

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid merupakan perpaduan variatif pada penggunaan 2 sumber atau lebih tenaga listrik dengan menggunakan energi terbarukan, dimana nantinya kedua sumber tersebut itu akan terhubung satu sama lain dalam menjalankan suatu sistem pembangkit listrik. Integrasi sumber energi angin dan solar cell untuk pembangkit listrik sangat penting untuk mereduksi pencemaran lingkungan yang disebabkan polutan CO.^[1]

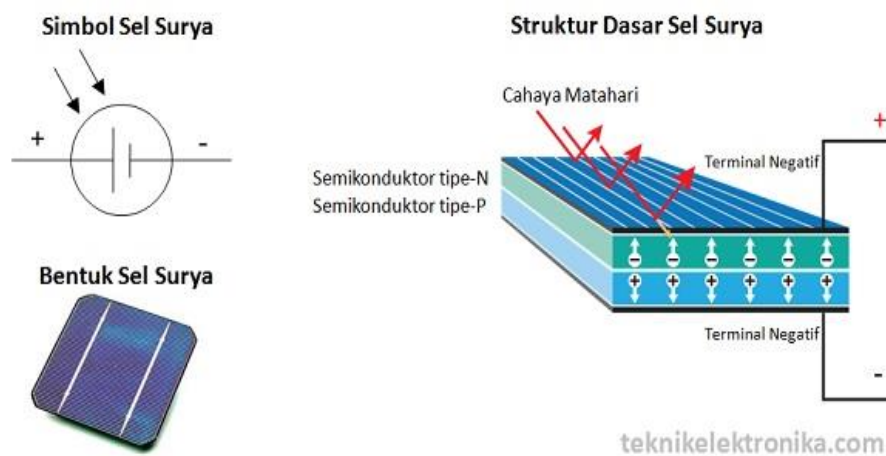
Sebagai contoh, Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) banyak dipakai dipesisir pantai dengan memadukan beberapa sumber energi baru dan terbarukan, seperti; energi angin, energi matahari, dan pikohidro. Pembangkit listrik hybrid dalam sistem penggabungan sumber pembangkit listrik mempunyai model penggabungan sumber pembangkit. Model pembangkit listrik hybrid dengan kombinasi sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) dengan yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*).

2.2 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.^[2] Saat ini, perangkat sel surya banyak digunakan untuk berbagai kegunaan. Mulai dari sumber listrik untuk lampu jalan, mainan, pengisi baterai dan pembangkit listrik.

Arus listrik pada sel surya 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 diode 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. [3].

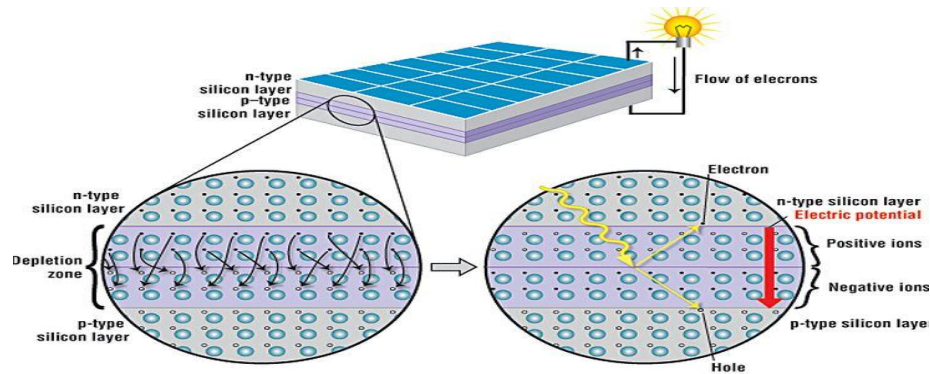


Gambar 2. 1 Panel surya

Sumber : <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>

2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel sinar matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon sel surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+). [3]



Gambar 2. 2 Prinsip kerja panel surya

Sumber : <https://www.kompas.com/cara-kerja-panel-listrik-tenaga-surya>

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). Pada 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. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.[3]

2.2.2 Jenis Jenis Panel Surya

1. *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kira-kira hampir sama seperti pembuatan keripik singkong. Satu singkong diiris tipis-tipis, untuk menghasilkan kepingan-kepingan keripik yang siap digoreng. Itu singkong yang mudah diiris tipis-tipis, beda dengan kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. [4]



Gambar 2. 3 Panel surya *monocrystalline*

Sumber : <https://www.sanspower.com/harga-panel-surya-polycrystalline-dan-monocrystalline.html>

Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. [4]

Kelemahan sel surya jenis monocrystalline, cahaya matahari harus memiliki kadar terang yang tinggi. Jika cuaca mendung atau berawan monocrystalline tidak dapat menyerap energi matahari secara maksimal dan efisiensi panel menurun. namun untuk efisiensi tetap lebih baik dibanding jenis panel surya yang lain.

2. *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang

sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah di banding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.[4] Sama seperti panel surya yang lain, *polycrystalline silicon* juga memiliki kelemahan atau kekurangan. *Polycrystalline silicon* tidak cocok dengan wilayah atau area yang memiliki curah hujan tinggi.

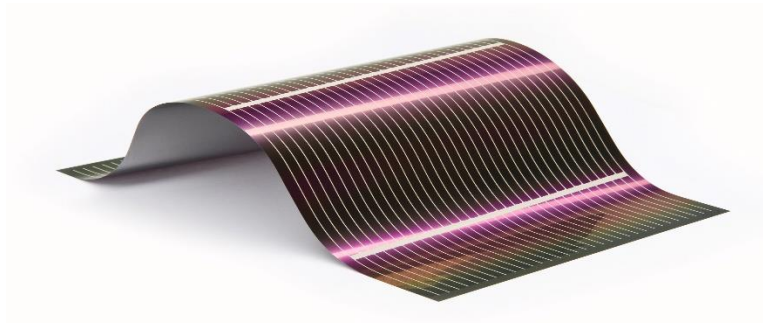


Gambar 2. 4 solar panel *polycrystalline*

Sumber : <https://www.amp-solar.com/am100/en>

3. *Thin Film Solar Cell* (TFSC)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).[4]

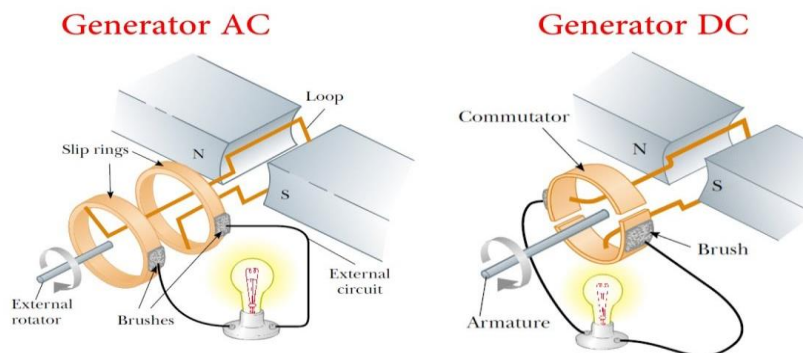


Gambar 2. 5 Thin Film Solar Cell

Sumber : <https://materialdistrict.com/article/innovation-thin-film-solar-cells-at-mx2016/>

2.3 Generator Angin

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik.[5]



Gambar 2. 6 Generator DC

Jumlah energi yang ditransferkan angin ke rotor tergantung pada berat jenis angin, luasan rotor dan kecepatan angin. Berdasarkan hukum newton II tentang gerak, sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mempunyai energi kinetik sebesar: $E_k = 0.5 m V^2$ dengan : E_k = daya kinetik angin (watt); m = massa udara (kg); ρ = berat jenis udara (kg/m^3) A = luasan udara (m^2); v = kecepatan angin (m/s) Energi kinetik angin sebanding dengan berat jenis udara (massa per volume). Semakin besar berat jenis udara, makin besar energi yang dikandungnya. Berat jenis udara pada tekanan normal, suhu 150 C adalah sebesar 1.225 kg/m^3 berat jenis dipengaruhi oleh tekanan udara, suhu, kelembaban dan ketinggian. Berat jenis akan turun jika, kelembapan naik, suhu naik, tekanan turun dan semakin tinggi lokasi. Kecepatan angin merupakan komponen yang sangat menentukan terhadap energi yang akan dihasilkan. Berdasarkan persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa besar energi angin yang melewati suatu luasan A akan sebanding dengan pangkat tiga kecepatan angin (m/s). Jika kecepatan angin dikalikan dua, maka energi yang dikandungnya akan menjadi delapan kali energi semula ($2^3 = 8$). Perbedaan suhu di permukaan bumi di

karenakan penyinaran matahari ke bumi dan peredaran bumi terhadap matahari. Oleh karena itu adanya angin pada suatu wilayah tergantung perbedaan suhu, sehingga dapat dikatakan secara periodik angin di suatu wilayah dibangkitkan kembali selama ada perbedaan suhu oleh penyinaran matahari. Atas dasar hal tersebut angin dapat di katakan sebagai sumber daya energi terbarukan.[6]

2.4 Piko hidro

Pembangkit listrik skala micro atau pico pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air . Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik

Berdasarkan output yang dihasilkan, Pembangkit Listrik Tenaga Air dibedakan menjadi :

- a) Large-hydro : lebih dari 100 MW
- b) Medium-hydro : antara 15 – 100 MW
- c) small-hydro : antara 1- 15 MW
- d) Mini-hydro : daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
- e) Micro-hydro : antara 5 kW – 100 kW
- f) Pico-hydro : daya yang dikeluarkan kurang dari 5 kW

Pembangkit listrik tenaga air piko merupakan pembangkit listrik yang dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW dan dapat digolongkan sebagai pembangkit listrik skala kecil.

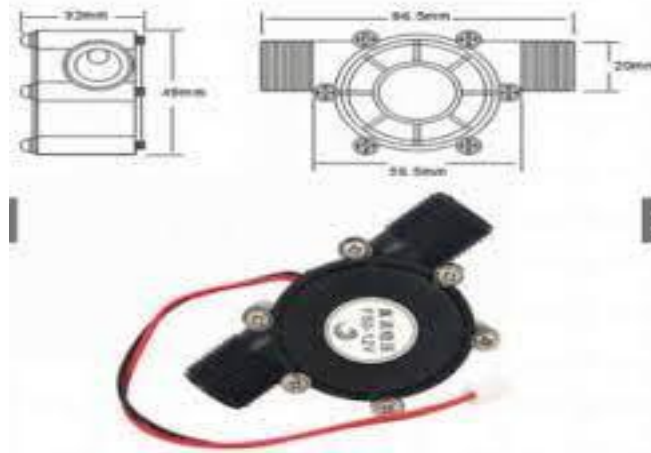
Pembangkit listrik tenaga air pico memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Biaya produksi relatif murah.
2. Bahan mudah ditemukan di pasaran.
3. Pengembangannya dapat digabungkan dengan pembangunan jaringan irigasi. Perkembangan teknologinya masih tergolong kecil, sehingga cocok untuk penggunaan jangka panjang.
4. Tidak ribet perawatannya dan dapat digunakan dalam waktu yang lama.
5. Ramah lingkungan dengan tidak menggunakan bahan bakar fosil.

6. Ukurannya yang kecil cocok untuk digunakan di daerah pedesaan yang belum tersedia jaringan PLN.

2.4.1 Turbin Generator Air

Turbin sekaligus generator yang akan digunakan memiliki diameter 56.5 mm dengan panjang 86 mm, dengan diameter masuknya air sebesar 20 mm, memiliki output maksimal 12V dan tekanan air 0.05 Mpa. Dikarenakan keluaran yang hanya 12V maka perlu modul step up supaya bisa untuk mencharger baterai/aki. Namun turbin generator ini juga bisa menghidupkan lampu led tanpa melalui proses step up terlebih dahulu.[7]



Gambar 2. 7 Mini turbin generator

2.5 Charge Controller

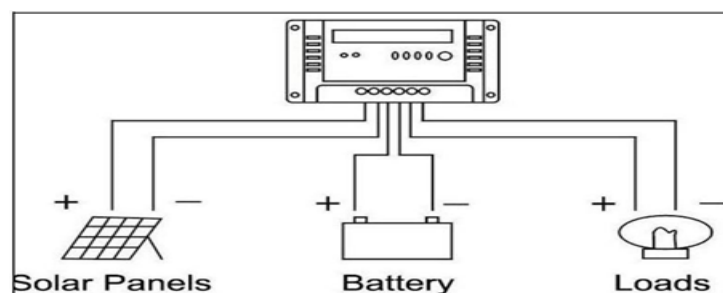
Charge controller merupakan suatu peralatan elektronika yang juga merupakan salah satu komponen bagian dari sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang mempunyai fungsi untuk mengatur proses pengisian aki dan juga sebagai tempat terhubungnya sumber, akumulator, dan beban. Alat ini mampu mengontrol proses pengisian energi listrik yang masuk ke akumulator dari sumber, dan memiliki fungsi untuk mencegah kelebihan pengisian (*overcharging*) yang dapat mengurangi umur penggunaan akumulator dan mencegah terjadinya kegagalan dalam penggunaan. Tegangan sumber DC yang diperoleh dari sel surya dan generator DC nilainya bervariasi tergantung kondisi

alam sekitar, sehingga kontroler ini berfungsi untuk mengatur tegangan tersebut untuk melakukan proses pengisian ke akumulator dan menjaga akumulator, agar proses pengisian tidak melewati batas toleransi daya yang mampu disimpan, untuk mencegah kerusakan pada akumulator dan menjaga umur pemakaian agar lebih tahan lama. Alat ini juga mencegah arus balik yang dapat mengalir kembali ke sumber, karena apabila sumber dalam kondisi tidak mensuplai, sumber dapat bertindak sebagai beban pada kondisi tersebut, sehingga penggunaan daya akumulator dapat dikonsumsi dengan maksimal. Pengontrolan ini merupakan fungsi dasar dari sebuah *charge controller*. [8]

2.6 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah alat yang digunakan untuk penguat tegangan yang dihasilkan dari *solar cell* panel menjadi stabil, selain sebagai penguat tegangan *solar charge controller* juga mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur *overcharging* dan kelebihan voltase dari *solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. [9].

Solar Charge Controller menerapkan *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pelepasan arus dari baterai ke beban. Pada *solar cell* 12 Volt memiliki tegangan output 16 - 21 Volt yang biasanya di-charge pada tegangan 14 – 14,7 Volt. Jika tanpa *solar charge controller*, baterai akan cepat rusak karena over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Apabila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari *solar cell* akan berhenti. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan yang sudah ditentukan, kemudian apabila level tegangan turun, maka baterai akan diisi kembali.



Gambar 2. 8 Struktur Solar Charge Controller [10]

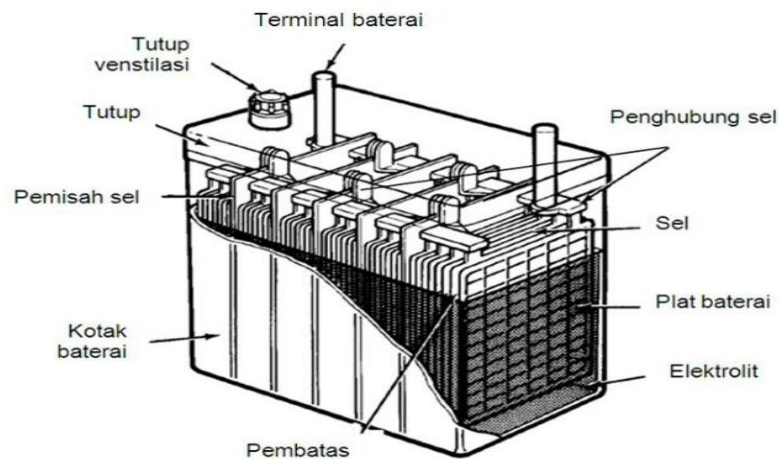
2.6.1 Prinsip kerja *Solar Charge Controller*

Prinsip kerja *Solar Charge Controller* terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Mode *operation*, Pada mode ini apabila *over-discharge* atau *over-load*, maka baterai akan dilepaskan dari beban, hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan dari baterai.
2. Mode *Charging*, pada mode ini baterai diisi dan dijaga ketika baterai sudah mulai penuh. Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode three stage charging yaitu : [11]
 - Fase bulk : baterai akan di cas sesuai dengan tegangan setup (bulk – antara 14.4 sampai 14.6 volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
 - 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 pada kapasitas baterai.
 - Fase float : baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.2 sampai 13.5 volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya.

2.7 Aki (Baterai)

Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator (sebagai aki atau accu) hanya dimengerti sebagai "baterai" mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, di dalam standar internasional setiap satu cell akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt. Sehingga aki 12 volt, memiliki 6 cell sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell. Aki merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. secara sederhana aki merupakan sel yang terdiri dari elektrode Pb sebagai anode dan PbO₂ sebagai katode dengan elektrolit H₂SO₄. [2].



Gambar 2. 9 Bagaian – bagian baterai

Sumber : <https://www.otospeedcar.com/2018/04/komponen-baterai-beserta-fungsinya.html>

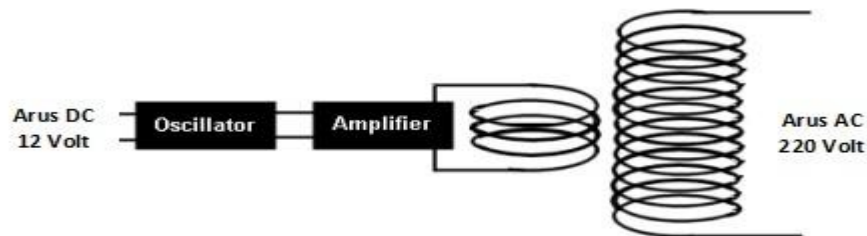
Sebuah baterai terdiri dari dua bahan elektroda atau konduktor tak sejenis yang dicelupkan didalam larutan elektrolit yang mampu menghantarkan arus listrik. Masing masing elektroda akan bermuatan positif dan negatif yang memiliki ujung menonjol sebagai terminal positif dan negative. Kedua ujung terminal akan dihungkan dengan kawat tembaga sehingga arus listrik akan mengalir melalui kawat dari terminal positif ke negatif. Beda potensial atau antar terminal tergantung pada bahan elektroda dan elektrolit dan diukur dalam volt. Dalam penggunaannya, terdapat baterai yang dapat di isi ulang (baterai primer) dan tidak dapat di isi ulang (baterai sekunder).

Karena baterai merupakan komponen penting dalam merancang solar panel sebagai cadangan daya maka perlu diperhatikan nilai total beban harian, kapasitas panel surya, dan lama penggunaan baterai.

- Rumus nilai total beban harian :
Total beban harian = Daya x lama pemakaian
- Menghitung kapasitas panel surya :
Kapasitas panel surya = (total beban harian/ waktu optimal + jenis kapasitas panel surya WP)
- Menghitung lama penggunaan baterai yang digunakan :
Waktu = (tegangan baterai (A) x kapasitas baterai (Ah)) / total beban harian

2.8 Inverter

Inverter termasuk rangkaian elektronika daya yang biasanya berfungsi untuk melakukan konversi atau mengubah tegangan DC (searah) menjadi tegangan AC (bolak-balik). Inverter Sebenarnya adalah kebalikan dari converter atau yang lebih dikenal dengan adaptor yang memiliki fungsi mengubah tegangan AC (bolak-balik) menjadi tegangan DC (searah). Seperti yang kita ketahui, saat ini telah ada beberapa topologi inverter yang tersedia, dimulai dari jenis inverter yang memiliki fungsi hanya dapat menghasilkan tegangan bolak balik saja atau push pull inverter hingga inverter dengan kemampuan hasil tegangan sinus murni tanpa efek harmonisasi. [12].

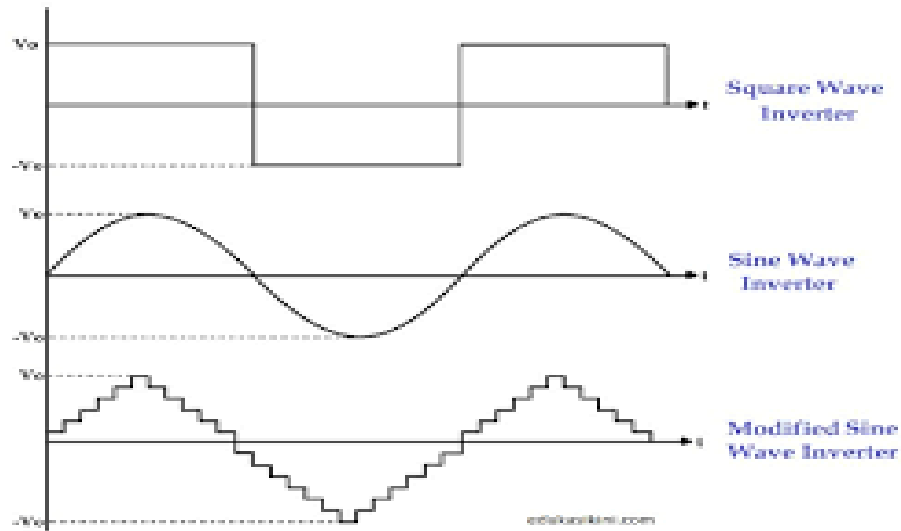


Gambar 2. 10 cara kerja inverter

Sumber : <https://panduanteknisi.com/pengertian-dan-cara-kerja-inverter.html>

Berdasarkan jenis gelombang yang dihasilkan inverter dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. *Square sine wave inverter* : pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk kotak yang simetri terhadap tanah (ground). Bentuk ini sangat tidak cocok untuk beban yang bersifat induktif semisal mesin – mesin listrik. [13]
2. *Modified sine wave inverter* : pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk kotak yang telah dimodifikasi, dimana antara bagian tegangan kotak positif dan negative diberi jeda waktu tertentu. Bentuk luaran ini sudah bisa digunakan pada beban induktif / kumparan tetapi dengan kerugian daya yang besar. [13].
3. *Pure sine wave inverter* : Pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk Sinusoida murni seperti yang dihasilkan oleh tegangan jala-jala PLN.[13]

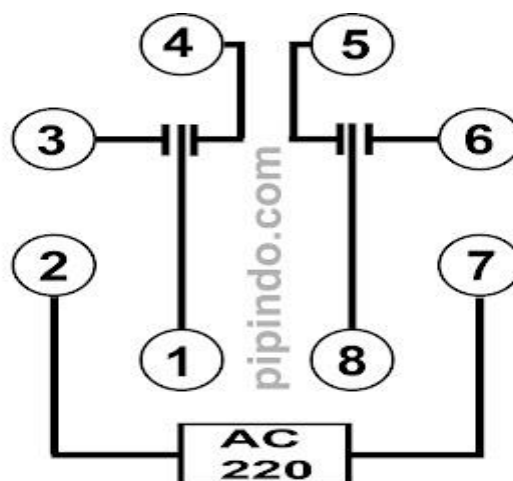


Gambar 2. 11 Gelombang keluaran inverter

Sumber : <https://www.edukasikini.com/2021/09/17-jenis-inverter-penjelasan-serta.html>

2.9 Relay MK2P

Relay adalah Saklar (*Switch*) dioperasikan menggunakan listrik dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch. Relay bekerja secara elektromagnetik, relay akan bekerja jika di aliri listrik pada dua titik angka yang diprioritaskan, koil akan menarik sesuai sistem cara kerja relay itu sendiri, dari sinilah relay dapat dimanfaatkan sebagai komponen kontrol bantu dalam instalasi listrik dan panel.



Gambar 2. 12 Relay MK2P

Sumber : <https://www.pipindo.com/cara-kerja-relay-omron-8-kaki-220v-dan/>

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Pada saat dialiri arus listrik Relay akan dapat menarik koil apabila pin 2 dan 7 disambung dengan listrik 220v, pin angka 2 netral dan pin angka 7 phase. Saat itu juga magnet relay akan membuka pin angka 3 dan 6 yang artinya dalam kondisi NO (*Normally Open*) artinya kontak terbuka pada saat relay normal atau koil di aliri listrik. Sumber arah NO (*Normally Open*) yang dapat digunakan adalah pin angka 1 – 3 dan 8 – 6. Pada kondisi Relay ON pin 4 dan 5 akan tertutup total tanpa ada aliran listrik sama sekali.

Dan pada saat tidak dialiri arus listrik pin utama 2 dan 7 terputus dan membuat koil relay melepas magnet elektromagnetik, kondisi inilah kontak bantu dapat bekerja dalam kondisi NC (*Normally Close*) yang artinya kontak terbuka pada saat relay OFF atau koil tidak teraliri listrik. Kontak NC (*Normally Close*) akan terbuka pin angka 4 dan 5, sumber arah aliran arus dapat kita sambungkan pada pin 1 dan 8, angka 1 – 4 dan 8 – 5.

2.10 LVD (*Low Voltage Disconnect*)

LVD digunakan sebagai penentu kapan suplai listrik akan berpindah dari PLTS ke PLN atau sebaliknya dengan cara mengatur nilai tegangan baterai melalui dua tombol yang berada pada LVD. Disamping itu, LVD juga difungsikan sebagai proteksi agar proses pengurusan baterai atau depth of discharge (DOD) dapat diatur atau tidak dikuras sampai dengan 100 %. Agar LVD dapat bekerja, maka diperlukan suplai listrik DC yang dapat diambil dari baterai atau dari terminal input inverter.[14] Sedangkan output LVD akan dihubungkan dengan koil relay DC MK2P. Pada Rancangan ini LVD diatur pada nilai tegangan baterai sebesar 11,5 Volt atau setara 50 %, dan akan kembali reconnect pada 13 volt.



Gambar 2. 13 LVD (*Low Voltage Disconnect*)

2.11 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) atau display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD merupakan lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan pisan 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. [11]



Gambar 2. 8 Tampilan LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

Sumber : <https://microcontrollerslab.com/16x2-lcd-pinout-working-examples-programmingapplications/>

Table 2.1 Fungsi pin LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

Pin no	Symbol	Keterangan fungsi
1	VSS (Ground)	Ground
2	VDD/VCC	PowerSupply (+5V)
3	VE	Pengatur kecerahan
4	RS (Register Select)	HIGH untuk mengirim data LOW untuk mengirim instruksi
5	R/W (Read/Write)	1 = Read, 0 = Write
6	EN	Enable
7-14	DP0 – DP7	Data
15	LED Positif	Positif layar
16	LED Negative	Negative layar

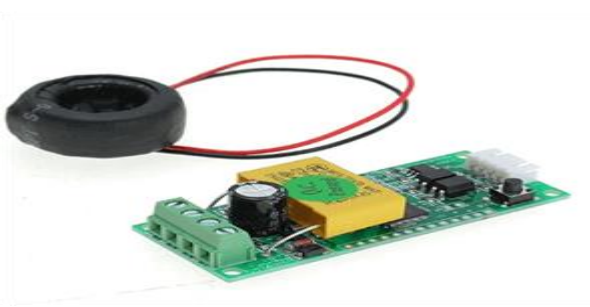
2.12 I2C (Inter Integrated Circuit)

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara PC dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada PC Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer

data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master. Sinyal *Start* merupakan sinyal untuk memulai semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari "1" menjadi "0" pada saat SCL "1". Sinyal *Stop* merupakan sinyal untuk mengakhiri semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari "0" menjadi "1" pada saat SCL "1". [12].

2.13 PZEM-004T

PZEM-004T adalah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan rms, arus rms, daya, frekuensi, energi, dan juga faktor daya dengan dihubungkan melalui mikrokontroler maupun perangkat serial seperti komputer. Modul PZEM-004T diproduksi oleh perusahaan bernama Peacefair dengan 2 jenis model, 10 ampere dan 100 ampere.[15] Interface TTL dari modul ini adalah interface pasif, membutuhkan catu daya eksternal 5V. ketika digunakan, keempat port harus terhubung (5V, RX, TX, GND) jika tidak maka tidak dapat berkomunikasi.



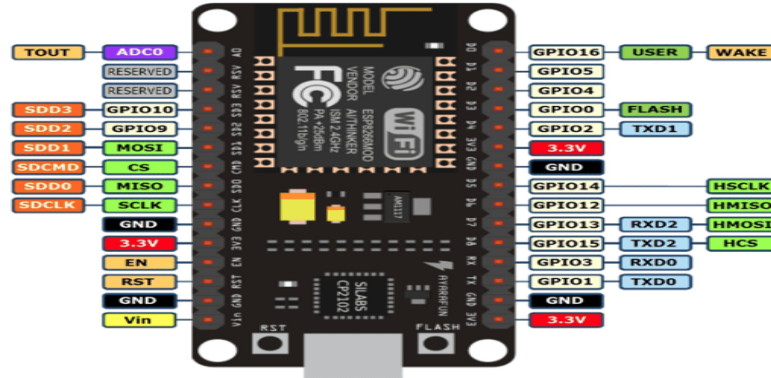
Gambar 2. 14 Sensor PZEM-004T

Sumber : <https://mikroavr.com/sensor-pzem-004t-arduino/>

2.14 NodeMcu 8266

NodeMCU adalah sebuah board elektronik yang berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi). Terdapat beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun controlling pada proyek IOT. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram dengan compiler-nya Arduino, menggunakan Arduino IDE. Bentuk fisik dari NodeMCU ESP 8266, terdapat port USB (mini USB) sehingga akan memudahkan dalam pemrogramannya. NodeMCU ESP8266 merupakan modul turunan pengembangan dari modul platform IoT (Internet of Things)

keluarga ESP8266 tipe ESP-12. Secara fungsi modul ini hampir menyerupai dengan platform modul arduino, tetapi yang membedakan yaitu dikhususkan untuk “Connected to Internet“. [13].



Gambar 2. 15 Pin out NodeMcu 8266

Sumber : <https://www.nyebarilimu.com/apa-itu-module-nodemcu-esp8266/>

2.15 Internet Of Things (IoT)

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. *Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. atau sebuah rumah cerdas yang dapat dimanage lewat smartphone dengan bantuan koneksi internet. pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa.[14]

Sekarang *Internet of Things* ini banyak menjadi digunakan di Indonesia, mulai dari pertanian, peternakan, dan infrastruktur menggunakan teknologi *Internet of Things* yang menjadikan pekerjaan lebih cepat dan efisien.

2.16 Blynk

Blynk adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk mengontrol atau memonitoring sebuah mikrokontroller melalui jaringan internet. Blynk merupakan *open data platform* dan *application programming interface* (API) untuk IOT yang memungkinkan pengguna mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualkan dan bertindak atas pembacaan data sensor dan aktuator. Blynk sebagai platform iOS dan Android yang digunakan untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, esp8266, nodeMCU Particle Photon and Core, Raspberry Pi, Electric Imp, Mobile and web apps, Twitter, Twilio, dan mikrokontroler lainnya menggunakan internet. Blynk merupakan digital dashboard dimana dapat membuat tampilan antarmuka untuk setiap project dengan mudah. Gambar Blynk tidak terikat pada board tertentu karena blynk dapat digunakan pada banyak perangkat keras



Gambar 2. 16 Tampilan pada *Blynk*

Sumber : <https://docs.blynk.io/en/>