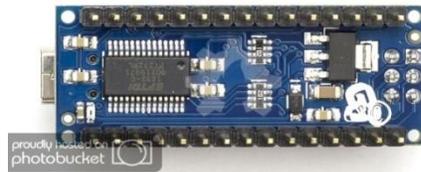
Depletion layer adalah pertemuan antara substrat tipe P dan substrat tipe N. Prinsip kerja: Bila cahaya jatuh pada solar cell, depletion layer akan berkurang dan elektron berpindah melalui hubungan “pn”. Besarnya arus yang mengalir sebanding dengan perpindahan elektron yang ditentukan intensitas cahayanya.

2.2 Arduino NANO

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3. x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2. x) . Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini - B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 2. 3 Arduino Nano tampak depan



Gambar 2. 4 Arduino Nano tampak belakang

Sumber : <https://djukarna4arduino.wordpress.com>

Ruang Lingkup Bahasan Arduino Nano

- Skema dan Desain
- Spesifikasi
- Sumber Daya
- Pemetaan Pin
- Memory
- Input dan Output
- Komunikasi
- Pemrograman
- Reset (Software) Otomatis

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino NANO

Mikrokontroler	Atmel ATmega168 atau ATmega328
Operasitegangan	5Volt
Input tegangan	disarankan 7 - 12Volt
Input teganganbatas	6 - 20Volt
Pin I/ O digital	14 (6 pin digunakansebagai output PWM)
Pin Analog	8
Arus DC tiap pin I/ O	40mA
Memori flash	16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB diguna
SRAM	1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 byte (ATmega168) atau 1KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 MHz
Ukuran	1, 85cm x 4, 3cm

2.3 Sensor

Pengertian Sensor adalah transduser yang berfungsi untuk mengolah variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnetis, dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik. Sensor sendiri adalah komponen penting pada berbagai peralatan. Sensor juga berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi dan juga untuk mengetahui magnitude. Transduser sendiri memiliki arti mengubah, resapan dari bahasa latin traducere Bentuk perubahan yang dimaksud adalah kemampuan merubah suatu energi ke dalam bentuk energi lain. Energi yang diolah bertujuan untuk menunjang dari pada kinerja

piranti yang menggunakan sensor itu sendiri. Sensor sendiri sering digunakan dalam proses pendeteksi untuk proses pengukuran. Sensor yang sering menjadi digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya atau sinar, sensor suhu, serta sensor tekanan. Dari pengertian sensor diatas wajar jika alat tersebut menjadi alat yang diminati berbagai bidang fotografi, arsitektur. Sensor cahaya pada fotografi digunakan sebagai pecahayaan pada foto supaya mendapatkan hasil foto yang bagus. Sensor cahaya mendeteksi cahaya dan mengubahnya menjadi daya atau sinyal listrik. Dengan pengertian sensor beserta kinerja dari sensor tekanan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa sensor memiliki banyak andil pada berbagai teknologi.

2.3.1 Karakteristik sensor intensitas cahaya sel surya

Modul sensor intensitas cahaya sel surya adalah sensor cahaya analog yang memiliki keluaran sinyal berupa level tegangan dan arus, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor ini memiliki prinsip yang sama dengan sensor lain seperti foto diode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog. Sensor intensitas cahaya adalah bagian terpenting dalam rangkain alat ukur intensitas cahaya ini.

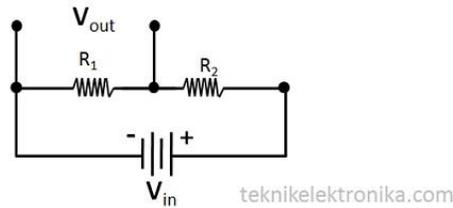
2.3.2 Voltage Divider/ Pembagi Tegangan

Voltage Divider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan ini di rangkaian elektronika adalah untuk membagi tegangan input menjadi satu atau beberapa tegangan output yang diperlukan oleh Komponen lainnya didalam Rangkaian. Hanya dengan menggunakan dua buah Resistor atau lebih dan tegangan input, kita telah mampu membuat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang sederhana.

Pengetahuan pembagi tegangan atau voltage divider ini sangat penting dan merupakan rangkaian dasar yang harus dimengerti oleh setiap engineer ataupun para penghobi Elektronika. Terdapat dua bagian penting dalam merancang pembagi tegangan yaitu rangkaian dan persamaan pembagi pegangan. Pada dasarnya, Rangkaian Pembagi Tegangan terdiri dari dua buah resistor yang dirangkai secara

Seri. Berikut ini adalah rangkaian sederhana sebuah pembagi tegangan atau Voltage Divider.

Rangkaian Sederhana Pembagi Tegangan (Voltage Divider)



Gambar 2. 5 Rangkaian pembagi tegangan

Sumber : <https://teknikelektronika.com>

Aturan Pembagi Tegangan sangat sederhana, yaitu Tegangan Input dibagi secara proporsional sesuai dengan nilai resistansi dua resistor yang dirangkai Seri.

$$V_{out} = V_{in} \times (R_2 / (R_1 + R_2))$$

2.4 Driver Motor

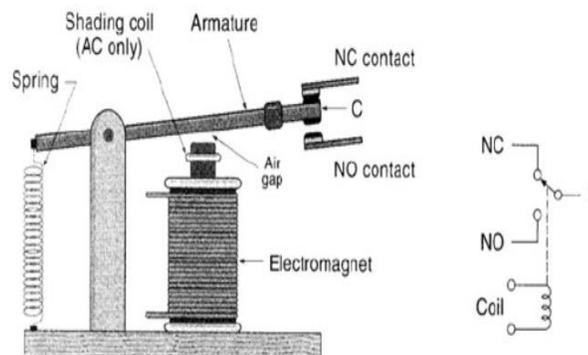
Rangkaian *driver* motor yang digunakan dalam Alat Pembersih *Sel Surya* ini menggunakan *relay* 5volt untuk mengaktifkan koilnya dan mengalirkan tegangan 12volt yang berfungsi sebagai *switching* pengubah arah putaran motor. *Relay* adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada *solenoid* sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka, *Relay* biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/ tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/ tegangan yang kecil (misalnya 0. 1 ampere 12 Volt DC) . *Relay* yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. 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. Konfigurasi dari kontak - kontak *relay* ada dua jenis, yaitu:

1. *Normally Open (NO)* , Kontak *normally open* berada dalam kondisi membuka ketika koil tidak dialiri arus listrik dan akan menutup jika koil dialiri arus listrik.
2. *Normally Close (NC)* , Kontak *normally close* berada dalam keadaan menutup ketika koil tidak dialiri arus listrik dan akan membuka jika koil dialiri arus listrik.

Penggunaan *relay* perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan *relay* menswitch arus/ tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada body *relay*. Misalnya *relay* 5VDC/ 1 A 28VDC, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 5Volt DC dan mampu men - switch arus listrik (maksimal) sebesar 1 ampere pada tegangan maksimal 28VDC.

Relay terdiri dari koil dan kontak. Koil adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang kontak adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik pada koil. Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari *relay*, ketika koil mendapat energi listrik (*energized*) , akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan kontak akan menutup yang dapat dilihat pada gambar 2.6

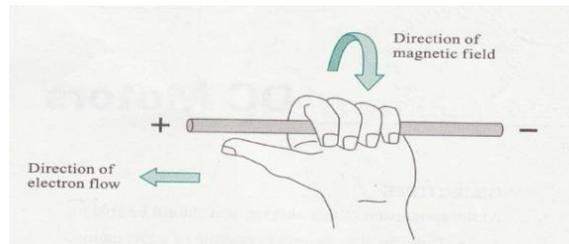


Gambar 2.6 Gambar Prinsip kerja relay

Sumber : <https://belajarfotografibanyuwangi.wordpress.com>

2.5 Motor DC

Motor DC atau Motor Arus Searah adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Terdapat 2 (dua) prinsip dasar yang melatarbelakangi kerja motor DC. Yang pertama yaitu adanya aliran arus yang melewati sebuah konduktor atau penghantar. Dimana, akan timbul medan magnet mengelilingi penghantar tersebut. Arah garis gaya magnet (*fluks magnet*) ini sesuai kaidah tangan kiri yang ditunjukkan.



Gambar 2. 7 Kaidah tangan kiri

Sumber : <http://metrapendidikan.com>

Pada gambar 2. 7 Ibu jari menandakan arah arus elektron yang mengalir dan jari - jarimenunjukkan arah dari garis gaya magnet (*f luks*) yang mengelilingi penghantar. Gambar 1. Kaidah tangan kiri Yang kedua adalah gaya pada penghantar bergerak dalam medan magnet. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar, dan panjang penghantar. Gaya tersebut sering disebut gaya Lorentz. Sesuai dengan rumus:

$$F = B \times I \times l \text{ (Newton)}$$

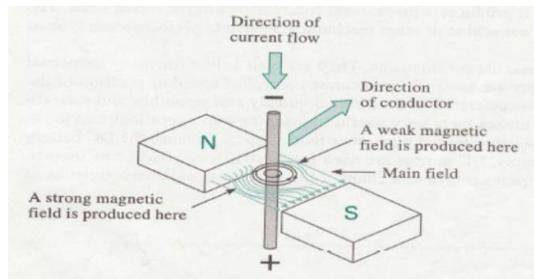
Dimana:

F = Gaya pada kumparan (Newton)

B = Kuat medan magnet (Tesla)

Arah dari garis gaya magnet tergantung dari arah arus yang mengalir pada kumparan dan arah dari garis - garis fluks magnet antara dua kutub. Sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2. 8 Medan magnet mengembang diantara dua kutub dari magnet permanen atau induksi elektromagnet. Ketika penghantar berarus ditempatkan

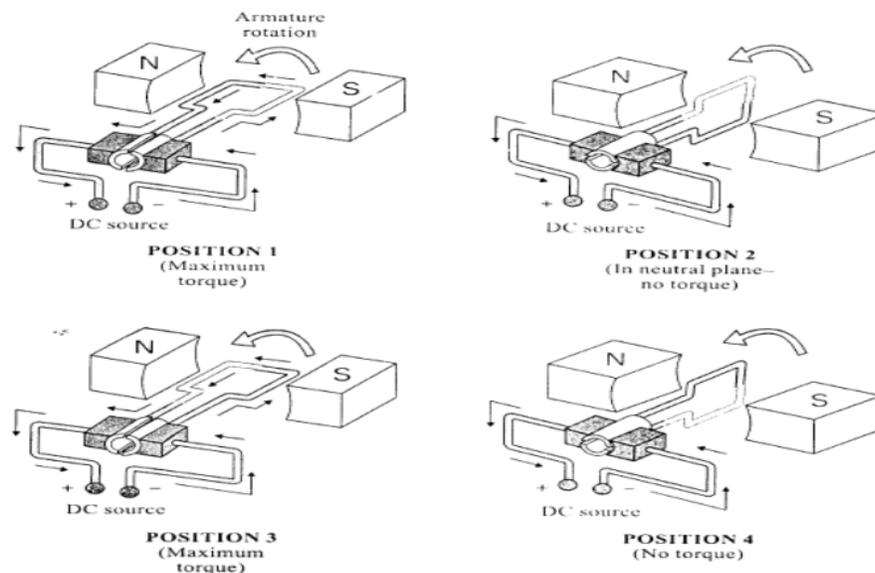
diantara dua kutub magnet, maka menghasilkan pembengkokan garis gaya. Sehingga, di satu sisi memusatkan kedua medan magnet menimbulkan medan magnet yang kuat dan disisi lain berlawanan menimbulkan medan magnet yang lemah. Garis gaya magnet yang kuat cenderung lurus keluar dan menekan kearah garis gaya magnet yang lemah, dan menyebabkan penghantar tersebut berputar berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2. 8 Interaksi penghantar berarus diantara medan magnet

Sumber : <http://muthiaicsani.wordpress.com>

2.5.1 Prinsip kerja motor DC



Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Motor DC

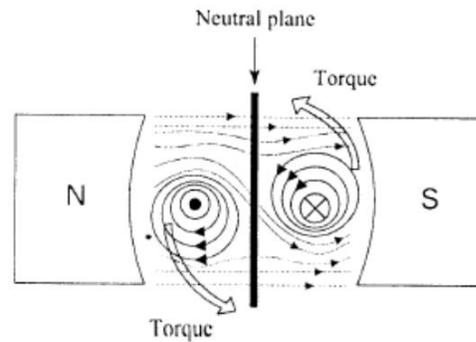
Sumber : <https://teknikelektronika.com>

Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan dc, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2. 8 menjelaskan prinsip kerja motor dc magnet permanent.

1. Pada posisi 1 arus mengalir dari sikat negatif menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaman menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi 4 jangkar pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.
4. Jangkar berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus - menerus.

2.5.2 Putaran motor DC

Motor DC magnet permanent dapat berputar apabila ada arus yang mengalir pada kumparan jangkar sehingga menimbulkan *fluks* jangkar. *fluks* jangkar tersebut berinteraksi dengan fluks magnet utama yang menghasilkan gaya untuk memutar jangkar (torsi) . Arah dari putaran jangkar tersebut tergantung dari arah arus electron yang mengalir pada kumparan jangkar. Poros motor dc dapat berputar searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Untuk menentukan arah putaran motor diperlihatkan pada gambar 4 tanda (x) menunjukkan arah arus elektron yang menjauhi kita dan tanda (•) menunjukkan arah arus electron yang mendekati kita. Tanda panah besar menunjukkan arah putaran jangkar yang berlawanan arah jarum jam. Ketika posisi jangkar berada tegak lurus dengan fluks magnet utama, tidak ada reaksi medan magnet antara fluks jangkar dengan fluks magnet utama. Karena moment inersia, putaran jangkar terus berlanjut.



Gambar 2. 10 Proses interaksi jangkar

Sumber : <http://motorlistrikanton.blogspot.com>

Sedangkan untuk putaran motor dc searah jarum jam, arah arus elektron dibalik dengan cara mengubah *polaritas* sumber tegangan atau mengubah kutub pada ujung kumparan jangkar.

2.6 Contoller charger solar cell

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur over charging (kelebihan pengisian – karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/ solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya/ solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt, Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over - charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di - charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- Monitoring temperatur baterai

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge 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 batere. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar 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) . Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya/ solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikrohidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata - rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.



Gambar 2. 11 Solar charge controller

Sumber : <https://images.app.goo.gl>

2.7 Baterai (Aki 12v 7Ah)

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektro kimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) , dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Fungsi Baterai atau aki pada solar sel berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke semua komponen komponen listrik pada rumah.



Gambar 2. 12 Baterai (Aki 12v 7Ah)

Sumber : <http://www.upsmurah.com/baterai-yuasa-np12-12v12ah>