

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan populasi dan pertumbuhan ekonomi memicu bertambahnya permintaan terhadap energi dunia. Dengan persediaan energi konvensional saat ini berarti terjadi penambahan pemakaian persediaan energi fosil yang didapat dari hewan jaman purba dan meningkatnya emisi dari gas yang dapat membahayakan lingkungan. Jika hal ini terjadi terus menerus maka lingkungan dan masa depan kita akan terancam. Karena kita tahu bahwa sumber minyak dunia akan habis dan kita tidak mempunyai cara untuk mengisi ulang lagi sumber minyak tersebut. Dengan demikian perlu menemukan alternatif lain guna mendukung atau mempertahankan kebutuhan saat ini dan gaya hidup yang menggunakan energi yang dapat diperbaharui.

Dimuka bumi ini kita mengenal dua jenis sumber energi, yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan energi secara nasional cenderung pada sumber energi berupa batubara, geothermal dan gas alam. Yang menjadi masalah yaitu, persediaan sumber energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Jika dibiarkan dapat mengancam kelangsungan hidup manusia dimuka bumi ini.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan usaha – usaha untuk mencari sumber energi alternative seperti energi air, tenaga surya, tenaga angin, energi matahari dan sel bahan bakar seperti penggunaan biomassa dan lain – lain.

Keunggulan dari energi matahari ini dibandingkan dengan sumber energi alternatif lainnya adalah tidak bersifat polutif, berlimpah, bersifat terbarukan, tidak pernah habis dan dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung dan merupakan energi sepanjang masa. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan alat yang mampu menerima dan mengkonversikannya menjadi energi listrik. Salah satu alat tersebut adalah panel surya/*solar cell*.

Ada beberapa sumber yang dapat diperbarui yang tersedia dimana dapat digunakan dalam skala besar untuk menghasilkan listrik di daerah terpencil dimana jaringan listrik tidak tersedia. Tipe yang termasuk dalam hal ini antara lain adalah sinar, angin, panas bumi, air, dan lain lain. Kombinasi dari dua atau lebih dari sumber ini dapat digunakan dan biasanya dikenal dengan *hybrid system*.

Solar cell dengan kemajuan teknologi menjadi sangat umum sekarang ini. Seperti yang kita ketahui *solar cell* adalah alat yang mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik dan keuntungannya adalah sinar matahari dapat diperoleh setiap hari secara bebas. Penggunaan *solar cell* sangatlah luas di dunia, sebagai contoh penggunaannya adalah pengeras handphone bertenaga matahari dan menggantikan fungsi listrik konvensional. Panel surya yang lebih besar juga digunakan untuk menyediakan tenaga untuk lampu lalu lintas, telepon, lampu jalan, rumah, kapal, mobil elektrik tenaga surya yang dapat beroperasi tanpa minyak, dan lain-lain.

Permasalahan yang ada sekarang ini adalah *handphone* yang ada saat ini sistem pengerasannya masih menggunakan listrik. Oleh karena itu, penggunaan energi matahari sebagai pengganti sementara adalah salah satu alternatif yang bisa digunakan.

1.2. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini baterai yang digunakan adalah topik utama yang akan dibahas. Dimana jenis baterai yang akan digunakan adalah baterai tipe lithium ion dan baterai tipe lithium ion polymer. Dengan menggunakan panel surya polikristal dimensi $0,06 \times 0,06\text{m}^2$ sebanyak 4 buah.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

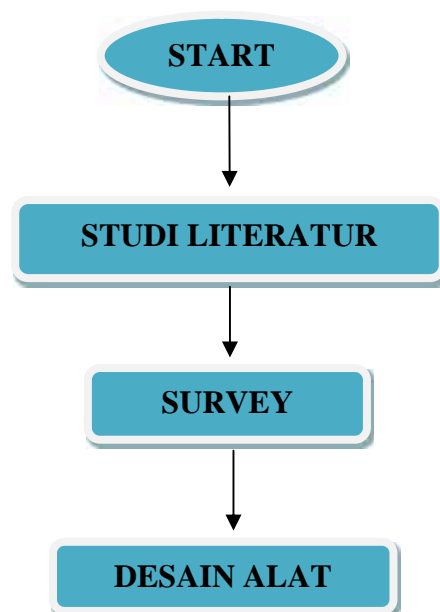
1. Untuk mengetahui jenis baterai mana yang lebih cepat terisi dan lebih tahan lama dalam penggunaannya .
2. Untuk mengetahui lamanya proses isi ulang / cas baterai.

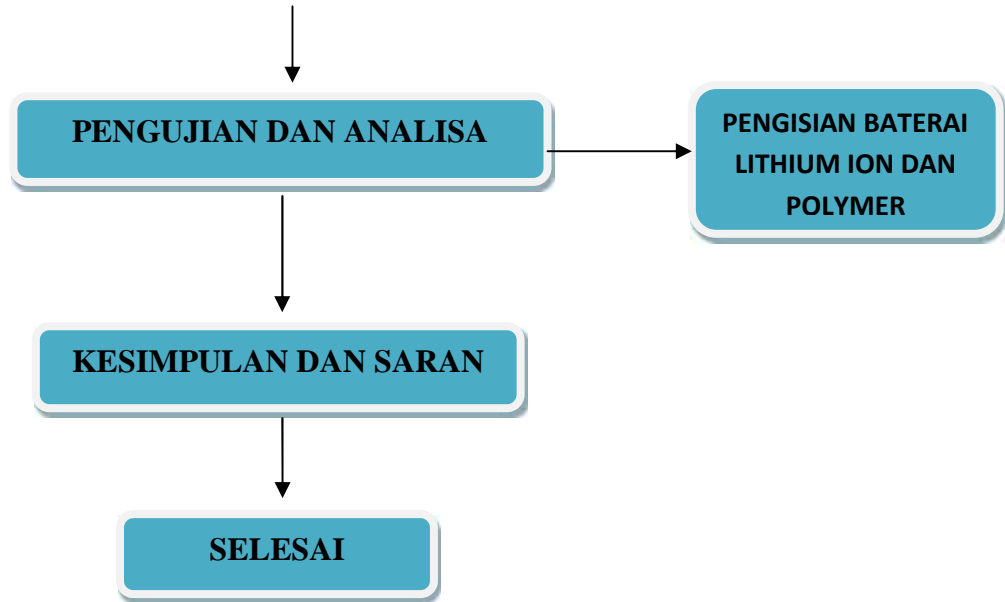
1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengurangi penggunaan energi listrik secara langsung (tidak memakai bahan bakar)
2. Memberi sumbanganyang berarti bagi perkembangan teknologi energi terbarukan.
3. Ikutberpartisipasidalammengurangi efek pemanasan global dengan menggunakan sumber energi yang bersih.
4. Membantu masyarakat melakukan kajian ekonomis penggunaan kolektor surya.

1.5. Diagram Alir Eksperimental





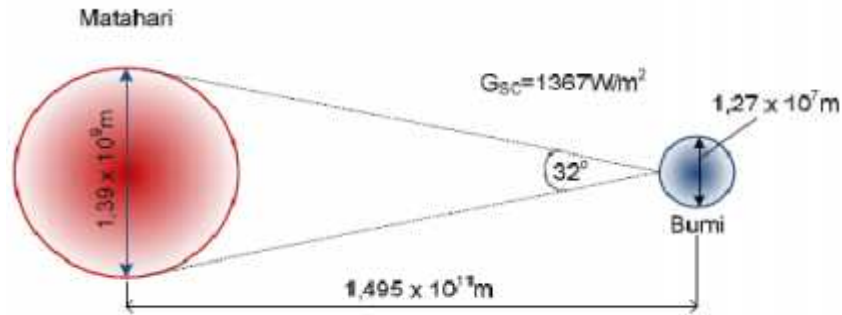
Gambar 1.1 Diagram alir eksperimental

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Radiasi Surya

Beberapa fakta tentang matahari (surya). Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellips dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata – rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,495 \times 10^{11}$ m. Waktu tempuh sinar matahari sampai ke permukaan bumi sekitar 8 menit 20 detik.

Gambar 2.1. menampilkan hubungan antara matahari dan bumi. Pada gambar ini juga ditampilkan nilai konstanta matahari G_{SC} .



Gambar 2.1. Hubungan antara matahari dan bumi

Karena lintasan bumi berbentuk ellips, maka jarak matahari dari bumi tidak tetap. Jarak terdekat $1,47 \times 10^{11}$ m terjadi pada 3 Januari dan jarak terjauh $1,52 \times 10^{11}$ m pada 4 juli akibat perbedaan jarak ini, maka radiasi dipermukaan diluar atmosfer akan berbeda setiap hari. Radiasi ini biasanya disimbolkan dengan G_{on} , pada hari yang ke n dirumuskan oleh Duffie dan Beckmann (1991) :

$$G_{on} = G_{SC} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad [\text{W/m}^2] \quad \dots\dots\dots (1)$$

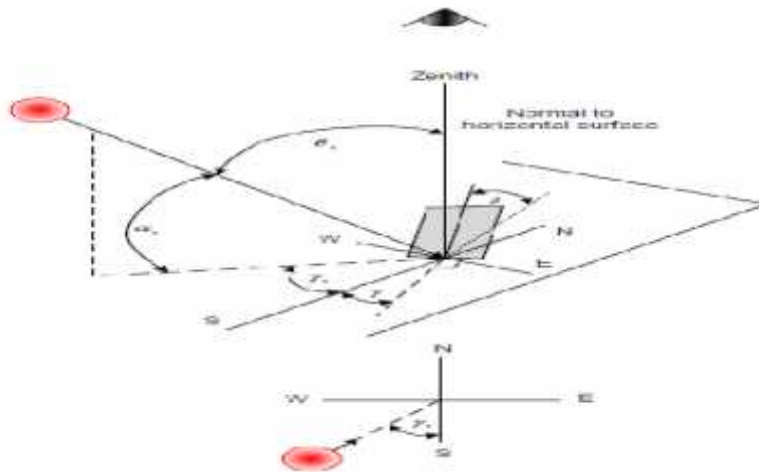
Sementara $G_{SC} = 1367 \text{ W/m}^2$ adalah konstanta surya. Untuk yang lebih teliti dapat digunakan persamaan yang diajukan oleh Spencer (1971) :

$$G_{on} = G_{SC} \left(1,00011 + 0,034211 \cos B + 0,00128 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin B \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana B dirumuskan dengan :

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Karena garis edar semu matahari di angkasa cukup kompleks, maka akan dikenal beberapa sudut untuk mendefenisikannya. Beberapa sudut akan didefenisi kan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Sudut – sudut sinar dan Posisi matahari

Slope adalah sudut antara permukaan yang dianalisis dengan horizontal. Nilai $0 \leq \leq 90^0$. Sudut azimuth permukaan adalah sudut penyimpangan sinar pada bidang proyeksi dimana 0^0 pada selatan dan positif ke barat. Sudut penyinaran θ (*angle accident*) adalah sudut yang dibentuk sinar dan garis normal dari suatu permukaan. Sudut zenith θ_z adalah sudut yang dibentuk garis sinar terhadap garis zenith. Sudut ketinggian matahari α_s (*solar altitude angel*) adalah sudut antara sinar dengan permukaan. Sudut azimuth matahari α_s adalah sudut antara proyeksi matahari terhadap selatan ke timur adalah negatif dan kebarat adalah positif.

Sudut lain yang sering digunakan dalam menentukan jumlah radiasi yang dapat diterima oleh sebuah permukaan di bumi antara lain sudut deklinasi δ , yaitu kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya. Kemudian sudut jam ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari garis siang. Perhitungan berdasarkan jam matahari (*ST*), setiap berkurang 1 jam, ω berkurang 15^0 dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15^0 . Artinya tepat pukul 12.00 siang, $\omega = 0$, pukul 11.00 pagi $\omega = -15^0$ dan pukul 14.00, $\omega = 30^0$.

Sudut deklinasi dapat dihitung dengan persamaan yang diajukan Cooper (1969) :

$$= 23,45 \sin \frac{284+n}{365}$$

Bulan	Nilai n pada hari yang ke- i
January	i
February	$31 + i$
Maret	$59 + i$
April	$90 + i$
Mei	$120 + i$
Juni	$151 + i$
July	$181 + i$
Agustus	$212 + i$
September	$243 + i$
Oktober	$273 + i$
November	$304 + i$
Desember	$334 + i$

Tabel 2.1. Urutan hari berdasarkan bulan

2.2. Potensi Energi Surya

Perhitungan – perhitungan potensi energi surya yang dapat diserap dalam kondisi langit cerah dan pada jam tertentu yang diinginkan sebagai berikut:

1. Estimasi radiasi harian rata – rata bulanan.

Jika energi radiasi harian H dirata – ratakan selama satu bulan H , maka dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} = a + b \frac{\bar{n}}{\bar{N}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana \bar{H}_0 adalah energi radiasi harian yang dirata – ratakan selama sebulan terletak diluar atmosfer, dihitung dengan persamaan n jam penyinaran harian yang dirata – ratakan selama sebulan. Rata – rata bulanan jam penyinaran maksimum.

2. Estimasi radiasi langit cerah

Seperti yang sudah diketahui, radiasi matahari yang sampai di permukaan luar atmosfer bumi sebagian akan diteruskan (ditransmisikan) sampai ke permukaan bumi.

$$a_0 = r_0 a_0^* \dots\dots\dots (3a)$$

$$a_1 = r_1 a_1^* \quad (3b)$$

$$K = r_k K^* \quad (3c)$$

Dan konstanta a_0^* , a_1^* , k_0 dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821 (6 - A)^2 \quad (4a)$$

$$a_1^* = 0,5055 + 0,00595 (6,5 - A)^2 \quad (4b)$$

$$k^* = 0,2711 + 0,01858 (2,5 - A)^2 \quad (4c)$$

Dimana A adalah ketinggian (*altitude*) dalam km dan r_0 , r_1 dan r_k adalah koreksi akibat iklim yang ditampilkan pada tabel berikut :

Iklim	r_0	r_1	r_k
Tropical	0,95	0,98	1,02
Midiatude summer	0,97	0,99	1,02
Subarctic summer	0,99	0,99	1,01
Midiatude winter	1,03	1,01	1,00

Tabel 2.2. Faktor Koreksi Iklim

Radiasi *beam* pada langit cerah searah normal dapat dihitung dengan persamaan :

$$G_{CB} = G_{on} \times \tau_b \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana G_{on} adalah radiasi matahari diluar dan sebelum masuk atmosfer, dihitung dengan persamaan (1) atau persamaan (2) dari Bab II. Sementara radiasi beam langit cerah searah horizontal dihitung dengan persamaan berikut :

$$G_{CB} = G_{on} \times \tau_b \times \cos \theta_z \quad \dots\dots\dots (6)$$

Untuk satu jam lama penyinaran, energi radiasi langit cerah searah horizontal adalah :

$$I_{CB} = I_{on} \times \tau_b \times \cos \theta_z \quad \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan yang ditampilkan diatas hanya menyatakan radiasi beam. Sementara untuk menghitung radiasi total, radiasi difusi (yang disebarkan oleh atmosfer) juga harus diperkirakan. Pada kondisi langit cerah radiasi difusi dihitung dengan persamaan :

$$\tau_d = \frac{G_d}{G_{on} \cos \theta_z} = 0,271 - 0,294 \tau_b \quad \dots\dots\dots (8)$$

3. Estimasi radiasi perjam dari data harian

Fraksi satu jam radiasi dari radiasi harian rata – rata bulanan pada permukaan horizontal didefinisikan dengan persamaan :

$$r_t = \frac{l}{H} \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan menghitung r_t diajukan oleh Collares – Perreira dan Rabl (1979) :

$$r_t = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s} \dots\dots\dots (10)$$

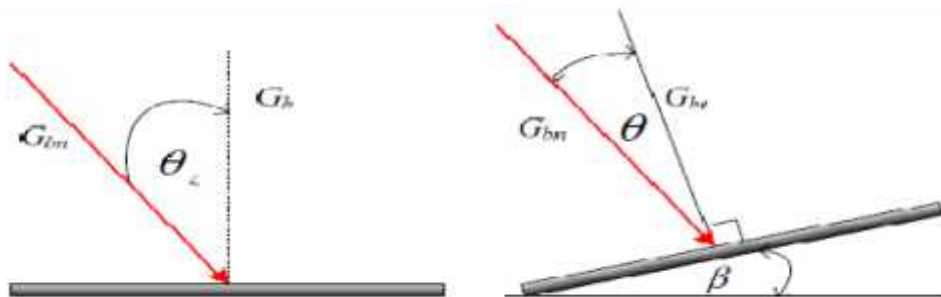
Koefisien a dan b diberikan dengan persamaan berikut :

$$a = 0,409 + 0,5016 \sin (\omega_s - 60) \dots\dots\dots (11)$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \sin (\omega_s - 60) \dots\dots\dots (12)$$

Pada persamaan ini ω adalah sudut jam dalam derajat, tepat pertengahan jam yang ditanya. Dan ω_s adalah sudut jam matahari terbenam.

4. Radiasi pada permukaan yang dimiringkan



Gbr 2.3. Bentuk posisi permukaan untuk mendapat radiasi

Pada suatu permukaan yang dimiringkan dengan sudut kemiringan β . Perbandingan radiasi pada kedua permukaan ini dapat dirumuskan dengan :

$$R_b = \frac{G_{bt}}{G_b} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \dots\dots\dots (13)$$

2.3. Matahari

Matahari adalah suatu bola dari awan gas dengan suhu yang sangat panas. Diameter bola matahari adalah $1,39 \times 10^9$ km, sedangkan jauh rata-rata dengan bumi adalah $1,5 \times 10^{11}$ km. Matahari berputar pada sumbunya dengan kecepatan sekali putar dalam empat minggu. Karena

matahari terdiri dari kumpulan awan gas dan tidak solid maka bagian ekuatorialnya berputar sekali dalam 27 hari sedangkan kutub-kutubnya berputar sekali dalam 30 hari. Suhu efektif pada permukaan besarnya 5760 K. sedang pada inti temperaturnya dapat mencapai lebih kurang 8×10^6 sampai dengan 40×10^6 K. (**Pudjanarsa Astu, Djati Nursuhud *Mesin Konversi Energi*, edisi pertama, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta 2006.**)

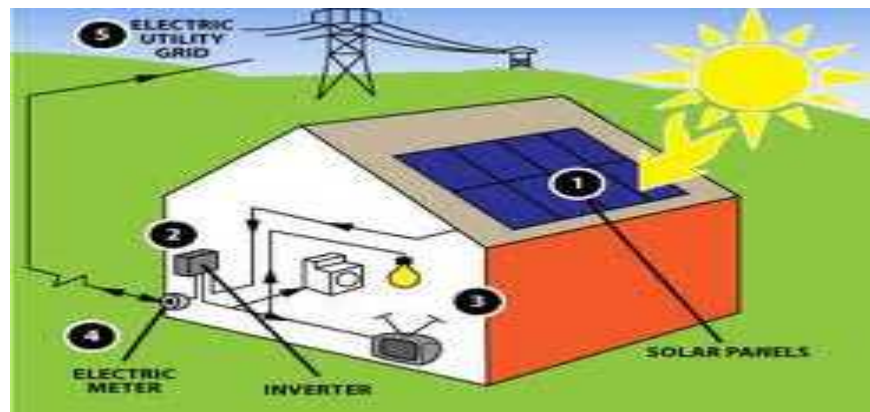
Suatu teori yang akhir-akhir ini dapat diterima para ahli mengatakan bahwa radiasi gelombang *elektromagnetik* merupakan kombinasi dari gelombang elektrik arus bolak-balik berkecepatan tinggi dengan gelombang medan magnet yang menumbuhkan partikel-partikel energi dalam bentuk foton. Gelombang energi yang

memancar melalui ruangan angkasa memberikan pancaran radiasi dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Radiasi gelombang elektromagnetik dikelompokkan pada panjang gelombang yang memberikan rangsangan energi yang lebih besar dimana semakin pendek panjang gelombang nya semakin besar energinya. Radiasi yang dipancarkan melalui permukaan matahari mempunyai variasi panjang gelombang dari yang paling panjang (gelombang radiasi) sampai yang paling pendek (gelombang sinar X dan sinar gamma).

Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi tersebut hanya sekitar 50% yang dapat diserap oleh bumi. Menurut pengukuran yang dilakukan oleh badan luar angkasa Amerika Serikat NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) melalui misi ruang angkasanya pada tahun 1971, diperoleh data tentang besaran konstanta matahari yang harganya sama dengan 1353 Watt/m^2 . Dari besaran tersebut 7,85% atau $105,8 \text{ Watt/m}^2$ dipancarkan melalui sinar *ultraviolet*, 47,33% atau $640,4 \text{ Watt/m}^2$ dipancarkan oleh sinar yang dapat dilihat oleh manusia dan 44,85% atau $606,8 \text{ Watt/m}^2$ dipancarkan oleh sinar infra merah.

Pada dasarnya energi radiasi yang dipancarkan oleh sinar matahari mempunyai besaran yang tetap (konstan), tetapi karena peredaran bumi mengelilingi matahari dalam bentuk elips maka besaran konstanta matahari bervariasi antara 1308 Watt/m^2 dan 1398 Watt/m^2 . Dengan berpedoman pada luas penampang bumi yang menghadap matahari dan yang berputar sepanjang tahun, maka energi yang dapat diserap oleh bumi besarnya adalah $751 \times 10 \text{ kW/-jam}$.

Sumber *energi* berjumlah besar dan kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah *energi surya* dan energi *elektromagnetik* yang dipancarkan oleh matahari.



Gambar : 2.4. Sketsa Pemanfaatan Energi Surya

<http://www.paklim.org/wp-content/uploads/downloads/2012/02/GIZ-OSRAM-Energy-Saving-learning-module-IDN-version.pdf>

2.4. Panel Surya



Gambar : 2.5. Panel Surya

Solar cell (panel surya) merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan lagi sumber energinya banyak tersedia di alam, yaitu sinar matahari, terlebih di negeri tropis semacam Indonesia yang menerima sinar matahari sepanjang tahun. Menggunakan kombinasi dari papan surya (*potovoltaic panels*), pembangkit listrik tenaga angin, pembangkit listrik tenaga air, sistem penyimpanan energi, mesin untuk menghasilkan air, sistem energi cadangan dan produk-produk energi yang efisien.

Solar cell (panel surya) adalah alat yang merubah sinar matahari menjadi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif didalam *cell* modul tersebut karena perbedaan elektron. Hasil dari aliran elektron-elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung dimanfaatkan untuk mengisi baterai / aki sesuai

tegangan dan ampere yang diperlukan. Komponen inti dari sistem PLTS ini meliputi peralatan : Modul Solar Cell, Regulator / controller, Baterai / Aki, Inverter DC to AC, Beban / Load.

2.4.1. Jenis – Jenis Solar Panel atau Panel Surya

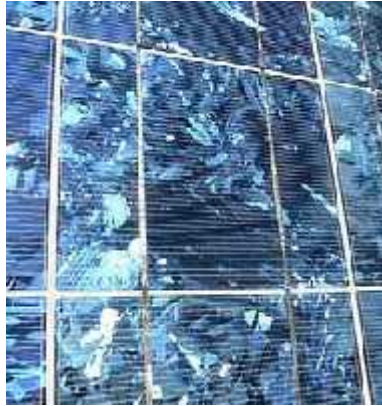
A. Panel Surya Monocrystalline silicon (*mono-silicon* atau *single silicon*)



Gambar : 2.6. Panel Surya Monocrystalline silicon (*mono-silicon* atau *single silicon*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

B. Panel Surya Polycrystalline silicon (*multicrystalline, multi-silicon, ribbon*)



Gambar : 2.7. Panel Surya Polycrystalline silicon (*multicrystalline, multi-silicon, ribbon*)

Panel ini memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel monocrystalline. Maka panel ini sedikit lebih murah dan sedikit lebih rendah efisiensinya dari panel monocrystalline. Panel Polycrystalline merupakan panel surya / solar cell yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

C. Panel Surya Amorphous/ Thin Film (*amorphous silicon, cadmium telluride, copper*



indium gallium diselenide)

Gambar :2.8.Panel Surya Amorphous/ Thin Film (*amorphous silicon, cadmium telluride, copper indium gallium diselenide*)

Disebut Thin Film karena panel ini sangat murah untuk dibuat. Teknologi Amorphous ini sering terdapat pada solar panel yang kecil, seperti pada kalkulator atau lampu taman.

Disebut Thin Film karena panel ini sangat murah untuk dibuat. Teknologi Amorphous ini sering terdapat pada solar panel yang kecil, seperti pada kalkulator atau lampu taman.

D. Panel Surya Thin Film Photovoltaic



Gambar 2.9. Panel Surya Thin Film Photovoltaic

(<https://tenagamatahari.wordpress.com/beranda/sejarah-solar-cell/>)

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple Junction PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

Berdasarkan materialnya, sel surya thin film ini digolongkan menjadi :

1. Amorphous silicon (a-Si) solar cells

Sel surya dengan bahan ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya, penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut “*stacking*” (susun

lapis), dimana beberapa lapis amorphous silicon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

2. Cadmium Telluride (CdTe) solar cells

Sel surya jenis ini mengandung bahan cadmium telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya amorphous silicon, yaitu sekitar : 9% - 11%.

3. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells

Dibandingkan kedua jenis sel surya diatas,panel ini memiliki efisensi paling tinggi yaitu sekitar 10 – 12%.Selain itu jenis ini tidak mengandung bahaya cadmium seperti pada sel surya CdTe.

Solar cells panel, terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah solar cells panel (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya.

Sel silikon di dalam solar cells panel yang disinari matahari/ surya, membuat photon bergerak menuju elektron dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sebuah sel silikon menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt.Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum).

Solar cells panel module memiliki kapasitas output: Watt hour. Solar cell 1 WP 12 V, memberikan output daya sebesar 1 Watt per hour dan tegangan adalah 12 Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan per hari adalah 1 Watt x 5 jam (maksimum peak intensitas matahari).

2.5. Karakteristik Sel Surya (*Photovoltaic*)

Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam watt peak (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition*(STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000 W/m² yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C modul photovoltaic memiliki hubungan antara

arus dan tegangan. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (open circuit) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit (Voc).

Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (short circuit) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus short circuit (Isc). Jika tahanan variabel memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi.

Besar daya (P) yang dihasilkan oleh sel surya setara dengan kuadrat besar tegangan (V) yang dihasilkan dibagi dengan hambatan (R) yang dilalui, yaitu :

$$P = V^2/R \dots\dots\dots (Lit 2, hal 572)$$

2.6. Prinsip Kerja Sel Surya (*Photovoltaic*)

Paramater paling penting dalam kinerja sebuah panel surya adalah intensitas radiasi matahari atau biasa disebut dengan iradiansi cahaya matahari, yaitu jumlah daya matahari yang datang kepada permukaan per luas area. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1365 W/m². Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m². Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dan pada keadaan cerah. Besar dari nilai iradiansi matahari inilah yang akan menentukan besar daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah panel surya.

2.7. Sejarah Solar Cell

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi *solarcell*. Percobaannya dilakukan dengan menyinari 2 elektrode dengan berbagai macam cahaya.

Elektrode tersebut dibalut (coated) dengan bahan yang sensitif terhadap cahaya, yaitu AgCl dan AgBr dan dilakukan pada kotak hitam yang dikelilingi dengan campuran asam. Dalam percobaannya ternyata tenaga listrik meningkat manakala intensitas cahaya meningkat. Selanjutnya penelitian dari Bacquerel dilanjutkan oleh peneliti – peneliti lain. Tahun 1873, seorang Insinyur Inggris Willoughby Smith menemukan Selenium sebagai suatu elemen *photoconductivity*.

Kemudian tahun 1876, William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwa Selenium menghasilkan arus listrik apabila disinari dengan cahaya matahari. Hasil penemuan mereka menyatakan bahwa Selenium dapat mengubah tenaga matahari secara langsung menjadi

listrik tanpa ada bagian bergerak atau panas. Sehingga disimpulkan bahwa solar cell sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik.

Tahun 1894 Charles Fritts membuat *Solar Cell* pertama yang sesungguhnya yaitu suatu bahan semiconductor (selenium) dilapisi dengan lapisan tipis emas. Tingkat efisiensi yang dicapai baru 1% sehingga belum juga dapat dipakai sebagai sumber energi, namun kemudian dipakai sebagai sensor cahaya.

Tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya mengenai *photoelectric effect*. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket – paket atau “*quanta of energi*” yang sekarang ini lazim disebut “*photon*.”

Teorinya ini sangat sederhana tetapi revolusioner. Kemudian tahun 1916 pendapat Einstein mengenai *photoelectric effect* dibuktikan oleh percobaan Robert Andrew Millikan seorang ahli fisika berkebangsaan Amerika dan ia mendapatkan Nobel Prize untuk karya *photoelectric effect*. Tahun 1923 Albert Einstein akhirnya juga mendapatkan Nobel Prize untuk teorinya yang menerangkan *photoelectric effect* yang dipublikasikan 18 tahun sebelumnya. Hingga tahun 1980 an efisiensi dari hasil penelitian terhadap solar cell masih sangat rendah sehingga belum dapat digunakan sebagai sumber daya listrik.

Tahun 1982, Hans Tholstrup seorang Australia mengendarai mobil bertenaga surya pertama untuk jarak 4000 km dalam waktu 20 hari dengan kecepatan

maksimum 72 km/jam. Tahun 1985 *University of South Wales Australia* memecahkan rekor efisiensi *solar cell* mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari.

Tahun 2007 University of Delaware berhasil menemukan *solar cell technology* yang efisiensinya mencapai 42.8%. Hal ini merupakan rekor terbaru untuk “*thin film photovoltaic solar cell*”. Perkembangan dalam riset *solar cell* telah mendorong komersialisasi dan produksi *solar cell* untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

2.8. Baterai

Baterai handphone pada umumnya memiliki tegangan 3,7 volt DC dengan arus listrik mAh. Baterai handphone mempunyai kutub – kutub. Kutub adalah sejenis logam yang nantinya tersambung pada konektor baterai yang menempel pada bodi mesin handphone. Umumnya sebuah handphone memiliki 3 sampai 4 kutub.

Kutub pada baterai handphone adalah :

- Ground
- Bid
- Bsi / Btemp
- Kutub positif untuk VCC baterai

Kutub positif merupakan arus listrik yang positif dan kutub negatif merupakan tempat mengalirnya arus listrik menuju ground. Bid atau battery indication merupakan jalur handphone untuk mengidentifikasi jenis baterai yang digunakan. Bid ini terhubung dengan kutub negatif.

Jadi apabila handphone kita tidak menggunakan baterai original atau tidak sesuai klasifikasinya, maka pada layar biasanya muncul notifikasi kesalahan baterai. BSI atau battery size indicator atau btemp merupakan alat untuk mengukur batas kapasitas tegangan yang diperbolehkan untuk disimpan baterai tersebut.

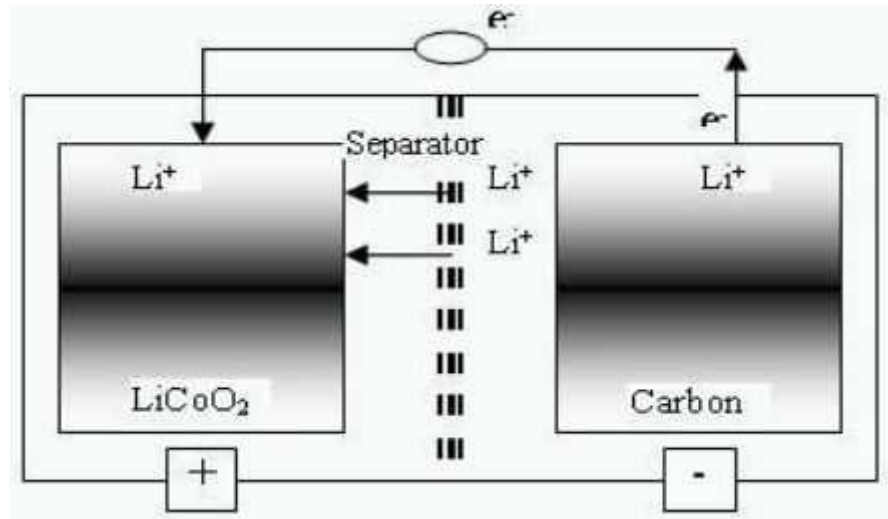
Di dalam baterai sudah ada regulator yang fungsinya untuk menyesuaikan kebutuhan rangkaian lainnya sehingga aman dari kelebihan listrik. Namun jika regulator ini rusak biasanya fisik dari baterai akan menggelembung, yang sebaiknya harus diganti.

2.8.1. Baterai Li-ion

Ada 3 elemen yang berperan dalam proses discharge dan recharge yaitu :

1. Elektroda positif yang mengandung LiCoO_2
2. Elektroda negatif yang terbuat dari karbon grafit (C_6) dan
3. Separator yang terbuat dari lapisan tipis plastic yang dapat dilalui oleh ion-ion.

Pada proses *discharge* atau saat memakai baterai, Li ion bergerak dari negatif ke positif melalui separator, sehingga elektron bergerak dengan arah yang sama. Aliran elektron ini yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 3.0. Sketsa Baterai Li-ion

Sifat logam lithium yang sangat reaktif membuat aliran ion lithium bereaksi spontan karena sifat logam lithium yang sangat oksidatif. Lithium adalah yang pertama dari alkalis pada tabel periodik.

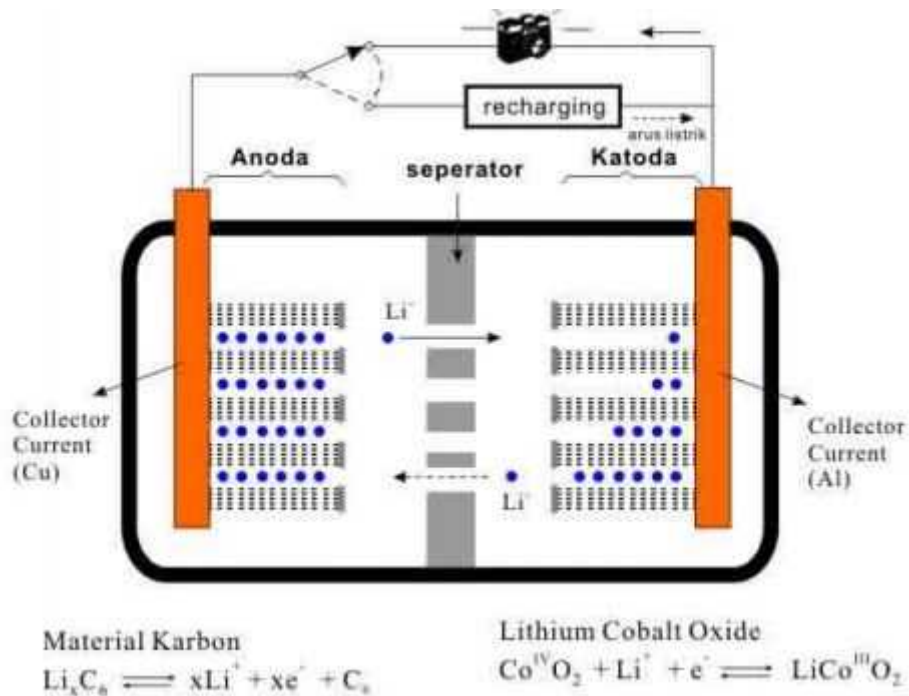
Prinsip kerja lithium

Katoda	$\text{LiCO}^{\text{III}}\text{O}_2 \longrightarrow \text{Co}^{\text{IV}}\text{O}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^-$
Anoda	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}$
Reaksi keseluruhan	$\text{LiCO}^{\text{III}}\text{O}_2 \longleftarrow \text{Li} + \text{CoO}_2$

Proses penghasilan listrik pada baterai lithium ion sebagai berikut :

Jika anoda dan katoda dihubungkan maka elektron mengalir dari anoda menuju katoda bersamaan dengan itu maka listrik pun mengalir. Pada bagian dalam baterai, terjadi proses pelepasan ion lithium pada anoda, untuk kemudian ion tersebut berpindah menuju katoda melalui elektrolit. Dan di katoda, bilangan oksidasi kobalt berubah dari 4 menjadi 3, karena masuknya elektron dan ion lithium dari anoda. Sedangkan proses *recharging* atau proses pengisian ulang berkebalikan dengan proses ini.

Lithium memiliki nilai potensial standar paling negatif (-3,0), paling ringan (berat atom 6,94 g), sehingga bila dipakai untuk anoda dapat menghasilkan kapasitas energi yang tinggi.



Gambar 3.1 Cara Pengisian Baterai

Berikut cara menghitung nilai teori dari kepadatan energi yang dihasilkan oleh baterai lithium ion. Jika menggunakan logam lithium pada anoda, maka dari 1 kg logam lithium dapat menghasilkan kapasitas energy per 1 kg massa sebesar :

$$= \frac{96500C / mol}{3600s / hour} \times \frac{1000gr / kg}{6,94gr / mol} = 3861Ah / kg$$

Bila dikalikan dengan potensial standar litium (3 V), menjadi 11583 W h/kg (W=Watt, h=hours). Sedangkan bila menggunakan senyawa karbon sebagai anoda, dan dianggap satu unit grafit (6 atom karbon) mampu menampung 1 atom litium, maka setiap 1 kg anoda secara teori memiliki kepadatan energi 339 Ah/kg.

Sama dengan anoda, kapasitas energi pada katoda bisa dihitung dengan cara yang sama. Untuk LiCoO₂, secara teori memiliki kepadatan energy 137 Ah/kg. Dengan mengetahui berat molekul dari material elektroda (disebut juga material aktif) dan setiap molekulnya berapa banyak elektron yang keluar masuk, nilai teori dari kepadatan energi dapat dihitung.

Sirkuit baterai lithium ion

Berikut akan diulas perihal berbagai sirkuit yang terdapat dalam baterai :

- Controller IC (Integrated Circuit) : sirkuit ini memonitor tingkat tegangan dan arus dalam baterai
- Control Switches : Switch (saklar) ini terbuat dari transistor efek medan, yang memutuskan atau menghentikan proses pengisian dan pemakaian setelah menerima sinyal kontrol dari controller IC
- Fuse : ketika suhu control switch naik diatas tingkat tertentu, fuse (sekring) memotong aliran arus. Hal ini membantu menghemat energi baterai.
- Termistor : Aliran arus di baterai dikendalikan oleh thermistor yang bekerja berdasarkan besar hambatan arus.
- Positive Temperature Coefficient (PTC) switch : Alih – alih menggunakan thermistor, jenis saklar ini juga digunakan dalam beberapa jenis baterai lithium ion untuk mencegah overheating.

2. Pengujian baterai lithium polymer

Baterai ini berbeda dengan lithium ion (yang digunakan di ponsel) diantaranya kerapatan energi, arus, *charge rate*, dan voltase yang sangat tinggi dibandingkan dengan baterai jenis lain. Baterai ini mempunyai tegangan normal 3,7 volt akan tetapi ketika baterai diisi penuh akan mempunyai tegangan 4,2 volt. Energi yang tersimpan adalah energi elektrokimia.

Baterai lipo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan ini disusun berlapis lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai lipo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran.

Baterai lipo memiliki rating 3,7 volt per sel. Keuntungannya adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit.

Pada setiap paket baterai Lipo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan "S" berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai. Sementara bilangan yang berada di depan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antara 2 – 6 s (meskipun kadang ada yang mencapai 10S).

Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai Lipo

3.7 volt baterai = 1 cell x 3,7 volts

7,4 volt baterai = 2 cell x 3.7 volts (2S)

11.1 volt baterai = 3 cells x 3.7 volts (3S)

14.8 volt baterai = 4 cells x 3.7 volts (4S)

18.5 volt baterai = 5 cell x 3.7 volt (5S)

22.2 volt baterai = 6 cell x 3.7 volt (6S)

1. Kapasitas

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam miliampere hours (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar benar habis. Sebagai contoh baterai RC Lipo yang memiliki rating 1000 mAh akan benar benar habis apabila diberi beban sebesar 1000 miliampere selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 500 miliampere, maka baterai akan benar benar habis setelah 2 jam.

2. Discharge Rate

Discharge rate biasa disimbolkan dengan “C” merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai dapat dikosongkan (discharge) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai Lipo berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang terjadi maka berarti semakin besar nilai dari “C”.

Sebuah baterai dengan discharge rate 10 C berarti baterai tersebut dapat discharge 10 kali dari kapasitas baterai sebenarnya, begitu juga 15 C, 20 C dan seterusnya. Ambil contoh baterai 1000 mAh. Jika baterai tersebut memiliki rating 10 C maka berarti baterai tersebut dapat menahan beban maksimum hingga 10000 miliampere atau 10

ampere (10×1000 miliampere = 10 ampere). Angka ini berarti sama dengan 166mA permenit, maka energi baterai 1000 mAh akan habis dalam 6 menit. Angka ini dihitung dengan mengkalkulasi jumlah arus per menitnya 1000 mAh dibagi 60 menit = 16.6 mA per menit kemudian kalikan 16.6 dengan C rating)dalam hal ini 10 = 166 mA beban permenit. Lalu bagi 1000 dengan 166 = 6.02 menit.

3. Hambatan dalam (internal resistance)

Hambatan dalam adalah bilangan yang menyatakan nilai tahanan yang ada didalam komponen baterai. Hambatan ini akan menentukan kecepatan pertukaran ion dari anoda ke katoda.

Tegangan nominal baterai adalah 3,6 volt. Baterai ini di tempatkan pada casing logam yang stabil dan kuat. Elektrolit pada baterai ini sangat reaktif, kebocoran dapat mengakibatkan karat pada peralatan. Baterai pada Li ion tidak mempunyai efek memori maupun *lazy battery*. Sehingga tidak perlu dikosongkan sebelum dicas. Bahan kimia di dalam baterai akan terurai dengan sendirinya sehingga lebih dari 2 tahun baterai tidak akan dapat digunakan meski hanya disimpan saja.



Gambar 3.2. Baterai lithium ion

2.8.2. Baterai Li polymer

Elektrolit didalam baterai berbentuk padat dan tidak reaktif sehingga menyederhanakan casing baterai. Baterai jenis ini dapat dibuat dalam ukuran yang sangat tipis dan fleksibel sehingga sangat cocok digunakan dalam perangkat berukuran mini. Dibandingkan baterai Li ion dengan kapasitas sama baterai ini lebih ringan 10 – 15 %. Kekurangannya baterai ini lebih cepat kehilangan kapasitasnya.



Gambar 3.3. Baterai Li Polymer

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan membuat peralatan dan melakukan serangkaian pengujian serta pengambilan data-data. Penelitian ini dilakukan di **Gedung L lantai 5 dan laboratorium Prestasi Mesin Fakultas ProdiTeknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.**

3.2. Peralatan Pengujian

Alat ukur yang digunakan saat pengukuran pada percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu. Termometer juga dipakai untuk mengetahui berapa suhu pada solar cell dimana termometer diletakkan di bagian atas solar cell saat dilakukan pengukuran dalam sekali 20 menit.



Gambar 3.4. Termometer

2. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang banyak dipakai dalam bidang metrologi dan geofisika atau stasiun prakiraan cuaca. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Perancangan pertama dari alat ini adalah Leon Battista Alberti pada tahun 1450. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin dimana saat pengukuran tekanan angin posisi anemometer di arahkan pada tekanan angin.



Gambar 3.5. Anemometer

3. Solar Power Meter

Alat ini berfungsi sebagai alat untuk menguji, mengukur intensitas energi surya. Energi surya sendiri merupakan energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui perangkat lain menjadi sumber daya energi dalam bentuk lain. Energi surya sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi.

Solar power meter atau perangkat yang menguji tenaga surya, dimana sumber tenaga matahari ini dikonversi dari sinar matahari menjadi listrik, baik

secara langsung dengan menggunakan photovoltaic (PV), atau langsung menggunakan concentrated solar power (CSP) atau tenaga suryaterkonsentrasi.

Solar Power meter dapat di aplikasikan untuk berbagai kebutuhan terkait dengan aplikasi solar cell yang dimiliki seperti mengukur tingkat radiasi matahari, untuk penelitian tenaga surya, aplikasi pada bidang fisika maupun laboratorium, dan masih banyak yang lainnya.



Gambar 3.6.Solar Power Meter

4. Multitester Digital

Alat ini berfungsi sebagai alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi) sedangkan pada perkembangannya. Multitester masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, yang maksudnya A (ampere), V(volt), dan O(ohm).



Gambar 3.7. Multitester Digital

5. Komputer.

Digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang telah didapat dari pengujian solar cell.



Gambar 3.8. Komputer

3.3. Rancangan bahan Pengujian

Adapun bahan – bahan yang akan diadakan dalam pengujian ini adalah :

1. Modul Sel Surya (*photovoltaic*)

Modul sel surya atau biasa juga disebut photovoltaic (panel PV). Panel surya yang digunakan jenis polycrystalin 1wp digunakan untuk mengubah intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan panel surya adalah listrik searah (DC) yang akan dialirkan ke baterai.

2. Baterai

Dalam pengujian ini ada 2 jenis baterai yang akan digunakan antara lain yaitu : baterai / accu Li ion 3,7 v 4000mAh yang berfungsi sebagai penyimpan arus sementara. Arus yang disimpan di baterai hasil dari energi matahari yang dirubah menjadi energi listrik pada panel surya. Arus tersebut akan digunakan sebagai pengecas baterai handphone.

Dan yang kedua adalah baterai lithium ion polymer (Li po) sebagai pembanding, baterai jenis ini bersifat cair dan mampu menghantarkan daya lebih cepat.

3. Regulator

Regulator adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengatur besar kecilnya daya yang akan dikeluarkan oleh panel sel surya terhadap baterai penyimpanan.