

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Materi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya sudah banyak diangkat sebagai judul untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Padang misalnya, mengangkat judul Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Menggunakan *Solar Cell* 100 WP Sebagai Sumber Energi Alternatif Pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (Parulian Sitorus, 2010). Dalam tulisannya Parulian Sitorus tidak memanfaatkan Tugas Akhirnya sebagai instrumen praktikum. Tugas akhir di maksud hanya membatasi pada perakitan dan pengujian karakteristik system pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan *Solar Cell* 100 WP pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Tugas Akhir lainnya misalnya dibuat oleh mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo yang berjudul Optimalisasi *Solar Home System* Sebagai Pembangkit Alternatif Skala Kecil Di Gorontalo (I Komang Subagio, 2005). Tugas Akhir ini bertujuan mengoptimalkan pemanfaatan panel surya dengan menentukan posisi modul surya yang baik dan merancang *inverter* sehingga arus listrik yang dihasilkan bukan hanya untuk penerangan dengan tegangan 12 V DC saja tetapi dapat pula digunakan untuk peralatan yang menggunakan tegangan 220 V AC. Tugas akhir ini diterapkan pada bantuan pemerintah berupa modul surya dengan output tegangan DC yang diaplikasikan pada desa yang berada di pesisir pantai.

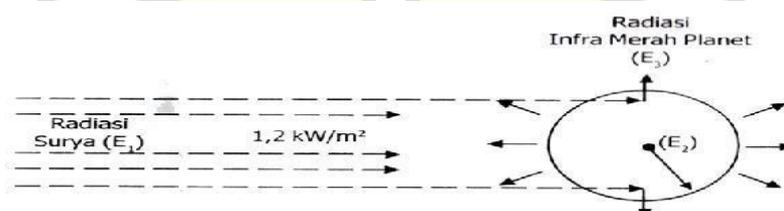
Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis berupaya mencari solusi dengan membangun suatu rancangan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang berbasis transistor 2N3055 dan *Thermoelectric Cooler* (TEC). Ima Maysha, Bambang Trisno, Hasbullah Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI Bandung . Sehingga dari produk ini

dihasilkan suatu produk yang memanfaatkan komponen bekas elektronik yang sudah tidak terpakai tetapi dapat dimanfaatkan menjadi teknologi tepat guna dan ekonomis yaitu dengan memanfaatkan energi matahari yang berupa cahaya matahari dan panas matahari serta dapat juga memanfaatkan sumber air panas.

Dari penelusuran pustaka yang telah dilakukan, khususnya terkait dengan materi pembangkit tenaga surya, belum ditemukan adanya perancangan alat panel surya tenaga surya. Referensi yang ditemukan hanya sekedar memberikan teori singkat tentang pemanfaatan energy matahari (surya) menjadi energi listrik dan belum mencantumkan kajian ataupun pembahasan mengenai rancangan panel surya Pembangkit Listrik Tenaga. Sehingga saya akan penelitian rancangan panel surya dengan menggunakan bahan baku zat perovskite dari aki bekas untuk kebutuhan listrik seperti yang dilakukan dengan tugas akhir yang dibuat.

## 2.1 ENERGI MATAHARI

Sang surya atau matahari merupakan bintang yang istimewa Sang surya atau matahari merupakan bintang yang istimewa dan mempunyai radius sejauh  $6,96 \times 10^5$  km dan terletak sejauh  $1,496 \times 10^8$  km dari bumi. Besar jumlah energi yang dikeluarkan oleh matahari sukar dibayangkan. Menurut salah satu perkiraan, inti sang surya merupakan suatu tungku termonuklir bersuhu 100 juta derajat celcius setiap detik mengonversi 5 tonne materi menjadi energi yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak  $6,41 \times 10^{27}$  W/m<sup>2</sup>.



Gambar 2.1 Bumi Menerima Radiasi Surya Matahari

## 2.2. KARAKTERISTIK SEL SURYA

Sel surya atau Solar Cell merupakan elemen aktif struktur dioda yang terbuat dari semikonduktor atau polimer dan berfungsi untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Konversi energi ini dihasilkan dari irradiansi cahaya pada sel surya, dan hal ini diketahui sebagai efek photovoltaic. Ketika cahaya mengenai sel surya, energi foton yang lebih besar dari energi band gap akan mengeksitasi elektron valensi, sehingga pasangan electron-hole akan tergenerasi yang kemudian pasangan electron-hole ini akan menimbulkan medan listrik.

Pada umumnya sel surya terbuat dari bahan semikonduktor silikon, tetapi sekarang ini telah dikembangkan DSSC. DSSC merupakan sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan, berbahan dasar polimer tumbuhan yaitu antosianin, klorofil, dan xantofil. Peneliti telah membuktikan bahwa klorofil dan xantofil dapat tereksitasi dengan adanya penyinaran pada penerapan dyes. Sebagai hasil pengembangannya, peneliti telah mendapatkan efisiensi konversi energi yang lebih baik pada turunan dyes klorofil.

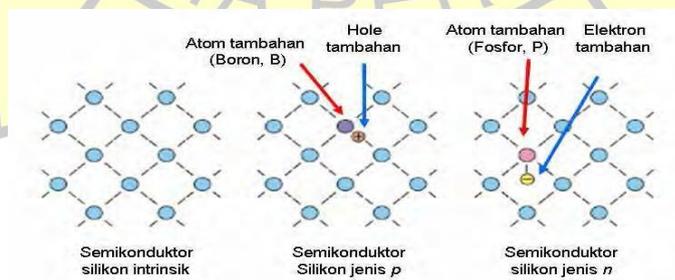
Salah satu bahan sel surya berbasis semikonduktor adalah kristal silikon (c-Si). Bahan ini merupakan silikon murni (elektron valensi 4) yang diberi dope acceptor bervalensi 3 (boron) sehingga menjadi silikon tak murni (kekurangan sebuah elektron). Silikon jenis ini kemudian diberi nama silikon tipe-p. Sebuah silikon murni yang diberi dope donor bervalensi 5 (phospor) sehingga kelebihan sebuah elektron juga menghasilkan silikon tipe-n. Sambungan kedua jenis silikon ini akan membentuk persambungan (junction) pn dioda. Pada batas sambungan akan timbul medan listrik yang disebabkan oleh difusi elektron ke p dan difusi hole ke n yang memunculkan daerah disebut depletion layer.

Pada semikonduktor c-Si, energi-gapnya sebesar 1,11 eV, artinya bila elektron pada pita valensi Si memperoleh energi foton yang lebih besar dari 1,11 eV maka elektron akan tereksitasi mengatasi energi gap dan berpindah menuju pita konduksi di kedua bagian dioda baik p maupun n. Energi yang tersimpan di conduction band dapat dimanfaatkan dengan menggunakan resistor beban, yang pada akhir energi tersebut tersalurkan dan elektron akhirnya menurun energinya dan kembali ke valence band.

### 2.2.1. Cara Kerja Sel Surya

Struktur sel surya yaitu berupa dioda sambungan (junction) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis p (positif) dan semikonduktor jenis n (negatif). Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif. Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga kelebihan muatan positif.

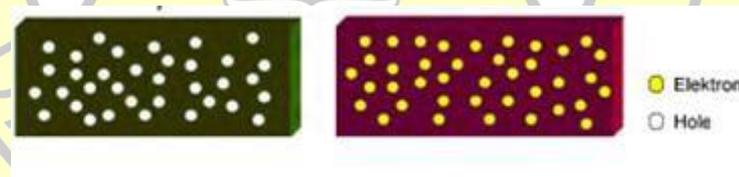
Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena diavais sel surya memiliki struktur dioda, yaitu tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Caranya dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, seperti diilustrasikan pada gambar 2.2.



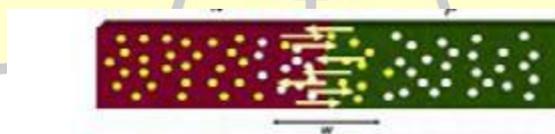
Gambar 2.2 Ilustrasi pembuatan silikon jenis p dan n.

Di dalam semikonduktor alami (semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis p, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminium (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si. Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole, sedangkan semikonduktor jenis n dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh, sedangkan Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan doping yang jumlahnya tidak lebih dari  $10^{-7}$  dibandingkan dengan berat Si yang akan di-doping.

Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan pn atau dioda p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi/metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut:

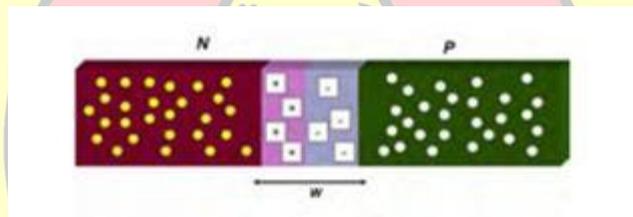


Gambar 2.3 Semikonduktor N dan P sebelum disambung



Gambar 2.4 Semikonduktor N dan P sesudah tersambung

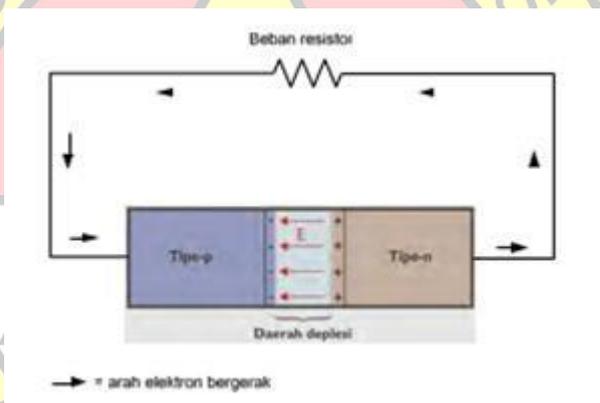
Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung, Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n, proses ini disebut difusi. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal, karena gaya tarik elektrostatik yang ditinggalkan. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



Gambar 2.5 Daerah Deplesi pada sambungan Semikonduktor

Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletion region) dengan jarak huruf  $W$ . Elektron yang difusi ke  $p$  akan mengisi *holes* yang ada di daerah *junction* layer  $p$  sehingga daerah tersebut menjadi intrinsik. Begitu pula *holes* yang difusi ke  $n$  akan menarik elektron di daerah *junction* layer  $n$ , sehingga daerah tersebut menjadi daerah intrinsik di bagian *junction*  $n$  dan  $p$ , dan daerah *junction* ini disebut *depletion layer*. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor  $p$  dan elektron ke semikonduktor  $n$ . Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas). Gambar 2.5 menunjukkan

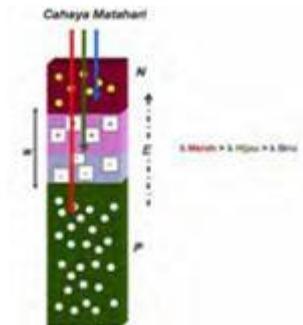
garis medan listrik ( $E$ ) pada sambungan semikonduktor. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik  $E$ . Dengan kata lain, medan listrik  $E$  mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain. Pada sambungan dioda pn inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Gambar 2.6 menunjukkan proses aliran arus listrik pada sambungan pn.



Gambar 2.6 Proses aliran arus listrik pada sambungan pn

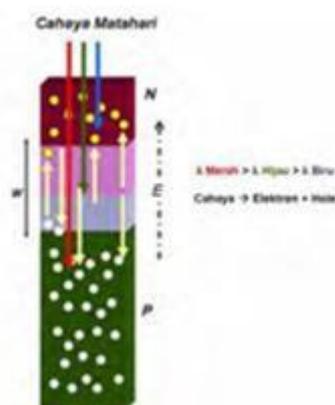
Elektron eksitasi yang dihasilkan oleh bagian p akan tertarik menuju ke bagian n karena medan listrik yang ada di depletion layer. Hal ini menyebabkan tegangan bagian n menjadi lebih negatif dan bagian p menjadi lebih positif. Perbedaan potensial antara p dan n ini dapat dimanfaatkan energinya dengan menyalurkan melalui beban resistor beban. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah

depleksi dan semikonduktor p. Gambar 2.7 menunjukkan garis penyerapan cahaya matahari pada sel surya.



Gambar 2.7 Proses penyerapan cahaya matahari pada sel surya

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah depleksi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (electron-hole photogeneration) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari. Gambar 2.8 menunjukkan proses electron-hole photogeneration pada sambungan semikonduktor.



Gambar 2.8 Proses electron hole pada sambungan semikonduktor

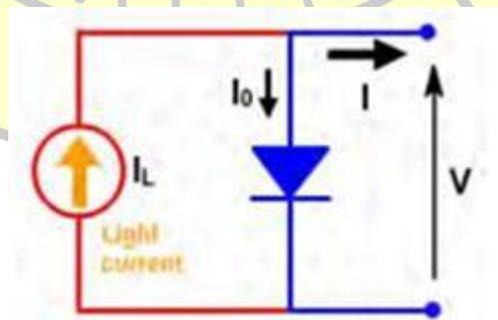
Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol  $\lambda$  "lambda") yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

### 2.2.2. Parameter Sel Surya

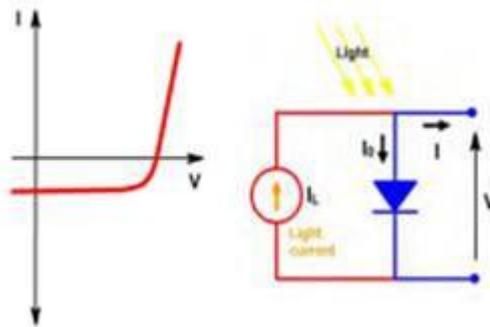
Sel surya memiliki beberapa parameter yang dapat diuraikan berikut ini :

#### 2.2.2.1. Kurva Karakteristik Sel Surya

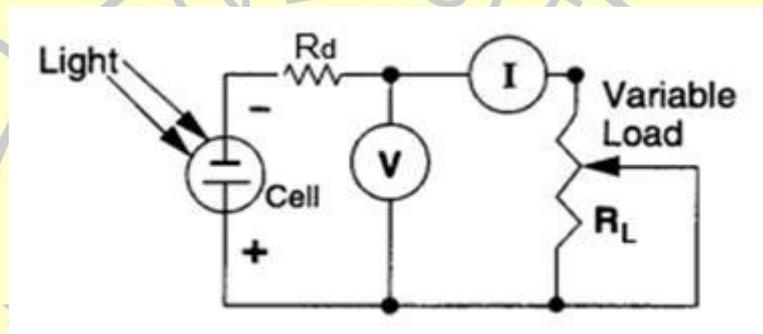
Kurva I-V merupakan kurva karakteristik arus-tegangan yang menggambarkan unjuk kerja suatu divais sel surya. Kurva I-V sel surya merupakan superposisi kurva I-V dioda dari sel surya pada keadaan gelap dengan arus yang dibangkitkan oleh cahaya (light generated current). Cahaya memberikan efek pada pergeseran kurva I-V sel surya yang berarti sel surya telah menghasilkan daya Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian ekivalen sel surya.



Gambar 2.9 Rangkaian ekivalen sel surya.

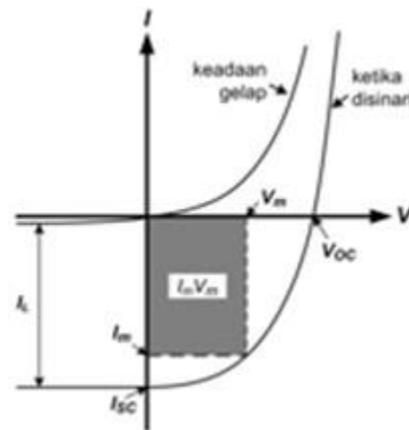


Gambar 2.10 efek pergeseran kurva I-V pada sel surya akibat adanya iluminasi cahaya yang diterima sel surya.



Gambar 2.11 Rangkaian untuk memperoleh karakteristik kurva I-V sel surya.

Dengan mengatur hambatan dari nol sampai ke besar akan didapatkan kurva karakteristik arus dan tegangan sel surya. Bila hambatan diatur sama dengan nol, maka didapat arus hubung singkat (short circuit current) atau  $I_{sc}$  sebagai fungsi irradianse sel surya. Bila hambatannya sangat besar, maka tidak ada arus yang melewatinya, kondisi ini sama dengan memutus penghubung pada ampere meter, dan hasil penunjukkan pada pengukur voltmeter merupakan tegangan tanpa beban (open-circuit voltage) atau  $V_{oc}$ .

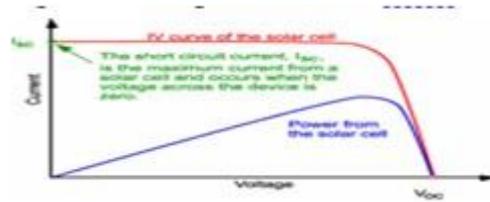


Gambar 2.12 Kurva karakteristik sel surya pada saat penyinaran dan keadaan gelap.

Dari Gambar 2.12 menunjukkan karakteristik sel surya yang disinari terdapat tiga titik, yaitu tegangan tanpa beban ( $V_{oc}$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan titik daya maksimum yang merupakan perkalian antara arus ( $I_m$ ) dan tegangan ( $V_m$ ). Arus dan tegangan maksimum terjadi pada saat sel surya menghasilkan daya maksimum. Selain itu menunjukkan bahwa pemberian iluminasi akan menambah nilai arus keadaan gelap normal.

#### 2.2.2.2. Arus Short Circuit ( $I_{sc}$ ) dan Tegangan Open Circuit ( $V_{oc}$ ) Arus Short Circuit ( $I_{sc}$ )

Arus Short Circuit atau arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) merupakan arus yang melalui sel surya saat tegangan yang melalui sel surya bernilai nol atau ketika beban dihubung singkat. Arus ini disebabkan oleh proses generation dan pengumpulan dari carrier yang dihasilkan dari iluminasi cahaya matahari. Kurva I-V yang menunjukkan arus short circuit diperlihatkan pada Gambar 2.13 :

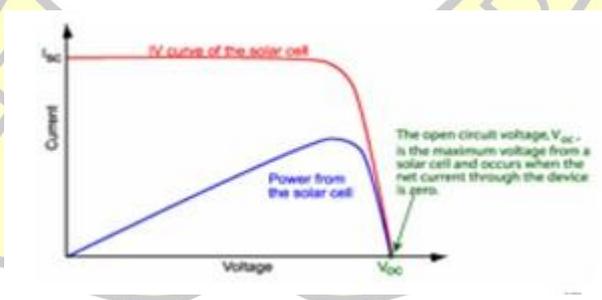


Gambar 2.13 Kurva Arus Short Cicuit

Arus short circuit berbanding lurus terhadap intensitas cahaya matahari yang menyinari permukaan divais. Arus short circuit ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Jumlah Foton
2. Luas area sel surya
3. Spektrum cahaya yang diterima
4. karakteristik optik
5. Probabilitas pengumpulan iluminasi

Tegangan open circuit atau tegangan pada saat rangkaian terbuka merupakan tegangan maksimum yang dihasilkan divais sel surya yang terjadi pada saat arus sebesar nol Ampere. Kurva I-V yang menunjukkan tegangan open circuit dijelaskan pada Gambar 2.14 :

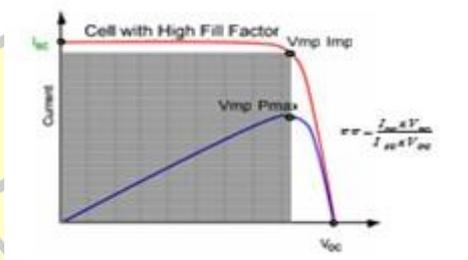


Gambar 2.14 Tegangan Open Cicuit

Berdasarkan grafik diatas, Voc meningkat secara logaritmis terhadap kenaikan intensitas cahaya matahari.

**2.2.2.3. Fill Factor**

Fill Factor (FF) merupakan parameter yang berfungsi untuk menentukan daya maksimum dari sel surya dalam kaitannya dengan Voc dan Isc. Gambar 2.15 menunjukkan fill factor pada kurva yang memperlihatkan titik daya, tegangan dan arus maksimum.



Gambar 2.15 Titik Daya Fill Factor

FF akan menentukan besarnya daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh suatu divais, sehingga akan menentukan besarnya arus dan tegangan maksimum power point. Pada Gambar 2.15 terlihat bahwa daerah yang dibentuk oleh VmIm lebih kecil daripada daerah yang dibentuk oleh VocIsc. Perbandingan inilah yang disebut dengan fill factor. Fill factor dikatakan baik apabila memiliki nilai mendekati 1.

**2.2.2.4. Karakteristik Efisiensi Energi**

Efisiensi konversi adalah perbandingan antara daya yang dapat diperoleh sebuah sel surya dengan daya yang diterima dari cahaya matahari.

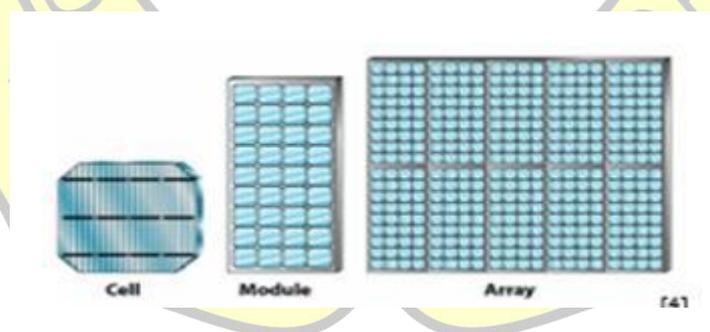
$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} \dots\dots\dots (2.3)$$

### 2.2.3. Rangkaian Seri dan Pararel Sel Surya

Bila sel surya dihubungkan seri maka tegangan yang dibangkitkan akan semakin besar tetapi arus yang dibangkitkan tetap, sedangkan jika dihubungkan paralel maka arus yang dibangkitkan akan semakin besar tetapi tegangan yang dibangkitkan tetap, dan untuk mendapatkan arus dan tegangan yang besar kita bisa menyusun sel surya tersebut seri atau paralel tergantung kegunaannya.

#### 2.2.3.1. Konfigurasi Sel surya

Agar dapat memperoleh sejumlah tegangan atau arus yang memadai, maka umumnya masing-masing sel surya dikonfigurasi satu dengan lainnya baik secara hubungan seri ataupun secara paralel untuk membentuk suatu rangkaian sel surya yang disebut "Modul sel surya". Sebuah modul sel surya umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel, dan 72 sel. Beberapa modul sel surya dihubungkan seri atau paralel untuk membentuk satu rangkaian yang disebut "Panel sel surya", sedangkan jika modul sel surya dihubungkan secara baris dan kolom disebut "Array sel surya" lihat gambar 2.16.



Gambar 2.16 Model panel dan bentuk array sel surya

### 2.2.4 , Baterai (Akumulator)

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik di mana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai. Jenis sel baterai ini disebut juga *Storage Battery*, adalah suatu baterai yang dapat digunakan berulang kali pada keadaan sumber listrik arus bolak-balik (AC) terganggu. Tiap sel baterai ini terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. Menurut pemakaian baterai dapat digolongkan ke dalam 2 jenis:

- *Stationary* ( tetap )
- ★ *Portable* (dapat dipindah-pindah)

Baterai pada skripsi berfungsi sebagai media penyimpanan muatan yang bersumber dari sel surya, selain itu menjadi sumber cadangan saat sel surya tidak bekerja dengan optimal. Sebagai media penyimpanan muatan, batere dianggap beban bagi sel surya namun saat menggantikan peran sel surya, batere akan berfungsi sebagai sumber DC, sedangkan untuk sumber bagi beban AC, batere membutuhkan inverter untuk mengonversi tegangan DC menjadi AC.

#### 2.2.4.1. Reaksi Kimia Baterai

Reaksi kimia internal baterai yang terjadi antara elektrolit dan elektroda metal negatif menghasilkan elektron bebas yang berkumpul pada terminal negatif baterai, sedangkan reaksi kimia yang terjadi antara elektrolit dengan elektroda positif menghasilkan ion positif yang berkumpul pada terminal positif baterai. Anoda atau elektroda positif adalah elektroda reduksi, ini menghubungkan electron dengan rangkaian eksternal dan

teroksidasi selama *discharging*. Katoda atau elektroda negatif adalah elektroda oksidasi. Katoda menerima elektron dari rangkaian eksternal dan direduksi selama *discharging*. Biasanya menggunakan *metallic oxide* atau sulfide tetapi juga menggunakan oksigen. Elektrolit (konduktor ionik) dimana menyediakan media untuk transfer muatan sebagai ion-ion didalam cell antara anoda dan katoda. Elektrolit dapat berupa sebuah non-conductor dari elektron untuk menghindari self discharge dari cell. Larutan asam belerang (*Sulfuric Acid* =  $H_2SO_4$ ) untuk baterai asam (*Lead Acid Storage Battery*) dan untuk baterai alkali adalah larutan alkali (*Potassium Hydroxide*) yang terdiri dari: *Nickel-Iron Alkaline Battery* (*Ni-Fe battery*) dan *Nickel-Cadmium Alkaline Battery* (*Ni-Cd battery*). Pemisah/*separator*, yaitu suatu bahan isolator yang digunakan untuk memisahkan ekektroda positif (+) dan elektroda negatif (-) agar tidak terjadi hubung singkat antara elektroda tersebut. Pada separator terdapat lubang-lubang dan alur yang halus untuk memberi jalan terhadap sirkulasi elektrolit bahan separator biasanya dari *ebonit* dan serat gelas.

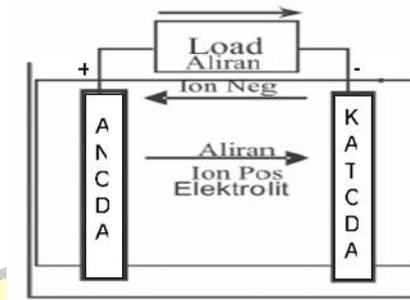
## 2.2.5 . Prinsip Kerja Baterai

### 2.2.5.1. Proses *discharge*

Saat baterai di-charge penuh, terdapat kelebihan elektron pada anoda, yang memberikan muatan negatif dan terjadi defisit pada katoda sehingga memberi muatan positif. Ketika rangkaian mengalirkan elektron yang berlebihan pada rangkaian eksternal, dari anoda dimana kehilangan muatan menuju katoda yang akan menerimanya, menetralisasi muatan positif. Aksi ini mengurangi beda potensial dari *cell*.

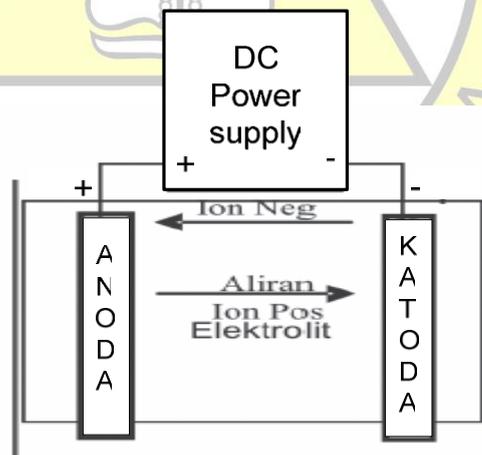
Bila sel dihubungkan dengan beban maka elektron mengalir dari *anoda* melalui beban ke *katoda*, kemudian ion-ion negatif mengalir ke *anoda* dan ion-ion positif mengalir ke *katoda*.

Gambar 2.17 Menunjukkan Proses pengosongan pengisian (*Discharge*) baterai



Gambar 2.17 Menunjukkan Proses pengosongan pengisian (*Discharge*) baterai

Ketika proses pengisian sebagaimana ditunjukkan pada skema gambar 2.18 dibawah ini adalah bila sel dihubungkan dengan power supply, dimana kutub positif dihubungkan ke elektroda positif (anoda) dan dan kutub negatif dihubungkan ke elektroda negatif (katoda) dan proses kimia yang terjadi adalah seperti gambar 2.1.8 :



Gambar 2.18 Proses *charge* baterai

### 2.2.5.2. Jenis-Jenis Baterai

Baterai dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Baterai Primer yaitu batere yang hanya digunakan satu kali, dan setelah habis isi (Recharge).

#### a. Baterai Kering

Sel Leclanche merupakan sel primer sehingga tidak dapat diisi kembali. Oksidasi terjadi pada anode seng (Zn) dan reduksi terjadi pada katoda karbon (C) yang bersifat inert (sukar bereaksi). Elektrolitnya adalah pasta yang basah terdiri dari  $MnO_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $NH_4Cl$ , dan karbon hitam. Perbedaan potensial antara kedua elektroda itu sekitar 1,5 volt, sel ini disebut sel kering. Reaksi pada anoda sangat sederhana, yaitu oksidasi Zn menjadi

Oksidasi :  $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$   $Zn^{2+}$

Reduksi :  $2MnO_2(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2OH^-(aq)$

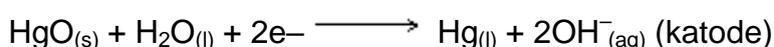
Reaksi asam basa terjadi antara  $NH_4^+$  dan  $OH^-$

Reaksi asam basa :  $NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow NH_3(g) + H_2O(l)$

#### b. Baterai Merkuri

Baterai merkuri merupakan baterai kecil pertama yang dikembangkan secara komersial pada awal tahun 1940-an. Anoda berupa logam seng dan katoda berupa merkuri (II) oksida ( $HgO$ ). Elektrolit yang digunakan larutan potassium hidroksida ( $KOH$ ) pekat. Potensial yang dihasilkan  $\pm 1,35$  volt. Keuntungan baterai ini adalah potensial yang dihasilkan mendekati konstan.

Reaksi redoks yang terjadi dalam sel adalah sebagai berikut.



Potensial sel yang dihasilkan adalah 1,35 V.

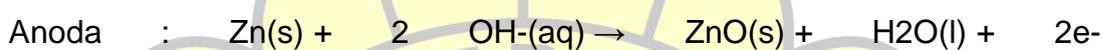
### c. Baterai Perak Oksida

Baterai perak oksida menggunakan seng sebagai anoda dan Ag<sub>2</sub>O sebagai katoda, serta basa sebagai elektrolit. Voltase yang dihasilkan ±1,54 volt.

### d. Baterai Perak-Seng

Konstruksinya adalah sebagai berikut :

Setengah reaksi sel waktu digunakan adalah sebagai berikut :



Setengah reaksi dan keseluruhan reaksi adalah sebaliknya pada waktu pengisian. Kapasitas penyimpanan listrik dari sel Perak-Seng adalah yang tersebar dari sel-sel yang ada di perdagangan, yaitu sekitar enam (6) kali lebih besar dari pada sel Timbal. (Pb) dengan ukuran yang sama. Kelemahan sel ini adalah hanya dapat diisi beberapa ratus kali sebelum elektrodanya rusak, dan harganya tinggi.

### e. Baterai Alkaline

Baterai Alkalin pada dasarnya sama dengan sel Leclanche, tetapi bersifat basa, karena menggunakan KOH sebagai pengganti NH<sub>4</sub>Cl dalam pasta.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

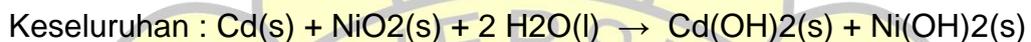
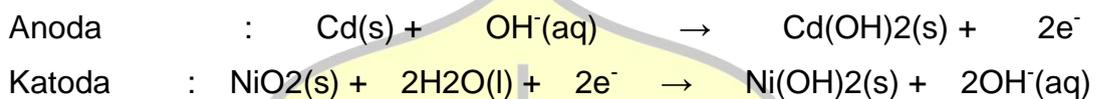


Potensial baterai alkalin juga 1,5 volt.

2. Baterai Sakunder yaitu batere yang bias digunakan berkali kali dengan mengisi kembali muatannya, apabila telah habis energinya setelah dipakai.

**a. Baterai Nikel-Kadmium**

Baterai Nikel – Kadmium merupakan baterai yang dapat diisi ulang . Reaksi sel yang terjadi sebagai berikut :



**b. Baterai Litium**

Baterai litium adalah baterai yang dapat diisi ulang, ringan dan menghasilkan potensial yang tinggi (sekitar 3,0 V). Baterai ini sering digunakan sebagai baterai dalam telepon selular (HP), laptop dan kamera digital. Litium memiliki potensial oksidasi( $E^0 = -3,04\text{V}$ ) yang lebih besar dibanding logam lainnya dan hanya 6,94 g litium yang diperlukan untuk menghasilkan 1 mol electron. Baterai litium terdiri atas anoda litium (terbuat dari logam litium murni), katoda oksida logam atau sulfide logam yang dapat bergabung dengan ion  $\text{Li}^+$ , dan elektrolit yang mengandung garam litium (misalnya  $\text{LiClO}_4$ ) dalam pelarut organic. Jika katodanya  $\text{MnO}_2$ , sebagai contoh reaksi pada electrode :

Kelebihan :

1. Beratnya yang relatif lebih ringan dibanding baterai nikel-kadmium.
2. Mampu menyimpan daya lebih banyak hingga 20% sebelum diisi ulang (re-charge).
3. Lithium ion tidak memiliki efek memori artinya tidak perlu menunggu sampai habis kapasitas penggunaannya untuk diisi ulang artinya walau kapasitasnya masih 50% bisa langsung diisi ulang bandingkan dengan baterai nikel-kadmium yang boleh diisi ulang jika kapasitasnya sudah habis.

4. Lithium ion bisa didaur ulang jika telah rusak atau habis masa pakainya.

Kekurangan :

1. Memiliki masa pakai relatif terbatas yaitu sekitar 2-3 tahun setelah pembuatan baterai supaya mendapatkan kinerja yang optimal.
2. Sensitif terhadap suhu jadi jika terlalu panas mudah sekali meledak termasuk kasus meledaknya baterai ketika diisi ulang (re-charge).
3. Mudah rusak apabila kita sering mengisi ulang hingga menunggu habis kapasitas penggunaannya.

