



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Terbaru dan Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang bersumber dari alam dan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu jutaan tahun layaknya energi berbasis fosil. Sumber alam yang dimaksud dapat berasal dari matahari, panas bumi (*geothermal*), angin, air (*hydropower*) dan berbagai bentuk dari biomassa. Sumber energi tersebut tidak dapat habis dan dapat terus. Selain dapat dipulihkan kembali, energi terbarukan diyakini lebih bersih (ramah lingkungan), aman, dan terjangkau masyarakat. Penggunaan energi terbarukan lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi pencemaran lingkungan dan kerusakan lingkungan di banding energi non-terbarukan.

Jenis sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang dimiliki Indonesia cukup banyak. Jika dikelola dan dimanfaatkan dengan baik diyakini dapat menggantikan energi fosil.

2.1.1 Panas bumi

Energi panas bumi berasal dari peluruhan radioaktif di pusat Bumi, yang membuat Bumi panas dari dalam, serta dari panas matahari yang membuat panas permukaan bumi. Ada tiga cara pemanfaatan panas bumi:

1. Sebagai tenaga pembangkit listrik dan digunakan dalam bentuk listrik
2. Sebagai sumber panas yang dimanfaatkan secara langsung menggunakan pipa ke perut bumi
3. Sebagai pompa panas yang dipompa langsung dari perut bumi

Panas bumi adalah suatu bentuk energi panas atau energi termal yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi. Energi panas adalah energi yang menentukan temperatur suatu benda. Energi panas bumi berasal dari energi hasil pembentukan planet (20%) dan peluruhan radioaktif dari mineral (80%). Gradien panas bumi, yang didefinisikan dengan perbedaan temperatur



antara inti bumi dan permukaannya, mengendalikan konduksi yang terus menerus terjadi dalam bentuk energi panas dari inti ke permukaan bumi.



Gambar 2.1 Panas Bumi

2.1.2 Air



Gambar 2.2 Energi Air

Sumber : <https://elektro-trunoyo.blogspot.com/2015/04/macam-macam-energi-tebarukan.html>

Energi air digunakan karena memiliki massa dan mampu mengalir. Air memiliki massa jenis 800 kali dibandingkan udara. Bahkan gerakan air yang lambat mampu diubah ke dalam bentuk energi lain. Turbin air didesain untuk mendapatkan energi dari berbagai jenis reservoir, yang diperhitungkan dari jumlah massa air, ketinggian, hingga kecepatan air. Energi air dimanfaatkan dalam bentuk:

1. Bendungan pembangkit listrik yang terbesar adalah *Three Gorges dam* di China.
2. Mikrohidro yang dibangun untuk membangkitkan listrik hingga 100 kilowatt. Umumnya dipakai di daerah terpencil yang memiliki banyak sumber air.



3. *Run-of-the-river* yang dibangun dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliran air tanpa membutuhkan reservoir air yang besar.

2.1.3 Angin

Perbedaan temperatur di dua tempat yang berbeda menghasilkan tekanan udara yang berbeda, sehingga menghasilkan angin. Angin adalah gerakan materi (udara) dan telah diketahui sejak lama mampu menggerakkan turbin. Turbin angin dimanfaatkan untuk menghasilkan energi kinetik maupun energi listrik. Energi yang tersedia dari angin adalah fungsi dari kecepatan angin; ketika kecepatan angin meningkat, maka energi keluarannya juga meningkat hingga ke batas maksimum energi yang mampu dihasilkan turbin tersebut. Wilayah dengan angin yang lebih kuat dan konstan seperti lepas pantai dan dataran tinggi, biasanya diutamakan untuk dibangun "ladang angin."



Gambar 2.3 Angin

Sumber : <https://elektro-trunojoyo.blogspot.com/2015/04/macam-macam-energi-tebarukan.html>

2.1.4 Matahari

Karena kebanyakan energi terbarui berasal adalah "energi surya" istilah ini sedikit membingungkan. Namun yang dimaksud di sini adalah energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari.

Tenaga surya dapat digunakan untuk:

1. Menghasilkan listrik menggunakan sel surya
2. Menghasilkan listrik Menggunakan menara surya
3. Memanaskan gedung secara langsung
4. Memanaskan gedung melalui pompa panas



Tentu saja matahari tidak memberikan energi yang konstan untuk setiap titik di bumi, sehingga penggunaannya terbatas. Sel surya sering digunakan untuk mengisi daya baterai, di siang hari dan daya dari baterai tersebut digunakan di malam hari ketika cahaya matahari tidak tersedia.



Gambar 2.4 Matahari

Sumber : <https://elektro-trunojoyo.blogspot.com/2015/04/macam-macam-energi-tebarukan.html>

2.1.5 Biomassa



Gambar 2.5 Biomassa

Sumber : <https://elektro-trunojoyo.blogspot.com/2015/04/macam-macam-energi-tebarukan.html>

Tumbuhan biasanya menggunakan fotosintesis untuk menyimpan tenaga surya, udara, dan CO₂. Bahan bakar bio (*biofuel*) adalah bahan bakar yang diperoleh dari biomassa - organisme atau produk dari metabolisme hewan, seperti kotoran dari sapi dan sebagainya. Ini juga merupakan salah satu sumber energi terbarui. Biasanya biomassa dibakar untuk melepaskan energi kimia yang tersimpan di dalamnya, pengecualian ketika biofuel digunakan untuk bahan



bakar fuel cell (misal *direct methanol fuel cell* dan *direct ethanol fuel cell*). Biomassa dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar atau untuk memproduksi bahan bakar jenis lain seperti biodiesel, bioetanol, atau biogas tergantung sumbernya. Biomassa berbentuk biodiesel, bioetanol, dan biogas dapat dibakar dalam mesin pembakaran dalam atau pendidih secara langsung dengan kondisi tertentu.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sumber energy surya yang mengubah energi menjadi energi listrik. Pembangkit listrik bisa dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung dengan menggunakan photovoltaic dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya.

2.2.2 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Komponen-komponen yang diperlukan untuk instalasi listrik tenaga surya, terdiri dari:

1. Panel Surya/Solar Panel



Gambar 2.6 Panel Surya

Sumber: <http://solarsuryaindonesia.com/wp-content/uploads/2012/04/Sharp-ND-T130T1J-288x288.jpg>

Panel Surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas 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

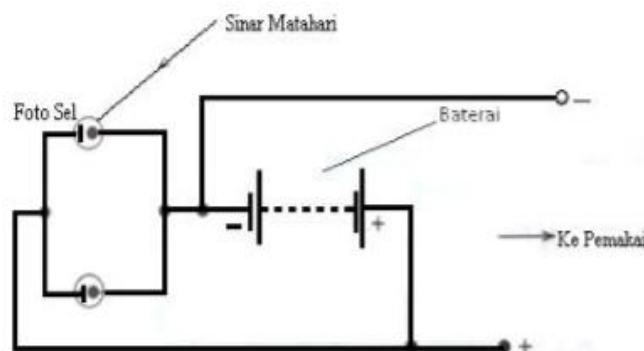


menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Panel Surya biasanya memiliki umur 20-25 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi yang semakin canggih, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Karena peralatan rumah saat ini berjalan di *alternating current* (AC), panel surya harus memiliki *power inverter* yang mengubah arus *direct current* (DC) dari sel surya menjadi *alternating current* (AC).

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal.

Pada prinsipnya, pembangkit listrik tenaga surya terdiri dari sekelompok foto sel yang mengubah sinar matahari menjadi gaya gerak listrik (ggl) untuk mengisi baterai aki (B). Dari baterai aki (B) energi listrik dialirkan ke pemakai. Pada waktu banyak sinar matahari (siang hari), baterai aki (B) diisi oleh foto sel. Tetapi pada saat malam hari, foto sel tidak menghasilkan energi listrik, maka energi listrik diambil dari baterai aki (B) tersebut. ^[1]



Gambar 2.7 Foto sel dan baterai aki (B) sebagai sumber listrik ^[2]

^{1,2} Marsudi, Djiteng.2005.*Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. Hal : 132



a) Teori Muatan Listrik

Dalam kenyataannya bahwa muatan listrik ini terdapat dua jenis muatan yang masing – masing muatan listrik positif dan muatan listrik negatif. Muatan listrik yang dimasukkan atau digosokkan ke dalam bahan isolator ini tidak dapat bergerak kemana mana akan tetapi muatan tersebut akan tetap tinggal pada tempat dimana ia digosokkan. Oleh karena itu muatan tersebut dinamakan muatan listrik elektro statis atau disebut listrik diam.

Selain itu, didalam bahan – bahan isolator, juga didalam bahan tersebut terdapat bahan pengalir atau logam yang dapat dimasukkan muatan listrik. Muatan tersebut tidak digosokkan seperti halnya dengan bahan isolator akan tetapi bilamana bahan pengalir tersebut diberikan sejumlah elektron yang tertentu banyaknya. Didalam kawat pengalir, elektron – elektron tadi akan bergerak keseluruhan permukaan secara merata. Oleh karena itu untuk mencegah agar elektron – elektron tadi tidak hilang atau lenyap begitu saja, maka bahan yang bermuatan elektron tadi harus diisolir terhadap bahan – bahan yang tidak bermuatan.

Dengan cara demikian terdapat juga muatan listrik elektro statis didalam bahan atau kawat pengalir. Dari uraian tersebut diatas diturunkan sebuah definisi antara lain sebagai berikut: Muatan listrik yang bermuatan sama saling tolak – menolak dan muatan listrik yang tidak bermuatan sama maka saling tarik – menarik.^[3]

b) Hubungan Sel Surya Secara Seri dan Pararel

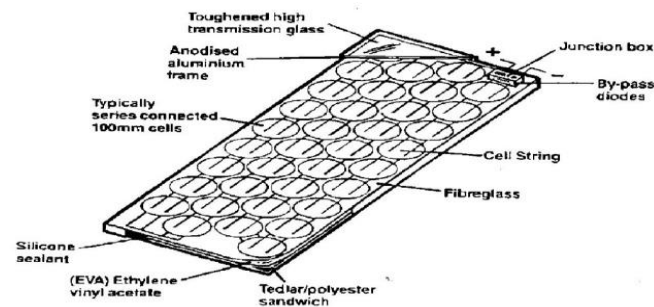
Pada umumnya modul surya mampu bertahan 20 hingga 25 tahun, khususnya untuk modul *mono-crystalline*. Modul tipe ini dirancang untuk masa operasi 30 tahun pada saat perancangan dengan acuan kondisi *lab-test*. Sel-sel silikon itu sendiri tidak mengalami kerusakan atau degradasi bahkan setelah puluhan tahun pemakaian.

Namun demikian, output modul akan mengalami penurunan dengan berjalannya waktu. Degradasi ini diakibatkan oleh dua faktor utama,

³Suryatmo, F. 2014. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal : 184-185



rusaknya lapisan atas sel (*ethylene vinyl acetate-EVA*) dan lapisan bawah (*polyvinyl fluoride film*) secara perlahan-lahan, serta kerusakan secara alami EVA yang terjadi secara bertahap di antara lapisan gelas dan sel-sel itu sendiri.^[4]



Gambar 2.8 Konfigurasi sebuah modul fotovoltaik.^[5]

Sel Fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dibungkus untuk membentuk sebuah kesatuan mekanik. Kesatuan seperti ini dinamakan sebuah modul fotovoltaik. Satu sel surya menghasilkan tegangan sebesar 0,45 Volt. Tegangan ini sangat rendah untuk dapat dimanfaatkan secara praktis, sehingga diperlukan sejumlah sel surya yang dihubungkan secara seri.

c) Perhitungan Energi Surya

Perhitungan energi surya dalam hal ini adalah daya dan efisiensi *solar cell* tersebut seperti dibawah ini:

➤ Daya

Untuk menghitung besarnya daya sesaat diperoleh dari hasil perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh solar cell dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (\text{II.1})$$

Dimana:

⁴ Permana, Iman. 2008. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Bandung: PPPPTK BMTI. Hal :37

⁵ Permana, Iman. 2008. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Bandung: PPPPTK BMTI. Hal : 37



- P = Daya (Watt)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)

➤ Efisiensi

Sedangkan untuk menghitung nilai efisiensi dari solar cell dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100\% \quad (\text{II.2})$$

$$P_{\text{input}} = I_r \times A \quad (\text{II.3})$$

$$P_{\text{output}} = V \times I \quad (\text{II.4})$$

Dimana:

- η = Efisiensi (%)
 P_{input} = Daya yang diterima pada solar cell (Watt)
 P_{output} = Daya yang keluar pada solar cell (Watt)
 I_r = Intensitas cahaya matahari (Watt/m²)
 A = Luas permukaan solar cell (m²)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)

Dimana untuk mencari nilai efisiensi dari sebuah *solar cell* diperoleh dari perbandingan daya input (daya yang diserap oleh *solar cell*) output (daya yang dihasilkan pada *solar cell*). Adapun radiasi cahaya matahari itu sendiri harus diubah menjadi energi listrik. Dibawah ini adalah satuan konversi:

$$1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen/m}$$

$$1 \text{ Lumen} = 0.0015 \text{ Watt}$$

Dari satuan konversi diatas maka dapat dicari berapa energi surya yang diterima oleh panel surya dari sinar matahari hanya mampu menghasilkan daya yang kecil dihasilkan dengan menghubungkan pararel. ^[6]

⁶ Maryadi, Agus. 2002. *Kajian Kondisi Permukaan Solar Cell Terhadap Energi listrik yang dihasilkan*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya



d) Jenis-jenis Sel Surya

Ber macam-macam teknologi telah diteliti oleh para ahli di dunia untuk merancang dan membuat sel *photovoltaic* yang lebih baik, murah, dan efisien diantaranya adalah :

➤ Generasi Pertama Kristal (*Single Crystal*)

Konfigurasi normal untuk sel *photovoltaic* terdiri *p-n Junction Mono* Kristal silikon material mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Efisiensi sel surya jenis *single kristal silikon* mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16% sampai dengan 17%.

➤ Generasi Kedua Kristal (*Polikristal*)

Material monokristal harga per kilogram masih mahal, untuk menurunkan harga material, dikembangkan material lain yang disebut *Polikristal*. Efisiensi modul *photovoltaic* polikristal yang komersial mencapai 12% sampai dengan 14%.^[7]

➤ Generasi Ketiga, EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon

Proses ini menumbuhkan *wafer monokristal* seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pita kapiler, dapat menghasilkan dengan lebar 5-10cm. Pada proses ini penumbuhan terjadi 5 m/menit dengan ketebalan 250-350 mikrometer, dengan efisiensi 13%.^[8]

➤ Generasi Keempat (*Thin Film*)

Generasi ke-empat lapisan tipis atau thin film, mempunyai ketebalan sekitar 10 mm di atas substrat kaca/*steel* (baja) atau disebut *advanced* sel fotovoltaik. Efisiensi sel *amorphous silicon* berkisar 6% sampai dengan 9%.^[9]

⁷ Permana, Iman. 2008. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Bandung: PPPPTK BMTI. Hal : 33

⁸ Permana, Iman. 2008. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Bandung: PPPPTK BMTI. Hal : 34

⁹ Permana, Iman. 2008. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Bandung: PPPPTK BMTI. Hal : 35



2. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller pada dasarnya berfungsi untuk mengatur pengisian (*charging*) dan pemakaian (*discharging*) listrik dari panel ke baterai, agar tidak *overload*. Pada saat baterai terisi penuh, alat pengatur akan memutuskan hubungan antara modul *photovoltaic* dan baterai, sedangkan pada saat baterai kosong, alat pengatur akan memutuskan hubungan antara baterai dengan beban.



Gambar 2.9 Solar Charge Controller

Sumber: <https://grabcad.com/library/solar-charger-controller-eprc10-st>

Solar Charge Controller memiliki karakteristik yaitu:

- a) Penurunan arus pengisian dari modul *photovoltaik*, yaitu membatasi tegangan agar tidak melampaui tegangan batas atas.
- b) Membatasi DOD (*Depth of discharge*) dengan pemutus arus otomatis kerangkaian beban, ketika tegangan baterai turun dibawah tegangan batas bawah.

Untuk menentukan nilai arus *Solar Charge Controller* yang dibutuhkan diperoleh dari hasil bagi antara daya modul surya yang digunakan dibagi dengan tegangan keluaran modul surya.

$$I_{SCC} = P_{module} / V_{Module} \quad (II.5)$$

Dimana:

I_{SCC} = Kapasitas arus pada *module* (Ampere)

P_{module} = Kapasitas daya modul surya (*Watt Peak*)



$V_{\text{Module}} = \text{Kapasitas tegangan modul surya (Volt)}^{[10]}$

3. Baterai atau Aki

Baterai merupakan sumber arus searah yang digunakan dalam pusat listrik. Baterai harus selalu diisi melalui penyearah (*rectifier*). Ada dua macam baterai yang dapat digunakan dipusat listrik, yaitu baterai asam dengan kutub timah hitam dan baterai basa yang menggunakan nikel kadium sebagai kutub. Baterai asam timah hitam menggunakan PbO_2 sebagai kutub positif dan sebagai kutub negatif adalah Pb .

Sedangkan sebagai elektrolit digunakan larutan asam sulfat H_2SO_4 . Baterai basa nikel kadmium menggunakan nikel hidroksida (NiOH) sebagai kutub positif dan kadmium (Cd) sebagai kutub negatif. Sedangkan sebagai elektrolit digunakan larutan kostik (KOH). Untuk daerah panas dengan suhu diatas 25°C , baterai asam timah hitam lebih cocok dari pada baterai basa nikel kadmium.



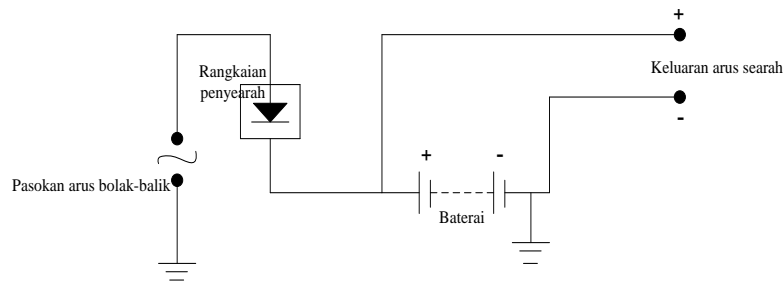
Gambar 2.10 Baterai / Aki

Sumber: Data Pribadi, 2019

Pemeliharaan baterai terutama meliputi :

- a) Pemantauan tegangan
- b) Berat jenis elektrolit
- c) Ventilasi ruangan

¹⁰ Modul No, ET-PLTS-S01-03. *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*. Diedit oleh Iman Permana. PPPPTK Bidang Mesin dan Teknik Industri. Edisi 1. Bandung. 2008. Hal : 40

Gambar 2.11 Rangkaian baterai atau aki^[11]

Istilah akkumulator atau *accu* ini berasal dari istilah asing “*Accumularem*” yang mempunyai arti mengumpulkan atau menyimpan. Dalam garis besarnya akkumulator itu bekerja sebagai berikut :

➤ Pengisian

Akkumulator ini diberikan tenaga listrik berasal dari arus searah. Didalam akkumulator, tenaga (energi listrik) ini mengerjakan proses-proses kimia, sehingga dapat dikatakan bahwa “Tenaga listrik dari luar diubah kembali menjadi tenaga kimia didalam akkumulator dan kemudian disimpan didalamnya”.

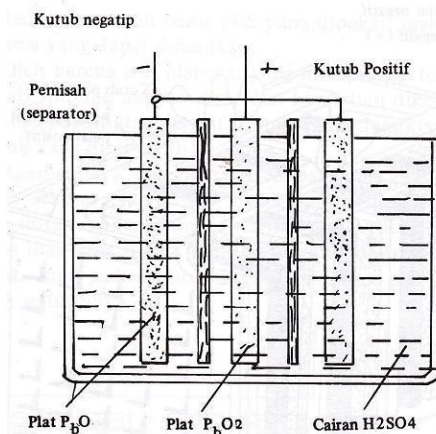
➤ Pengosongan (Pemakaian)

Kalau pada akumulator yang telah terisi dengan tenaga kimia dipasangkan suatu alat yang membutuhkan tenaga listrik maka terjadilah proses kimia didalam akkumulator yang menyebabkan “Tenaga kimia didalam akkumulator tadi diubah kembali menjadi tenaga listrik yang kemudian mengosongkan akkumulator”.

Dengan singkat dapat dikatakan bahwa cara kerja dari accumulator ini adalah sebagai berikut: Daya usaha listrik yang hendak kita simpan itu kita masukkan kedalam akumulator, dimana ia diubah menjadi daya usaha secara kimia. Jika seandainya nanti kita membutuhkan daya usaha listrik, kita pakai daya usaha secara kimia ini.^[12]

¹¹ Marsudi, Djiteng.2005.*Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. Hal : 30

¹² Suryatmo, F. 2014. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal : 162



Gambar 2.12 Susunan dan konstruksi akkumulator timah^[13]

Gambar diatas menunjukkan suatu susunan akkumulator yang terdiri dari sebuah bak gelas atau ebonit yang didalamnya terisi oleh cairan asam belerang (H_2SO_4) sedikit-dikitnya dimasukkan 3 buah pelat yang terbuat dari *oxida Plumbuis* (PO). Didalam susunan yang terdapat pada gambar 2.8 bahwa pelat yang berada ditengah-tengah separator itu akan menjadi pelat positif terbuat dari *Oxida Plumbuis* sedangkan untuk kutub negatifnya terbuat dari plumbum (Pb).

Perhatikan pada kutub negatif (terbuat dari Pb) ini didalam baknya disambung menjadi satu yang kemudian 2 kutub ini dikeluarkan diatas bak ebonit diaman masing-masing bekerja sebagai kutub positif dan kutub negatif. Jika terdapat lebih dari pada tiga pelat, pelat-pelat tersebut harus disusun sedemikian rupa sehingga satu pelat positif selalu diapit oleh pelat negatif. Besarnya kuat arus yang dapat dihasilkan oleh sebuah akkumulator tergantung dari luasnya pelat yang dipergunakan.

Pada akkumulator terdiri atas sel-sel yang mempunyai tegangan kira-kira 2 volt untuk masing-masing sel. Ketika pengisian dilakukan, tegangan pada ukuran 14-14,8 volt harus dipertahankan. Terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air aki untuk masing-masing sel. Bila permukaan

¹³ Suryatmo, F. 2014. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal : 45



air akkumulator di bawah level minimum akan merusak fungsi sel aki. Jika air aki melebihi level maksimum, mengakibatkan air aki menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel. ^[14]

- Jenis-Jenis Akkumulator

- Akkumulator Basah

Akkumulator jenis ini masih perlu diberi air akkumulator yang dikenal dengan sebutan zuur. Kelemahan akkumulator tipe basah ini yaitu tingkat penguapan cairan yang tinggi, yang dapat menyebabkan karat pada benda logam sekitar akkumulator, bahkan dapat memperpendek umur pemakaian akkumulator. Saat pengisian (*recharge*), akan keluar uap dari lubang kecil seperti jarum dipenutup cell. Dalam kondisi normal, uap yang keluar tidak terlalu besar, kecuali pada kondisi pengisian yang berlebih. Pada akkumulator yang sudah berumur, pengupuan akan lebih besar.

- Akkumulator kering

Akkumulator sebenarnya adalah *maintenance free battery*. Pengertian “kering” pada istilah diatas sebetulnya agak kurang tepat karena sebetulnya aki tersebut tetap menggunakan liquid H_2SO_4 sebagai salah satu unsur utama fungsi aki yaitu sebagai media penyimpanan listrik. Keunggulan unsur Ca dalam pembuatan cell atau plat adalah mempunyai sifat penguapan air sedikit berbanding dengan yang unsur utamanya menggunakan Pb (Plumbum)/timah hitam, oleh sebab itu unsur Ca ini cocok dipakai pada maintenance free baterai.

- Cara Kerja Akkumulator

Dalam akkumulator 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 timah coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timah coklat (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada

¹⁴ Suryatmo, F. 2014. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal : 53



batang penghubung. Pemisah/sparator menjadi isolasi diantara pelat itu, agar baterai *acid* mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, muncullah arus listrik. ^[15]

- Kapasitas Baterai

Kapasitas suatu baterai menyatakan berapa lama kemampuannya untuk memberikan aliran listrik pada tegangan tertentu yang dinyatakan dalam ampere-jam (Ah), karena tidak mungkin suatu baterai dikosongkan penuh 100 %, maka perlu diperhitungkan tingkat pengosongannya, biasanya antara 50%-75%, tergantung dari jenis baterainya dan karakteristik dari baterai. Lamanya waktu pengisian baterai dan lamanya baterai tersebut bisa memback-up beban yang digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = I \times T \quad (\text{II.6})$$

Dimana :

Q = Muatan Listrik (coulomb)

I = Arus (Ampete)

T = Waktu (Hour) ^[16]

- Hubungan Baterai

Besar tegangan dan arus baterai dapat dihasilkan dengan melakkan dua cara menghubungkan baterai. Hubungan seri, berfungsi untuk menghasilkan jumlah tegangan yang lebih besar sesuai yang direncanakan. Hubungan pararel, berfungsi untuk memperoleh arus listrik yang besar sesuai yang direncanakan. ^[17]

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (\text{II.7})$$

¹⁵ Suyatmo, F. 2004. *Teknik Listrik Instalasi Penerangan*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal : 45

¹⁶ Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. Hal : 24

¹⁷ Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. Hal : 25



4. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mampu mengubah tegangan DC menjadi AC. Ada dua jenis inverter yang umum digunakan pada sistem tenaga listrik yaitu:



Gambar 2.13 Inverter

Sumber : <https://img.fasttechcdn.com/959/9593000/9593000-5.jpg>

- a) Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluar yang konstan CVCF (*Constant Voltage Constant frequency*).
- b) Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Umumnya inverter dengan frekuensi yang berubah-ubah digunakan pada pemakaian khusus seperti pemakaian pada pompa listrik 3 fasa dengan menggunakan sumber tegangan dc. Kerugian cara ini adalah bahwa sistem hanya dapat digunakan pada pemakaian khusus saja, sedangkan keuntungannya adalah kemampuan untuk menggerakkan sistem (beban) dengan sumber yang berubah-ubah seperti misalnya *photovoltaic* atau *solar cell*. (Zuhail: 1998; 220)

Sedangkan jenis gelombang yang dihasilkan inverter ada 3 jenis, pemilihan dari ketiga jenis gelombang ini sangat penting dalam menentukan jenis inverter dalam memenuhi kebutuhannya. Ketiga jenis gelombang itu adalah :

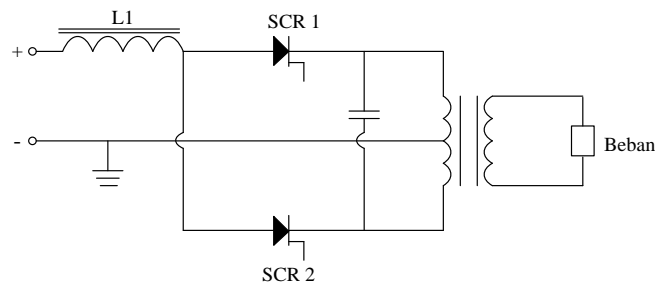
- *Sine wave* inverter, yaitu inverter yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban (Induktor) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik.



- *Sine wave modified* inverter, yaitu inverter dengan tegangan output berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensuplay beban induktor atau motor listrik.
- *Square wave* inverter, yaitu inverter dengan output berbentuk gelombang kotak, inverter jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensuplai tegangan ke beban induktif atau motor listrik.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memilih *inverter* DC ke AC yaitu:

- Kapasitas beban yang akan di *supply* oleh inverter dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
- Sumber tegangan *input* inverter yang akan digunakan, *input* DC 12 Volt atau 24 Volt.
- Bentuk gelombang *output* inverter, *Sinewave* ataupun *square wave* untuk tegangan *output* AC inverter. Hal ini berkaitan dengan kesesuaian dan efisiensi inverter DC ke AC tersebut.



Gambar 2.14 Rangkaian dasar inverter

5. Desulfator

Desulfator adalah peralatan elektronik yang dapat membuat belerang menjadi sifat kebalikannya dan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh pengkristalan belerang pada baterai yang baru ataupun menghancurkan kristal belerang pada baterai yang gagal. Dalam 80% dari kasus kegagalan baterai, alasan penyebab menurunnya daya baterai adalah pengkristalan belerang yang terjadi pada plat baterai.



Gambar 2.15 *Desulfator*

Zat asam sulfat yang dihasilkan adalah suatu proses alami yang timbul selama proses pengecasan baterai ataupun pada baterai yang kosong sehingga lambat laun akan mengakibatkan penurunan daya baterai, peningkatan hambatan listrik, menurunkan tegangan baterai & akhirnya mengakibatkan kerusakan pada baterai. Pada saat baterai digunakan timah dan plat dioksida timah bereaksi dengan asam belerang membentuk timah belerang dan air.

Pada umumnya, baterai pada mobil yang tidak dicas melebihi pada baterai yang dicas seperti kendaraan anda yang sering diparkir lebih lama dibandingkan pada saat digunakan sehingga timah belerang & air dapat terbentuk dengan cepat dibandingkan pada saat zat tersebut kembali ke bentuk semula.

Baterai yang tidak diisi dapat membentuk spons-spons lembut/busa-busa yang melengket pada lapisan dinding didalam battery, sementara itu kovalen yang kuat akan terbentuk diantara zat dan molekul belerang dan spons. Zat belerang akan berubah menjadi Kristal-kristal yang keras dan akan menghambat arus listrik pada waktu pengecasan sehingga akan mengakibatkan penurunan kapasitas pada baterai.

6. MCB

MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker*, Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus serta pengaman instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubungan singkat/korselet serta mempunyai fungsi pengaman beban lebih, MCB otomatis akan



memutuskan arus bila arus yang melewatinya melebihi batas nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut, nominal arus MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa MCB hantarkan, satuan dari arus adalah Ampere. Untuk kedepannya akan saya tulis A. Jadi jika MCB dengan nominal arus 2Ampere maka hanya perlu ditulis 2A.



Gambar 2.16 MCB

Sumber: http://instalasilistrik.blogspot.co.id/2014/11/pengertian-dan-fungsi-mcb-mini-circuit_11.html

Banyak perangkat yang menggunakan Listrik, mulai dari lampu, AC Dll. Kebanyakan pelanggan PLN di Indonesia masih menggunakan MCB 2A karena banyak pelanggan yang masih menggunakan daya 450VA (Volt Ampere).

Beberapa manfaat (fungsi MCB) adalah sebagai berikut:

- a) Pengaman hubungan arus pendek

Hubungan arus pendek/konseleting memang seringkali terjadi di Indonesia, Tak jarang rumah atau pasar yang terbakar karena hubungan arus pendek/konseleting. Ada banyak faktor yang menyebabkan konsleting, salah satunya adalah tidak dipasang pengaman hubungan singkat

- b) Mengamankan beban lebih

Biasanya pelanggan telah mengontrak listrik dengan PLN, kontraknya adalah berapa catu daya yang dikontrak oleh pelanggan. Misalnya pelanggan mengontrak daya 450, secara otomatis MCB akan trip (putus)



c) Sebagai saklar utama

MCB yang terpasang dirumah kita selain berfungsi sebagai pengaman terjadinya konslet dan beban lebih juga bias difungsikan sebagai saklar utama instalasi dirumah kita, Jika kita ingin memasang lampu atau memasang stop kontak (*steker*) maka kita hanya perlu menggunakan MCB untuk memutus semua arus listrik didalam rumah.

2.3 Daya Pada Panel Surya

Daya listrik adalah besaran listrik yang menyatakan besarnya energi yang digunakan untuk mengaktifkan komponen atau peralatan listrik/elektronik. Intensitas cahaya menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan sel surya. Jika luas permukaan sel surya (A) dengan intensitas tertentu, maka daya masukan sel surya adalah :

$$P_{in} = I_r \cdot A \quad (II.8)$$

Dimana

P_{in} = daya yang diterima akibat irradiance matahari (watt)

I_r = Intensitas Cahaya (W/m^2)

A = Luas permukaan sel surya (m^2)

Besar daya keluaran sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubungan singkat (I_{sc}), dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihubungkan dengan rumus :

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (II.9)$$

Dimana :

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada sel surya (ampere)

FF = *Fill Factor* (faktor pengisi)



Faktor pengisi (*fill factor, FF*) merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc})⁽¹⁸⁾

$$FF = \frac{V_{oc} - I_n(V_{oc} + 0,72)}{V_{oc} + 1} \quad (II.10)$$

Dimana :

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

2.4 Arus dan Tegangan

Arus dan Tegangan Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton, dan neutron dalam berbagai gabungan. Elektron adalah muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang terluar suatu atom disebut elektron valensi.

Apabila energi eksternal seperti energi kalor, cahaya, atau listrik diberikan pada materi, elektron valensinya akan memperoleh energi dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan telah cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi terluar tadi akan meninggalkan atomnya dan statusnya pun berubah menjadi elektron bebas. Gerakan elektron-elektron bebas inilah yang akan menjadi arus listrik dalam konduktor logam. Gerak atau aliran elektron disebut arus (I), dengan satuan ampere. Sebagian atom kehilangan elektron dan sebagian atom lainnya memperoleh elektron. Keadaan ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain. Apabila perpindahan ini terjadi, distribusi muatan positif dan negatif dalam setiap objek tidak sama lagi. Objek dengan jumlah elektron yang berlebih akan memiliki polaritas listrik negatif (-). Objek yang kekurangan elektron akan memiliki polaritas listrik Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya 196 positif (+).

¹⁸ Joger, Klaus, dkk. 2014. *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*. Delf University of Technology. Hal : 102



Besaran muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron dibandingkan dengan jumlah proton dalam suatu objek. Simbol untuk besaran muatan elektron ialah Q dan satuannya adalah coulomb. Besarnya muatan $1\text{ C} = 6,25 \times 10^{18}$ elektron. Kemampuan muatan listrik untuk mengerahkan suatu gaya dimungkinkan oleh keberadaan medan elektrostatik yang mengelilingi objek yang bermuatan tersebut. Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk melakukan kerja akibat tarikan atau tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatiknya.

Kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial. Apabila satu muatan berbeda dari muatan lainnya, di antara kedua muatan ini pasti terdapat beda potensial. Satuan dasar beda potensial adalah volt (V). Karena satuan inilah beda potensial V sering disebut sebagai voltage atau tegangan. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 1.

Sedangkan nilai rata-rata daya yang dihasilkan selama titik pengujian ditunjukkan pada persamaan dibawah ini. ^[19]

$$P = V \times I \quad (\text{II.11})$$

Dengan:

P = Daya keluaran (Watt)

V = Tegangan keluaran (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$\text{Prata-rata} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \quad (\text{II.12})$$

Dengan:

Prata = Daya rata rata (Watt)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P_n = Daya pada titik pengujian ke n

¹⁹ Joger, Klaus, dkk. 2014. *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*. Delf University of Technology. Hal: 59



2.5 Rumah Kreatif Bukit Asam

2.5.1 Pengertian Rumah Kreatif Bukit Asam (RKB)

Rumah Kreatif Bukit Asam merupakan tempat usaha kecil dan menengah atau UKM mempunyai peran penting terhadap pertumbuhan dan pembangunan perekonomian nasional. Hal ini dapat dibuktikan saat ditengah terpaan krisis, sector bisnis ini tetap berdiri meskipun banyak perusahaan besar mengalami stagnansi bahkan sampai berhenti. Ini karena meskipun pendapatan masyarakat menurun saat krisis moneter namun, tidak mempengaruhi permintaan barang dan jasa yang dihasilkan UMKM. Berbeda dengan kondisi usaha berskala besar yang justru bertumbangan karena permintaan pasaran yang mana semakin lama semakin berkurang.

Dengan adanya pembinaan masyarakatan sekitaran secara tidak langsung dapat membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan nilai ekonomi daerah. Maka dari itu pelayanan Instansi rumah kreatif bukit asam haruslah di maksimalkan dengan menambah Pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber daya cadangan agar dapat melayani masyarakat dengan baik. Yang mana dalam tujuannya rumah kreatif bukit asam memiliki tujuan penting yaitu:

1. Untuk dapat mengembangkan kapasitas dan kapabilitas usaha – usaha dalam sektor tersebut.
2. Untuk memberdayakan ekonomi kerakyatan, khususnya bagi para pelaku UMKM yaitu sebagai meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian Indonesia.

2.5.2 Beban Rumah Kreatif Bukit Asam Pada PLTS

Rumah Kreatif Bukit Asam memiliki beban yang mana beban ini akan dialiri arus dari pembangkit listrik tenaga surya yaitu:



1. *Running Text* Modul LED



Gambar 2.17 *Running Text* Modul LED

Sumber: Data Pribadi, 2019

Running Text Modul LED yaitu berupa led-led yang disambung dan dirangkai menjadi deretan led ataupun dapat berupa dot matrix. Dot matrix merupakan deretan led yang membentuk array dengan jumlah kolom dan baris tertentu, sehingga titik-titik yang menyala dapat membentuk suatu karakter angka, huruf, tanda baca dan sebagainya. Program dot matrix 5 x 7 menggunakan shift register 74hc595 untuk mengendalikan nyala array led, dan input teks. Jika dot matrix tidak menggunakan *shift register*, maka led bisa menyala bersamaan satu kolom atau satu baris, berbeda dengan *array button* karena *button* hanya tersambung jika ditekan, sedangkan led selalu tersambung.

2. Lampu LED



Gambar 2.18 Lampu LED

Sumber: https://p.ipricegroup.com/uploaded_08f4544517eaf224cd1708fd83122175.jpg

Karena elemen pembentuk serta pancaran cahayanya dari listrik tersebut, lampu LED pun tidak menimbulkan panas berlebih. Ruangan rumah yang



menggunakan lampu LED pun tidak akan mudah menjadi panas. Ini dia kelebihan lampu LED lainnya yang perlu kamu ketahui:

- a) Warna lampu yang sangat beragam, mulai putih, kuning, hingga biru dan merah
- b) Hemat energi karena memancarkan cahaya yang terang dengan watt yang kecil dibandingkan neon
- c) Tahan lama, bisa tetap hidup hingga 20 tahun lamanya