



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengayakan ( *Screening* )

Menurut (Fellows, 1990) pengayakan adalah suatu unit operasi dimana suatu campuran dari berbagai jenis ukuran partikel padat dipisahkan kedalam dua atau lebih bagian-bagian kecil dengan cara melewatkannya di atas *screen* (ayakan) <sup>1</sup>. Dengan kata lain pengayakan adalah suatu proses pemisahan bahan berdasarkan ukuran lubang kawat yang terdapat pada ayakan, bahan yang lebih kecil dari ukuran mesh/lubang akan masuk, sedangkan yang berukuran besar akan tertahan pada permukaan kawat ayakan. Setiap fraksi tersebut menjadi lebih seragam dalam ukurannya dibandingkan campuran aslinya. *Screen* adalah suatu permukaan yang terdiri dari sejumlah lubang-lubang yang berukuran sama. Permukaan tersebut dapat berbentuk bidang datar (horizontal atau miring), atau dapat juga berbentuk silinder. *Screen* yang berbentuk datar yang mempunyai kapasitas kecil disebut juga ayakan/pengayak (*sieve*).



**Gambar 2. 1** Mesin pengayakan beras

Sumber : Ellis Horwood, New york

---

<sup>1</sup> Fellow P. 1990 “*food Processing Technology Principles and Practice* “, Ellis Horwood, New york



Produk dari proses pengayakan / penyaringan ada 2 yaitu:

1. Ukuran lebih besar dari pada ukuran lubang – lubang ayakan (*Oversize* ).
2. Ukuran yang lebih kecil dari pada ukuran lubang – lubang ayakan (*Undersize*).

Tujuan dari proses pengayakan menurut (Taggart,1927) adalah:

1. Mempersiapkan produk umpan (*feed* ) yang ukurannya sesuai untuk beberapa proses berikutnya.
2. Mencegah masuknya mineral yang tidak sempurna dalam peremukan (*primary crushing* ) atau *oversize* ke dalam proses pengolahan berikutnya, sehingga dapat dilakukan kembali proses peremukan tahap berikutnya (*secondary crushing*).
3. Untuk meningkatkan spesifikasi suatu material sebagai produk akhir.
4. Mencegah masuknya *undersize* ke permukaan. Pengayakan biasanya dilakukan dalam keadaan kering untuk material kasar, dapat optimal sampai dengan ukuran 10 in (10 *mesh*). Sedangkan pengayakan dalam keadaan basah biasanya untuk material yang halus mulai dari ukuran 20 in sampai dengan ukuran 35 in.

### **2.1.1 Jenis jenis ayakan**

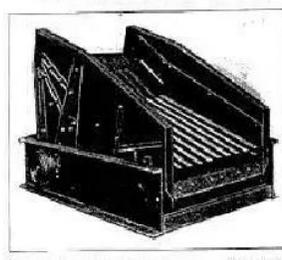
Ayakan terdiri dari berbagai macam jenis yaitu ayakan *Grizzlies*, *Stasioner*, Girasi, Getar (*vibrating*) berikut adalah penjelasan :

#### **1. Ayakan *Grizzlies***

Ayakan tipe *Grizzlies* sering digunakan untuk mengayak partikel besar, umumnya diatas 1 in . *Grizzlies* tersusun antar batangan tertentu, antara 2 sampai 8 in. Batang – batangan logam tersusun miring dengan sudut tertentu antara 20 sampai



50 derajat terhadap sumbu horizontal, untuk memudahkan padatan bergerak. Kapasitasnya bisa mencapai 100 sampai 150 ton/ft<sup>2</sup>.<sup>2</sup>

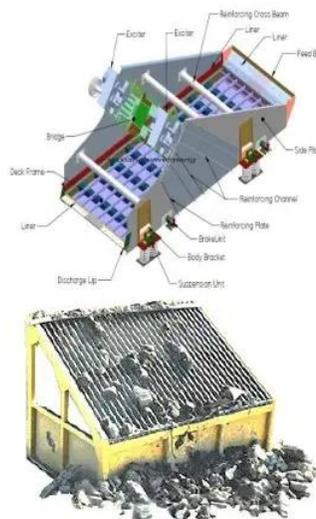


**Gambar 2. 2** Ayakan *Grizzlies*

Sumber : (Rahma, 2020)

## 2. Ayakan *Stasioner*

Ayakan *Stasioner* merupakan pengayak dengan media berupa kawat (mesh) atau plat logam yang berlubang. Ayakan ini digunakan untuk mengayak padatan dengan ukuran lebih kecil, yaitu antar ¼ sampai 4 in.



**Gambar 2. 3** Ayakan *Stasioner*

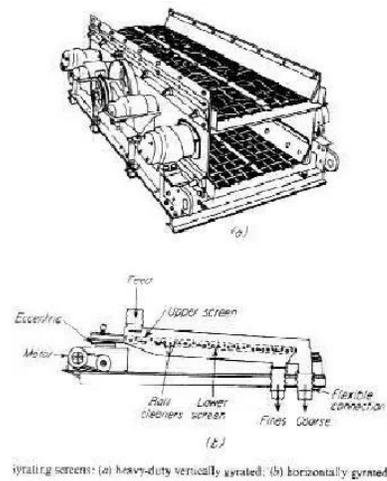
Sumber : (Rahma, 2020)

<sup>2</sup> Anonim. 2003. Pengayakan (*Screening*) dan Analisis ayak. Yogyakarta



### 3. Ayakan Girasi ( *Gyrating Screens* )

Mesin pengayak ini biasanya tersusu atas beberapa ayakan dengan berbagai ukuran aperture, satu diatas yang lainnya dalam sebuah kotak atau sebuah tempat. Ayakan dan kotaknya digetarkan memutar untuk meloloskan partikel kecilnya dan memindahkannya dari tempat masuknya sampai ke tempat keluarnya partikel, kemiringanan ayakan antara 16 sampai 30 derajat.

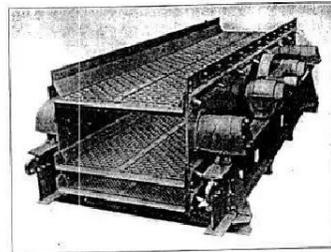


**Gambar 2. 4** Ayakan Girasi

Sumber : (fajri, 2019)

### 4. Ayakan Getar ( *Vibrating* )

Ayakan getar biasanya digunakan untuk pengayakan dengan kapasitas besar. Getaran dapat dibangkitkan secara elektrik maupun mekanis pada tempat ayakan biasanya ditimbulkan oleh sumbu esentrik. Kecepatan getar antara 1800 sampai 3600 getaran per menit. Sudut kemiringan terhadap sumbu horizontal dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.



Triple-decked mechanically vibrated screen. (W. S. Tyler Co.)

**Gambar 2. 5** Ayakan Getar

Sumber : (fajri, 2019)

## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sumber energi penghasil listrik yang ramah lingkungan dan tidak menggunakan bahan bakar minyak, sehingga sangat murah, karena energi surya/matahari merupakan sumber energi yang tidak terbatas.

### 2.2.1 Prinsip Kerja

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya (cahaya) menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Fotovoltaik* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotolistrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor (panas) seperti mesin stirling atau lainnya.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Tri Joko Pranomo, dkk, “Implementasi Logika *Fuzzy* Untuk Sistem Otomatisasi Pengaturan Pengisian Baterai Pembangkit Listrik Tenaga surya”



**Gambar 2. 6** Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sumber : [jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek)

Energi matahari yang dipancarkan dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya / solar cell. Pembangkit listrik tenaga surya termasuk pembangkit listrik ramah lingkungan, dan sangat menjanjikan. Sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan uap (dengan minyak dan batubara). Perkembangan teknologi dalam membuat panel surya / *solar cell* semakin hari semakin lebih baik terutama dalam meningkatkan tingkat efisiensi, pembuatan aki yang tahan lama, pembuatan alat elektronik yang dapat menggunakan *Direct Current*.

## **2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

### **2.3.1 Panel Surya<sup>4</sup>**

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel *fotovoltaic (Photovoltaic cell – disingkat PV)*). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 V tanpa beban atau 0,45 V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16 V. Tegangan ini cukup untuk digunakan

---

<sup>4</sup> Bambang Hari Purwoto, dkk, 2018. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif” Jurnal Teknik Elektro, Vol 18, hal : 11



mensuplai aki 12 V. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari.

Secara garis besar panel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:<sup>5</sup>

1. Monokristal Silikon (*Mono-crystalline Silicon*).

Monokristal merupakan panel (modul) yang paling efisien, yaitu mencapai angka sebesar 16-20%. Panel surya monokristal juga dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal. Monokristal sangat mudah diidentifikasi karena berwarna hitam pekat. Sel monokristal terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi. Selain itu, panel monokristal juga merupakan bentuk solar sel silikon yang paling hemat ruang. Selain itu juga keuntungan lainnya adalah menjadi sel yang bertahan paling lama dari semua sel surya berbasis silikon.

2. Polikristal Silikon (*Poly-crystalline Silicon*).

Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe ini memiliki efisiensi sebesar 13-16%. Proses yang digunakan untuk membuat panel silikon polikristal lebih sederhana dan lebih murah. Jumlah limbah silikon yang dihasilkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan silikon monokristal. Panel surya polikristal cenderung memiliki toleransi panas sedikit lebih rendah daripada panel surya monokristal. Secara teknis ini berarti bahwa polikristal performanya sedikit lebih buruk daripada panel surya monokristal pada suhu tinggi. Panas dapat mempengaruhi kinerja panel surya dan memperpendek masa hidupnya. Namun, efek ini kecil, dan sebagian besar pengguna tidak perlu khawatir.

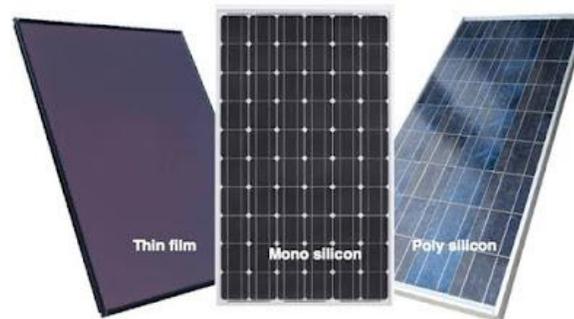
---

<sup>5</sup> Tommy Alamsyah, dkk, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel *Mono-Crystalline* dan *Poly-Crystalline* di Kota Pontianak dan Sekitarnya", Hal. 2



### 3. Amorphous Silicon (*Thin Film*).

Amorphous atau amorf adalah tipe panel dengan harga yang paling murah akan tetapi efisiensinya paling rendah, yaitu antara 9-10%. Panel surya amorf tersusun atas sel surya silikon amorf yang termasuk dalam kategori silikon film tipis, di mana satu atau beberapa lapisan bahan fotovoltaik diendapkan ke substrat. Beberapa jenis sel surya film tipis memiliki potensi manfaat yang sangat besar. Kata “amorf” secara harfiah berarti tidak berbentuk, artinya bahan silikon tidak terstruktur atau mengkristal pada tingkat molekuler, seperti banyak jenis sel surya berbasis silikon lainnya. Kebanyakan kalkulator saku ditenagai oleh sel surya film tipis yang terbuat dari silikon amorf. Karena rendahnya output yang dihasilkan panel surya amorf maka pemakaiannya hanya untuk peralatan dengan daya kecil.

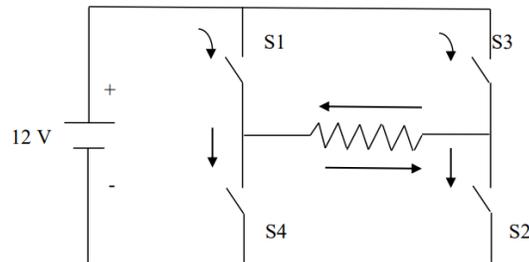


**Gambar 2. 7** Tipe-tipe modul panel surya

Sumber : [jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek)

#### 2.3.2 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang memindahkan tegangan dari sumber DC ke AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya.



**Gambar 2. 8** Prinsip Kerja Inverter

Sumber : Jurnal Teknik Elektro

Struktur inverter memperlihatkan bahwa inverter dengan transistor yang menghasilkan arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi dari sumber komersial yaitu (50Hz atau 60Hz). Bagian pertama sirkuit inverter mengubah sumber tegangan (DC) menjadi output (AC) dengan frekuensi beragam (dapat disetel). Bagian kedua adalah sebuah sirkuit kontrol yang berfungsi sebagai pengontrol sirkuit pertama. Gabungan keseluruhan dari sirkuit-sirkuit inilah yang disebut sebagai inverter. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave*<sup>6</sup>:

#### 1. *Square Wave*

Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga hanya dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level total harmonic distortion yang tinggi.

#### 2. *Modified Sine Wave*

*Modified Sine Wave* disebut juga *Modified Square Wave* atau *Quasy Sine Wave* karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat

<sup>6</sup> Bambang Hari Purwoto, dkk, 2018. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif” Jurnal Teknik Elektro, Vol 18, hal : 12



sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv dan lampu. Namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitif.

### 3. *Pure Sine Wave*

*Pure Sine Wave* atau *true sine wave* merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai gelombang sinusoida sempurna, Dengan total harmonic distortion (THD) < 3%. Sehingga cocok untuk semua alat elektronika. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut *clean power supply*. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut pulse width modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.



**Gambar 2. 9 Inverter**

Sumber : Jurnal Teknik Elektro

### 2.3.3 *Charger Controller*

*Charger Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charger 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. *Charger controller* menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus



dari baterai ke beban. Menurut Agustinus Siahaan (2014:5) beberapa fungsi detail dari charger controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian kebaterai, menghindari *over charging*, dan *over voltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan / diambil dari baterai agar baterai tidak full *discharge* dan *overloading*
3. Monitoring temperatur baterai. Untuk membeli charger controller yang harus diperhatikan adalah:
  - a. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
  - b. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere dan sebagainya
  - c. *Full charge* dan *low voltage cut*

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



**Gambar 2. 10** *Charger Controller*

Sumber : Jurnal Teknik Elektro



### 2.3.4 Faktor Pengisian

Faktor pengisi adalah ukuran kualitas dari sel surya dapat diketahui dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya output pada tegangan rangkaian terbuka dan hubungan pendek. Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar  $I_{sc} \times V_{oc}$  dari daya maksimum  $V_m \times I_m$  yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.1)^7$$

- Dengan: FF = Faktor pengisi
- $V_m$  = Tegangan maksimum (V)
- $I_m$  = Arus maksimum (A)
- $V_{oc}$  = Rangkaian tegangan terbuka (V)
- $I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)

Sukhatme dkk (2008), Daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada sel surya yaitu besaran nilai dari hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ). dengan arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dengan:  $P_{out}$  = Daya keluaran (W)
- $V_{oc}$  = Rangkaian tegangan terbuka (V)
- $I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)

### 2.3.5 Baterai Pada PLTS

Baterai sebagai sumber arus listrik searah (DC) dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu baterai elemen kering dan elemen basah. Baterai dapat disebut juga dengan istilah *accu* atau *accumulator* yang berarti menghimpun. Baterai adalah suatu

<sup>7</sup> Sukhatme dkk (2008). “Faktor Pengisian”



peralatan yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melalui proses kimia. Baterai mempunyai 2 elektroda yaitu elektroda positif dan elektroda negatif. Suatu beban apabila terhubung dengan elektroda-elektroda baterai, maka akan timbul reaksi elektro kimia dan terjadilah aliran arus listrik dari kutub positif menuju *negative*.<sup>8</sup>

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada system PLTS yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energy listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan enegrgi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energy arus DC. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan ( *back up* ) yang biasanya digunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energy listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca menduung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil.



**Gambar 2. 11** Baterai

Sumber : Jurnal Teknik Vol 4

### 2.3.5.1 Konstruksi Baterai

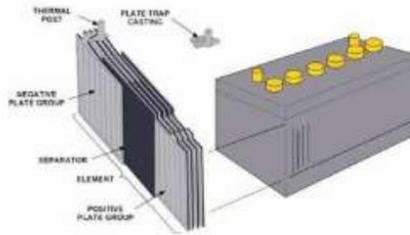
#### 1. Sel dan Separator

Baterai dibuat dari sejumlah elemen yang terpisah kemudian disatukan pada kotak karet keras atau plastik. Komponen dasar dari tiap sel membentuk pelat-pelat positif dan negatif, seperti yang digambarkan pada gambar sebagai berikut.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Suharijanto, 2012. “Pemanfaatan Dan Pembuatan Alat Penyediaan Daya Listrik Secara Otomatis Dengan Menggunakan Inverter 12v Dc Menjadi 220v Ac “, Jurnal Teknik Vol 4

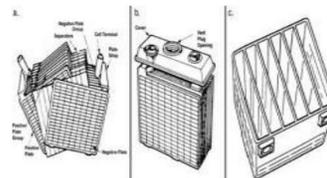
<sup>9</sup> Muslih Nasution, 2021. “Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik”. Vol hal 35-36



**Gambar 2. 12** Pelat negatif dilapisi dengan timbal, berwarna kelabu.

Sumber : Jurnal Teknik Vol 4

Sementara pelat positif dilapisi dengan timbal peroksida yang berwarna coklat. Beberapa pelat positif dan beberapa pelat negatif dihubungkan menjadi kelompok-kelompok pelat. Pada beberapa baterai, dalam kelompok pelat negatif selalu terdapat lebih banyak satu pelat daripada pelat positif dalam kelompok pelat positif. Baterai yang memungkinkan pelat negatif membentuk dua pembatas bagian luar ketika kelompok-kelompok pelat ini saling dihubungkan. Namun pada beberapa baterai yang lain ada yang memiliki jumlah pelat positif dan negatif yang sama. Setiap kelompok pelat dijaga tetap terpisah dengan pelat sebelahnya oleh pemisah atau separator. Separator dirancang selain untuk menjaga pelat-pelat tetap terpisah, juga dibuat berpori-pori sehingga larutan elektrolit dapat bersirkulasi diantara pelat-pelat. Separator terbuat dari berbagai macam bahan, seperti plastik, karet dan fiberglass.



**Gambar 2. 13** Sel dan Deparator

**Gambar 2. 13** Sel dan Deparator

Sumber : Jurnal Teknik Vol 4

Pada saat perakitan, elemen-elemen ditempatkan pada bagian terpisah dalam kotak baterai. Dan setiap kompartemen membentuk sebuah sel. Bagian atas kotak ditutup oleh sebuah pembungkus yang disegel ke kotak baterai. Setiap sel adalah satu



bagian yang terpisah, namun setiap sel ini terhubung satu dengan lainnya secara listrik seperti Gambar 2.12 Sel-sel tersebut dihubungkan secara seri di dalam baterai, dengan terminal positif sel dihubungkan ke terminal negatif pada sel yang berseberangan. Sel yang terletak diujung menjadi terminal utama baterai (kutub). Dengan rangkaian seri, maka tegangan setiap sel dijumlahkan.

## 2. Tutup Ventilasi

Tutup ventilasi (plug) terletak di setiap penutup sel. Beberapa baterai memiliki tutup ventilasi tersendiri untuk setiap sel, sedangkan yang lain memiliki unit yang berkelompok yang menghubungkan tiga ventilasi sel bersama pada satu unit. Tutup ventilasi yang memiliki lubang - lubang keluar, berfungsi sebagai tempat untuk memeriksa ketinggian elektrolit serta sebagai tempat untuk melakukan penambahan elektrolit atau air. Lubang-lubang keluar berfungsi sebagai tempat keluarnya gas-gas yang terbentuk selama proses pengisian baterai.

## 3. Elektrolit

Larutan elektrolit adalah semua larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Pada baterai asam timbal, larutan elektrolit berfungsi untuk membuat proses galvanisasi atau reaksi kimia yang dapat terjadi. Komposisi larutan elektrolit pada baterai yang terisi penuh adalah larutan pekat asam sulfur ( $H_2SO_4$ ) dicampur Air ( $H_2O$ ).

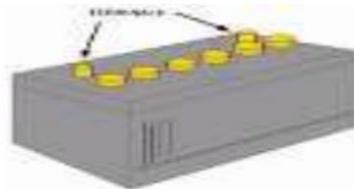
## 4. Air dalam baterai

Tambahkan air murni atau air suling kedalam baterai karena adanya pembentukan gas didalam baterai akan mengurangi jumlah air tersebut. Air murni atau air suling tidak menghantarkan listrik. Konduktifitas air tergantung pada kandungan partikel padat yang terlarut ( $TDS = Total\ Dissolved\ Solid$ ) atau mineral. Mineral bersifat konduktif. Menggunakan air biasa untuk ditambahkan pada larutan elektrolit dalam jangka panjang dapat menyebabkan sel baterai terhubung singkat. Reaksi kimia pada baterai selama pengosongan mengurangi perbandingan antara



asam sulfur terhadap air sehingga mengurangi kepadatan atau *specific gravity* dari larutan.

## 5. Terminal Baterai



**Gambar 2. 14** Terminal Baterai

Sumber : Jurnal Teknik Vol 4

Kutub positif lebih besar dan berguna untuk mencegah baterai disambung dengan polaritas yang terbalik. Terminal positif memiliki tanda “+” di atasnya dan terminal negatif.

### 2.3.5.2 Jenis – Jenis Baterai

Baterai menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan atau mendung. Apabila terjadi daya energi beban di konsumen yang berlebih diwaktu siang hari, baterai dapat difungsikan untuk menambah beban yang dihasilkan oleh modul surya. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi dari proses reaksi kimia. Proses penyimpanan dan pengeluaran daya energi dalam besaran satuan wattjam (*watthour*) listrik. Pengeluaran ini nantinya akan dipulihkan seperti semula disaat pengisian (*charging*) dari modul surya. Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam sistem fotovoltaik meliputi:



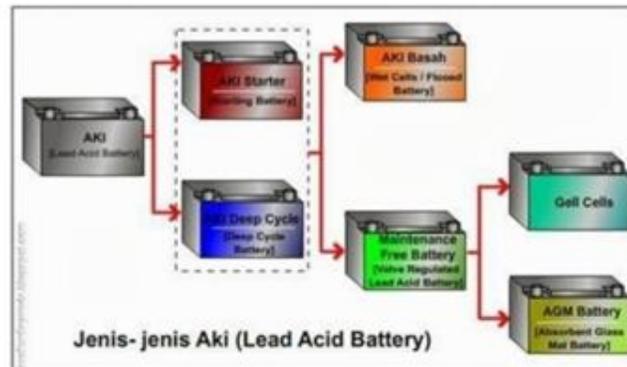
1. Untuk memberikan daya energi (Watt / jam) kepada sistem pembagian listrik tenaga surya ketika daya energi tidak disediakan oleh PV array panel-panel surya.
2. Untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel surya setiap kali daya itu melebihi beban.

Baterai tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan daya energi, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama waktu matahari ada, modul surya menghasilkan arus listrik dalam satuan Ampere jam dengan segera dipergunakan untuk pengisian baterai. Apabila tidak adanya matahari pada malam hari khususnya permintaan akan daya energi watt-hour dari kapasitas baterai Amperhours dengan tegangan nominal baterai 2 Volt atau 12 Volt. Siklus penyimpanan Amperjam akan terjadi setiap kali sesuai intensitas iradiasi matahari dan mengeluarkan Amperjam terjadi setiap kali sesuai dengan penggunaan daya listrik untuk melayani beban konsumen, jika ada sinar matahari dengan iradiasi yang cukup, baterai akan menyimpan Amperjam (Ah) yang cukup dan pelayanan bebannya akan menjadi ringan. Oleh karena itu fungsi baterai pada malam hari akan mengeluarkan jumlah total daya wattjam yang diperlukan dari Amperehours dikalikan dengan total tegangan baterai yang 48 Volt.

Jika baterai tidak menyimpan cukup *Amperehours* dan tegangan daya energi, maka tidak bisa memenuhi permintaan untuk melayani beban pada pengguna. Apabila tidak adanya matahari, sistem akan kehabisan Amperjam dan tegangan menurun ketitik terendah dan tidak siap memenuhi kebutuhan penggunaan energi Wattjam. Jika baterai tidak menyimpan cukup daya untuk memenuhi permintaan selama periode tidak adanya matahari, system akan kehabisan daya dan tidak siap memenuhi konsumsi. Salah satu cara dengan melakukan perkiraan jumlah hari dimana sisteem beroperasi secara mandiri atau *number of days of autonomy* 3 sampai dengan 4 hari untuk menjamin pengaturan pengisian baterai (*charging*) daan pengeluaran (*discharge*) baterai yang baik. Untuk *state*



*of charge* (SOC) baterai diukur berdasarkan pada tegangan sebenarnya dari baterai. Dengan mengukur tegangan baterai dan deprogram dengan tipe teknologi penyimpanan yang digunakan oleh baterai, pengatur bisa mengetahui titik tepat dimana baterai akan mengalami pengisian (*charger*) sesuai dengan sinar matahari bersinar penuh atau pengeluaran (*discharger*) yang berlebihan sesuai kebutuhan melayani beban listrik. Menurut bentuk struktur baterai dikelompokkan yang terdiri dari :<sup>10</sup>



**Gambar 2. 15** Jenis-Jenis Baterai

Sumber : Ibid,hal 39

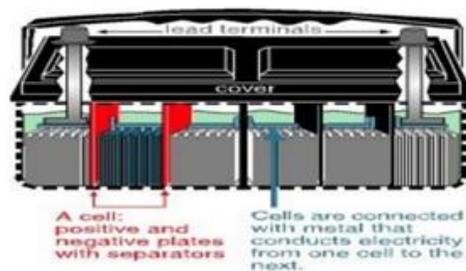
### 1. Baterai *Deep Cycle*

Baterai *deep cycle* dirancang untuk menghasilkan energi arus listrik yang stabil sebesar tidak sebesar starting battery namun dalam waktu yang lama. Baterai jenis ini tahan terhadap siklus pengisian-pengosongan baterai yang berulang-ulang. *Deep cycle* karena konstruksinya menggunakan pelat yang lebih tebal dan memungkinkan untuk melepaskan energi dalam selang waktu yang panjang. Baterai *deep cycle* tidak dapat melepaskan energi listrik secepat dan sebesar baterai starter. Semakin tebal pelat baterai semakin panjang usia baterai yang dapat diharapkan. Jenis ini juga banyak digunakan pada proyek energi alternatif

<sup>10</sup> Ibid, Hal 39



untuk menyimpan arus listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin. Jenis baterai deep cycle terdiri dari baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid Battery*), *Gel Cells* Baterai dan *Absorbent Glass Mat Battery* (AGM Baterai). Seperti ditunjukkan pada gambar 2.15 mengenai konstruksi baterai *deep cycle*.



**Gambar 2. 16** Struktur Konstruksi Baterai Deep Cycle

Sumber : Ibid,Hal 39

## 2. Baterai VRLA

Baterai VRLA tidak mempunyai penutup sel, dan bekerja pada tekanan konstan 1 sampai dengan 4 psi. tekanan ini membantu mengembalikan 99% hydrogen dan oksigen yang terbentuk pada proses'1 charging/pengisian untuk kembali menjadi air. Jadi pada baterai VRLA tidak memungkinkan untuk dilakukan penambahan air. Jenis VRLA yang paling umum adalah Gel VRLA dan AGM VRLA. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.16 mengenai konstruksi baterai VRLA.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Abraham Tangkemanda, dkk, "Aplikasi Teknik listrik dan elektronika pada alat berat", Maret 2018, Hlm 43

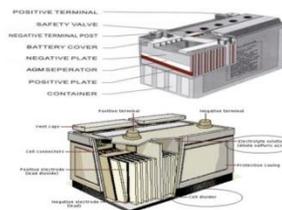


**Gambar 2. 17** Kontruksi Baterai VRLA

Sumber : Ibid, Hal 39

### 3. Baterai AGM VRLA

Baterai AGM berbeda dari *flooded* baterai asam, baterai asam timbal dalam elektrolit diadakan di alas kaca. Sangat fiber kaca tipis yang ditunen menjadi matras untuk meningkatkan luas permukaan yang cukup untuk menahan elektrolit yang cukup pada sel-sel untuk seumur mereka (*lifetime*). Fiber yang membentuk matras kaca baik tidak baterai menyerap yang juga tidak terpengaruh oleh elektrolit asam. Alas ini diperas 2-5% setelah direndam dalam asam, sebelum penyelesaian memproduksi dan penyegelan. Dalam pelat AGM baterai mungkin apapun bentuknya. Beberapa yang datar, yang lain bengkok atau digulung. Baterai AGM, baik dalam siklus dan awal, yang dibangun dalam case persegi panjang dengan spesifikasi kode baterai BCI. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.18 mengenai Konstruksi Baterai AGM VRLA.



**Gambar 2. 18** Kontruksi Baterai AGM VRLA

Sumber : Ibid, Hal 39



#### 4. Baterai / Aki Stater

Baterai stater adalah adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berbalik) dengan efisiensinya yang tinggi, yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengancara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Konstruksi baterai stater didalam wadahnya terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah, ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan didalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit.



**Gambar 2. 19** Kontruksi Baterai Stater

Sumber : Ibid, Hal 39

#### 5. Baterai Gel VRLA

Baterai Gel VRLA adalah baterai VRLA dengan *elektrolit gelified*, asam sulfat dicampur dengan silika diasapi, yang membuat massa yang dihasilkan menyerupai gel dan bisa bergerak. Berbeda dengan flooded baterai sel basah timbale

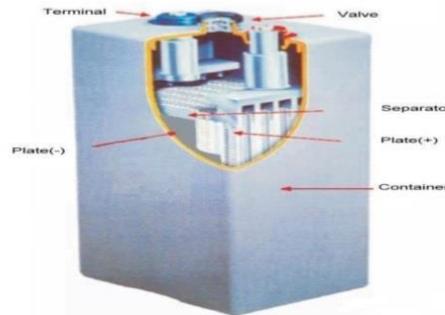


asam, baterai ini tidak perlu disimpan tetap tegak. Baterai gel mengurangi penguapan elektrolit, tidak tumpah (dan masalah korsinya) bersamaan untuk baterai wet cell, dengan resistansi yang lebih besar untuk shock dan vibrasi. Kimia baterai gel VRLA basah baterai (non *sealed*) sama kecuali bahwa antimony dalam piring timbal digantikan oleh kalsium, dan rekombinasi gas dapat berlangsung. Baterai OPzV adalah konstruksi sel tunggal dengan tegangan nominal adalah 2 Volt. Misalkan kita mengambil OPzV2-200 “berarti sealed baterai GelOpzV tersebut mempunyai tegangan 2 Volt dan 200 Ah. Baterai Gel OpzV. memiliki struktur antara lain:

1. Plat Positif: Baterai mengadopsi piring positif tubular. Grid positif yang dibuat oleh die-casting teknik dengan tekanan 18 Mpa dan struktur silinder lebih kompak dan memberikan kebaikan korosi resistansi dengan ekstrim tinggi siklus harapan usia baterai dan umur baterai desain lebih lama dari 20 tahun.
2. Elektrolit : GEL terdiri SiO<sub>2</sub>, yang merupakan sel cair yang disuntikkan dan sampai penuh ke dalam baterai dan akhirnya elektrolit menjadi tidak mengalir, tidak ada kebocoran, stratifikasi, dan keamanan yang lebih tinggi. Desain flooded elektrolit berisi lebih banyak elektrolit dari baterai AGM; ruang antara piring dan pemisah penuh elektrolit sehingga bisa disipasi panas yang baik, tahan terhadap pengisian berlebihan (*overcharge*), stabil terhadap suhu tinggi dan menghindari “pelepasan panas yang berlebihan“.
3. Kontainer baterai terbuat dari kekuatan tinggi. Dengan kualitas kontainer dan tutup disegel bersama-sama dengan perekat untuk memastikan kinerja penyegelan handal dalam pelayanan.
4. Keselamatan valve katup pengaman sensitivitas tinggi memiliki kinerja yang stabil di flip-top ventilasi busi pers; bekerja sama dengan arrester api itu membuat baterai lebih aman dan telah rekombinasi tinggi *efficiency electrolyte* baterai ruang interior dapat *memobilized* dalam struktur GEL,

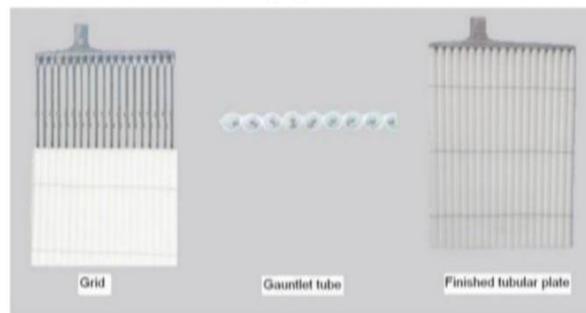


sehingga lebih dari 25% kinerja baterai. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.19 dan 2.20 mengenai *Tubular Deep Cycle Gel* Baterai OPzV 2 Volt dan Plate Tubular Baterai Gel OPzV 2 Volt.



**Gambar 2. 20** *Tubular Deep Cycle Gel* Baterai OPzV 2 Volt

Sumber : Sumber : Ibid



**Gambar 2. 21** Plate Tubular Baterai Gel OPzV 2 Volt

Sumber : Ibid, Hal 39

### 2.3.5.3 Prinsip Kerja Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada sistem *solar cell* yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi arus searah. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (*back up*), yang biasanya dipergunakan pada saat

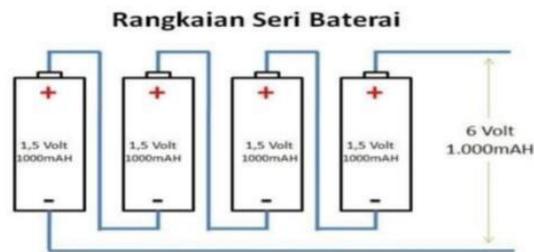


panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang disimpan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang diartikan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Namun dalam proses pengosongan (*discharge*), baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimumnya, hal ini dikarenakan agar baterai dapat bertahan lebih lama usia pakainya, atau minimal tidak mengurangi usia pakai yang ditentukan.

### 2.3.5.4 Rangkaian Pada Baterai

#### 1. Rangkaian Seri Baterai

Rangkaian seri atau modul surya akan meningkatkan tegangan (*Voltage*) keluarannya sedangkan kuat arus listriknya (Ampere) akan tetap sama. Contoh rangkaian listrik seri sumber arus searah dapat dilihat pada Gambar 2.21.



**Gambar 2. 22** Rangkaian Seri Baterai

Dari Gambar diatas, 4 buah baterai masing-masing menghasilkan arus atau kapasitas arus listrik (Ampere) yang sama seperti arus listrik pada 1 buah baterai, namun tegangan yang dihasilkannya menjadi 4 kali lipat dari tegangan 1 buah baterai. Yang dimaksud dengan tegangan dalam elektronika adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik yang dinyatakan dalam satuan Volt. Seperti yang digambarkan pada Gambar diatas, 4 buah baterai yang masing-masing bertegangan 1,5 Volt dan 1.000 miliampere per jam



(mAh) akan menghasilkan 6 Volt tegangan tetapi kapasitas arus listriknya (Current) akan tetap yaitu 1.000 miliampere per jam (mAh).

Secara matematis dapat dituliskan:

$$V_{tot} = V_{bat1} + V_{bat2} + V_{bat3} + V_{bat4} + \dots + V_n^{12}$$

$$I_{tot} = I_{bat1} + I_{bat2} + I_{bat3} + I_{bat4} + \dots + I_n$$

Dimana:

$$V_{tot} = \text{tegangan total}$$

$$V_{bat1} = \text{tegangan baterai 1}$$

$$V_{bat2} = \text{tegangan baterai 2}$$

$$V_{bat3} = \text{tegangan baterai 3}$$

$$V_{bat4} = \text{tegangan baterai 4}$$

$$V_n = \text{tegangan baterai ke-n}$$

$$I_{tot} = \text{kuat arus total}$$

$$I_{bat1} = \text{kuat arus baterai 1}$$

$$I_{bat2} = \text{kuat arus baterai 2}$$

$$I_{bat3} = \text{kuat arus baterai 3}$$

$$I_{bat4} = \text{kuat arus baterai 4}$$

$$I_n = \text{kuat arus baterai ke-n}$$

**Sehingga:**

$$V_{tot} = 1,5V + 1,5V + 1,5V + 1,5V$$

$$V_{tot} = 6V$$

**Dan**

$$I_{total} = 1.000 \text{ mAh}$$

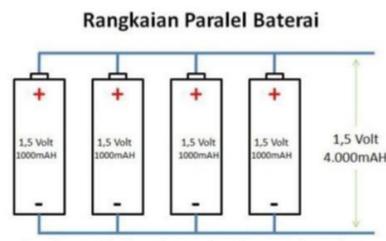
---

<sup>12</sup> Indah Susanti, Rumiasih, Carlos RS dan Anton Firmansyah “Analisa Penentuan Kapasitas Baterai dan Pengisiannya pada Mobil Listrik” Jurnal Elektra, Vol.4, No.2, Juli 2019, Hal 29-37



## 2. Rangkaian Paralel Baterai

Rangkaian parallel baterai atau modul surya akan meningkatkan Arus Listrik (Ampere) tetapi Tegangan (*Voltage*) output/keluarannya akan tetap sama. Contoh rangkaian listrik parallel sumber arus searah dapat dilihat pada gambar 2.22



**Gambar 2. 23** Rangkaian Paralel Baterai

Dari 4 buah baterai pada gambar diatas, tegangan yang dihasilkan dari rangkaian parallel adalah sama yaitu 1,5 Volt tetapi *Current* atau kapasitas arus listrik yang dihasilkan adalah 4.000 mAh (miliampere per jam ) yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada baterai.

Secara matematis dapat dituliskan:

$$I_{tot} = I_{bat1} + I_{bat2} + I_{bat3} + I_{bat4} + \dots I_n$$

$$V_{tot} = V_{bat1} + V_{bat2} + V_{bat3} + V_{bat4} + \dots V_n$$

Sehingga:

$$I_{tot} = 1.000mAh + 1.000mAh + 1.000mAh + 1.000mAh$$

$$I_{tot} = 4.000mAh$$

$$\text{Dan } V_{tot} = 1,5 \text{ Volt}$$

### 2.4 Perhitungan Baterai

#### 2.4.1 Berapa Lamanya Waktu Pengisian Baterai atau Aki dan Lama Baterai atau Aki Dapat Membackup Beban



1. Lamanya waktu pengisian baterai PLTS dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lama Pengisian Baterai (Jam)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Besar Arus Charging (Ah)}} + (20\% \times \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Besar Arus Charging (Ah)}}) \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Lamanya baterai dapat memback-up beban dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

a. *Day of Autonomy for selected battery*<sup>13</sup>

Waktu otonomi adalah jumlah hari yang dapat dilayani baterai untuk mensuplai energi ke beban tanpa adanya energi dari PLTS.

$$\alpha = \frac{\text{DoD max} \times \text{Capacity of Battery} \times \text{Faktor koreksi temperatur}}{\text{Design Load Ah for Battery Sizing}} \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Nominal daily DoD

Nominal daily DoD disimbolkan dengan DoD d, adanya besarnya discharge ( pengosongan dari baterai ) rata-rata harian dalam baterai.

$$\text{DoDd} = \frac{\text{Design Load Ah}}{\text{Capacity of battery (Design)}} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.4.2 Perhitungan Daya Keluaran PLTS

Perhitungan Daya Output Modul Surya

$$P \text{ modul surya} = \frac{ET}{\text{INSOLASI MATAHARI}} \times 1,1 \text{ (Faktor penyesuaian)} \dots\dots\dots (2.6)^{14}$$

Keterangan :

<sup>13</sup> Rifaldo Pido, dkk, “Analisa Pengaruh Kenaikkan Temperatur Permukaan *Solar Cell* Terhadap Daya Output”, Jurnal of Infrastructure & Science Engineering Vol.2, No.2, Oktober 2019, Hlm. 33

<sup>14</sup> Purwoto Bambang Hari, Jatmiko, F, Muhamad Aminul, Huda Ilham Fahmi 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif (Jurnal). Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.



Pmodul surya = Daya output modul surya

ET = Total pemakaian energi

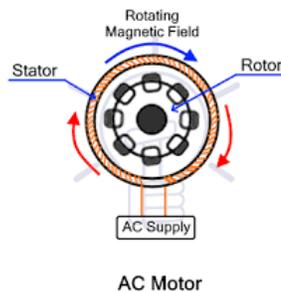
### 2.4.3 Menentukan Beban Total Dalam Watt Hour(Wh)

$$EB = \text{daya} \times \text{lama Penggunaan PLTS} \dots \dots \dots (2.7)^{15}$$

Keterangan : EB = Beban total

## 2.5 Motor AC

Motor AC adalah sebuah motor listrik yang digerakkan oleh Alternating Current atau arus bolak balik (AC). Umumnya, motor AC terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Pada motor AC, stator adalah bagian yang diam dan letaknya berada di luar. Stator mempunyai coil yang di aliri oleh arus listrik bolak balik dan nantinya akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Bagian yang kedua yaitu rotor. Rotor adalah bagian yang berputar dan letaknya berada di dalam (di sebelah dalam stator). Rotor bisa bergerak karena adanya torsi yang bekerja pada poros dimana torsi tersebut dihasilkan oleh medan magnet yang berputar.<sup>16</sup>



**Gambar 2. 24** Motor AC

Sumber : *Eletrical Technology*

<sup>15</sup> Purwoto Bambang Hari, Jatmiko, F, Muhamad Aminul, Huda Ilham Fahmi 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif (Jurnal). Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

<sup>16</sup> Bagia, I Nyoman & Parsa, I Made. (2018). Motor – Motor listrik. CV. Rasi Terbit. Hal 28-39



### 2.1.1 Prinsip Kerja

Adapun cara kerja motor sinkron yaitu bila kumparan stator atau armatur mendapatkan tegangan sumber bolak-balik (AC) 3 fasa, maka pada kumparan stator timbul fluks magnet putar. Fluks magnet putar ini setiap saat akan memotong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul GGL armatur ( $E_{am}$ ). Fluks putar yang dihasilkan oleh arus bolak-balik tidak seluruhnya tercakup oleh kumparan stator. Dengan perkataan lain, pada kumparan stator timbul fluks bocor dan dinyatakan dengan hambatan armatur ( $R_{am}$ ) dan reaktansi armatur ( $X_{am}$ ). Kumparan rotor terletak antara kutub-kutub magnet KU dan KS yang juga mempunyai fluks magnet. Kedua fluks magnet tersebut akan saling berinteraksi dan mengakibatkan rotor berputar dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

### 2.1.2 Jenis – Jenis Motor AC

Berdasarkan karakteristik dari arus listrik yang mengalir, motor AC (*Alternating Current*, Arus Bolak-balik) terdiri dari 2 jenis, yaitu:

#### A. Motor Listrik Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

Komponen utama motor sinkron adalah:

#### 1. Rotor

Perbedaan utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan



magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-excited, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.

## **2. Stator**

Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekwensi yang dipasok.

### **a) Prinsip Kerja Motor AC Sinkron**

Motor sinkron serupa dengan motor induksi pada mana keduanya mempunyai belitan stator yang menghasilkan medan putar. Tidak seperti motor induksi, motor sinkron dieksitasi oleh sebuah sumber tegangan dc di luar mesin dan karenanya membutuhkan slip ring dan sikat (brush) untuk memberikan arus kepada rotor. Pada motor sinkron, rotor terkunci dengan medan putar dan berputar dengan kecepatan sinkron. Jika motor sinkron dibebani ke titik dimana rotor ditarik keluar dari keserempakannya dengan medan putar, maka tidak ada torque yang dihasilkan, dan motor akan berhenti.

### **b) Penyalakan Motor Sinkron**

Sebuah motor sinkron dapat dinyalakan oleh sebuah motor DC pada satu sumbu. Ketika motor mencapai kecepatan sinkron, arus AC diberikan kepada belitan stator. Motor dc saat ini berfungsi sebagai generator DC dan memberikan eksitasi medan DC kepada rotor. Beban sekarang boleh diberikan kepada motor sinkron. Motor sinkron seringkali dinyalakan dengan menggunakan belitan sangkar tupai (squirrel-cage) yang dipasang di hadapan kutub rotor. Motor kemudian dinyalakan seperti halnya motor induksi hingga mencapai  $\sim 95\%$  kecepatan sinkron, saat mana arus searah diberikan, dan motor mencapai sinkronisasi. Torque yang diperlukan untuk menarik motor hingga mencapai sinkronisasi disebut pull-in torque.

## **B. Motor Listrik Induksi**

### **1) Pengenalan Motor Induksi**



Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukannya diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah. Bentuk gambaran motor induksi 3-fase diperlihatkan pada gambar 15, dan contoh penerapan motor induksi ini di industri diperlihatkan pada gambar 2.27.



**Gambar 2. 25** Motor Induksi

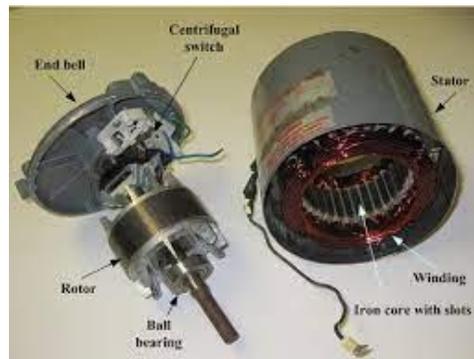
Sumber : I Nyoman & Parsa

## 2) **Konstruksi Motor Induksi**

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar 19 sebagai berikut.



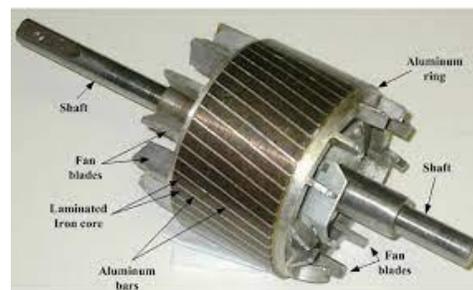
1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



**Gambar 2. 26** Rotor dan Stator Motor Induksi

Sumber : Sumber : I Nyoman & Parsa

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar 20.



**Gambar 2. 27** konstruksi rotor sangkar motor induksi

Sumber : I Nyoman & Parsa



### 3) Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor.

#### 2.6 Torsi

Momen gaya atau torsi dapat didefinisikan sebagai gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar dan berputar. Torsi disebut juga momen gaya, momen torsi bernilai positif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar searah dengan putaran jam, dan sebaliknya. Setiap gaya yang arahnya tidak berpusat pada sumbu putar benda atau titik massa benda dapat dikatakan memberikan torsi pada benda tersebut

Rumus torsi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.6)^{17}$$

Keterangan :

T : Torsi (Nm)

F : Gaya (N)

r : Jari-jari (m)

Untuk mencari daya masukan digunakan rumus dibawah ini :

$$P_{in} = V \times I \times \cos \Phi \dots\dots\dots(2.7)$$

<sup>17</sup> Ichniarsyah, A. N. *Buku Ajar Motor Penggerak* ( Jakarta , 2019 ) Hal.68-72



---

Keterangan :

$P_{in}$  : daya masukan

$V$  : tegangan

$I$  : Arus

Untuk mencari daya mekanik pada motor digunakan rumus :

$$\omega = 2\pi n/60 \dots\dots\dots(2.8)^{18}$$

$$P_m = T \times \omega \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

$n$  : Rpm motor

$P_m$  : daya mekanik

## 2.7 Blower

Pada Proses pemisahan beras dengan sisa kulit ari dan kotoran menggunakan blower, guna menerbangkan sisa kulit arid an kotoran yang ada pada mesin pengayak. Menurut Slamet Nugroho (2012). Blower adalah Mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu , juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Biasanya blower digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam suatu ruangan. Selain itu blower merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir yang melebihi dari 40 psig. Blower tidak didinginkan dengan air karena karena penambahan biaya yang dibutuhkan untuk system pendinginan tidak menguntungkan atau efisiensi bila ditinjau dari keuntungan yang diperoleh begitu kecil dari kinerja blower ini.

---

<sup>18 18</sup> Ichniarsyah, A. N. *Buku Ajar Motor Penggerak* ( Jakarta , 2019 ) Hal.72



### 2.7.1 Bagian-bagian blower<sup>19</sup>

#### 1. Air inlet

Air inlet adalah salah satu bagian dari komponen blower sebagai masuknya udara kedalam blower sebelum melakukan ke proses selanjutnya.

#### 2. Air outlet

Air outlet adalah salah satu bagian dari komponen blower sebagai keluarnya udara dari dalam blower setelah melakukan proses yang terjadi didalam blower.

#### 3. *Impeller* dan sudu sudu

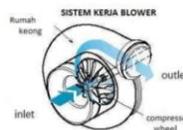
*Impeller* dan sudu sudu adalah salah satu bagian dari komponen blower yang berfungsi sebagai memutar udara yang masuk dari air inlet yang melewati berbagai proses untuk menuju ke air outlet.

#### 3. Rumah blower

Rumah blower adalah bagian luar blower yang melindungi seluruh komponen blower yang berada didalam rumah blower, bagian komponen rumah blower ini tidak boleh ada kebocoran sedikitpun agar kinerja blower berjalan dengan lancar.

#### 4. Bantalan-bantalan

Bantalan-bantalan adalah salah satu bagian dari komponen blower yang berfungsi sebagai menahan getaran dari proses pemutaran udara yang masuk melewati *impeller* dan sudu-sudu agar tidak terjadi pergesekan akibat kecepatan yang lebih besar.



**Gambar 2. 28** Komponen Blower

Sumber : UNDIP *Repository*

<sup>19</sup> Yusuf, B. (2015). Klasifikasi Fan. UNDIP *Repository* .