

## BAB II.

### DASAR MENGENAI SOLAR CELL

#### 2.1 Solar Cell

Matahari adalah pabrik tenaga nuklir yang dengan memakai proses fusi mengubah sejumlah empat ton masa hidrogen yang banyak terdapat di jagat raya menjadi helium tiap detiknya dan menghasilkan energi dengan laju  $10^{20}$  KW-jam/detik.

Selama hidrogen masih banyak tersedia, diperkirakan proses ini dapat berlangsung sampai  $15 \times 10^{12}$  tahun. Berbeda dengan proses fusi nuklir yang berbahaya, proses yang terjadi di matahari dan energi yang terjadi merupakan yang paling bersih dan cuma - cuma, selain itu energi ini tidak memerlukan sarana angkutan dan tidak berisik serta tersedia di segala pelosok serta selalu siap untuk digunakan.

Solar sel adalah sebuah perangkat yang dapat mengubah photon (dari cahaya matahari) ke listrik. solar sel dengan efisiensi tinggi dapat kita jumpai di berbagai peralatan seperti kalkulator, jam, radio dll yang terbuat dari silikon dengan proses rumit, yang membutuhkan pabrik besar, temperatur tinggi, peralatan vakum, dan biaya yang sangat tinggi

solar sel ini terbuat dari cuprous oxide yang terdapat didalam silikon. cuprous oxide ini adalah material pertama yang diketahui dapat menyebabkan efek photo elektrik, dimana cahaya dapat menyebabkan adanya arus listrik yang mengalir pada sebuah material. mari kita berfikir tentang bagaimana menjelaskan efek photo listrik yang membawa Albert Einstein memenangkan hadiah nobel fisika, dan merupakan cikal dari teori relativitas.

### 2.1.2. Dari Cahaya Menjadi Listrik

Secara sederhana solar cell terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran electron, nah aliran electron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Sedangkan struktur dari solar cell adalah seperti ditunjukkan dalam gb 1.

Bagian utama perubah energi cahaya matahari menjadi listrik adalah absorber (penyerap), meskipun demikian, masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari solar cell. Cahaya matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik yang secara spektrum dapat dilihat pada gambar 2. Oleh karena itu absorber disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin solar radiation yang berasal dari cahaya matahari.

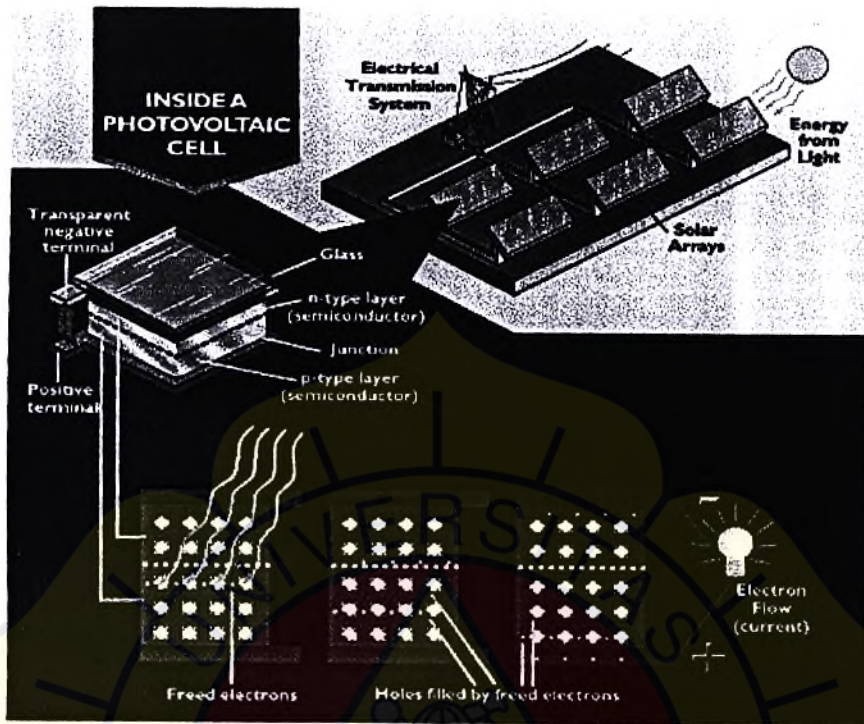
Lebih detail lagi bisa dijelaskan sinar matahari yang terdiri dari photon-photon, jika menimpa permukaan bahan solar sel (absorber), akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja (lihat gb 3), dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan electron dari ikatan atomnya, sehingga mengalirlah arus listrik. Level energi tersebut disebut energi band-gap yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan electron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Untuk membebaskan electron dari ikatan kovalennya, energi foton ( $hc$ ) harus sedikit lebih besar/diatas daripada energi band-gap. Jika energi foton terlalu besar dari pada energi band-gap, maka extra energi tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada solar sel. Karenanya sangatlah penting pada solar sel untuk mengatur



bahan yang dipergunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang dipergunakan.

Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sebenarnya sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1% saja permukaan bumi dengan divais solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini. Perkembangan yang pesat dari industri sel surya (solar sel) di mana pada tahun 2004 telah menyentuh level 1000 MW membuat banyak kalangan semakin melirik sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan ini. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari [1].

Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun, energi ini setara dengan  $2 \times 10^{17}$  Watt [1]. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1% saja permukaan bumi dengan divais solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini [2].



**Gb.2 Struktur lapisan tipis solar sel secara umum.**

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang  $\lambda$  dan frekuensi photon  $\nu$  dirumuskan dengan persamaan:  $E = h.c/\lambda$  Dengan  $h$  adalah konstanta Plancks ( $6.62 \times 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3.00 \times 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu [3]. Dengan



menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik. Hingga saat ini terdapat beberapa jenis solar sel yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti untuk mendapatkan divais solar sel yang memiliki efisiensi yang tinggi atau untuk mendapatkan divais solar sel yang murah dan mudah dalam pembuatannya. Tipe pertama yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti adalah jenis wafer (berlapis) silikon kristal tunggal. Tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi.

### **2.1.3 Energi Matahari**

Semua makhluk hidup seperti tumbuh-tumbuhan, binatang dan manusia perlu energi untuk pertumbuhan, melakukan kegiatan-kegiatan dan sejenisnya. Sumber energi utama untuk semua makhluk hidup di bumi adalah matahari. Tanpa matahari tidak ada kehidupan. Matahari memancarkan sinar terus menerus ke bumi, yang pada dasarnya sinar tersebut mengalami proses diterima dan dipantulkan. Karena itu dapat diketahui bahwa sinar matahari merupakan arus energi yang dipancarkan bagi kehidupan. Penggunaan energi ini tidak menyebabkan hujan asam, efek rumah kaca, atau permasalahan seperti yang ditimbulkan oleh energi nuklir.

Sering kita lihat sekarang banyak sekali alat penghitung atau kalkulator yang mempunyai sel surya didalamnya dan tidak pernah memerlukan baterai, dan bahkan diantara beberapa kalkulator tersebut tidak memiliki tombol off, sepanjang terdapat cahaya yang cukup, kalkulator ini akan bekerja normal. Para ilmuwan

memperkirakan pada 20 tahun terakhir akan terjadi revolusi besar – besaran tentang penggunaan energi matahari. Pada suatu hari nanti semua peralatan listrik yang digunakan manusia akan dilayanani oleh energi matahari. Sinar matahari yang terang mampu menghasilkan sampai 5000 watts energi per meter persegi diatas permukaan bumi, dan jika energi tersebut bisa dikumpulkan semua maka akan sangat mudah untuk dimanfaatkan oleh kantor – kantor, rumah atau perusahaan – perusahaan secara cuma – cuma.

#### **2.1.4 Bagaimana Sel Surya Bekerja**

Pada bagian ini akan dipelajari bagaimana cara sel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya yang sering kita lihat adalah sekumpulan modul sel photovoltaic (photo = cahaya, voltaic = listrik) yang disusun sedemikian rupa dan dikemas dalam sebuah frame. Sel photovoltaic ini yang nantinya akan merubah secara langsung energi matahari menjadi listrik.

Sel photovoltaic ini terbuat dari bahan khusus semikonduktor yang sekarang banyak digunakan dan disebut dengan silikon. Ketika cahaya mengenai sel silikon, cahaya tersebut akan diserap oleh sel ini, hal ini berarti bahwa energi cahaya yang diserap telah ditransfer ke bahan semikonduktor yang berupa silikon. Energi yang tersimpan dalam semikonduktor ini akan mengakibatkan elektron lepas dan mengalir dalam semikonduktor. Semua sel photovoltaic ini juga memiliki medan elektrik yang memaksa elektron yang lepas karena penyerapan cahaya tersebut untuk mengalir dalam suatu arah tertentu. Elektron yang mengalir ini adalah arus listrik, dengan meletakkan terminal kontak pada bagian atas dan bawah dari sel photovoltaic ini akan dapat dilihat dan diukur arus yang mengalir



sehingga dapat digunakan untuk menyuplai perangkat eksternal. Hal diatas adalah dasar perubahan energi surya menjadi listrik oleh semikonduktor silikon.

#### 2.1.5. Sel Silikon

Sel silikon mempunyai sifat kimia khusus dalam format kristalnya. Atom silikon mempunyai 14 elektron yang diatur dalam tiga kulit atom yang berbeda. Dua kulit atom yang pertama terisi elektron penuh dan sisanya pada kulit terluar yang hanya terisi empat elektron. Atom silikon ini akan selalu mencari jalan untuk memenuhi kulit luarnya (ingin memenuhi sampai punya 8 elektron) dengan cara melakukan ikatan dengan atom silikon lain yang kulit luarnya sama mempunyai 4 elektron. Gabungan dari dua atom ini adalah struktur kristal murni yang merupakan dasar pembentuk sel photovoltaic.

Silikon murni bersifat sebagai konduktor karena tidak ada satupun elektron yang bergerak bebas, artinya elektron berada pada bahan yang mempunyai sifat konduktor yang bagus seperti tembaga, atau dengan kata lain elektron terkunci dalam struktur kristal silikon murni. Silikon dalam sel surya sudah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga akan bekerja sebagai sel surya. Sel surya ini mempunyai silikon dengan impurity atom lain yang dicampur dengan atom silikon. Dalam hal ini atom silikon tidak akan bekerja tanpa impurity tersebut. Silikon akan dicampur dengan sebuah atom phospor. Atom phospor mempunyai 5 elektron di kulit terluarnya.

Ketika energi diberikan ke kristal silikon murni, sebagai contoh misalnya dalam wujud panas, hal ini akan menyebabkan beberapa elektron akan lepas dan meninggalkan atomnya. ~~Setiap elektron akan meninggalkan sebuah hole (lobang)~~

disekitar atom dimana elektron bisa diikat. Elektron ini kemudian lepas secara acak disekitar kisi – kisi dari kristal atom tersebut untuk mencari hole lain yang kosong untuk ditempati. Elektron ini disebut sebagai elektron bebas dan dapat membawa arus listrik.

Silikon tak murnian yang dicampur dengan fosfor ini membutuhkan sedikit energi untuk melepaskan salah satu elektron fosfor yang tidak diikat dalam suatu ikatan dengan atom lain tetangganya. Sebagai hasil campuran antara silikon dan fosfor ini, banyak elektron yang lepas dan banyak membawa muatan arus listrik apabila dibandingkan dengan silikon murni.

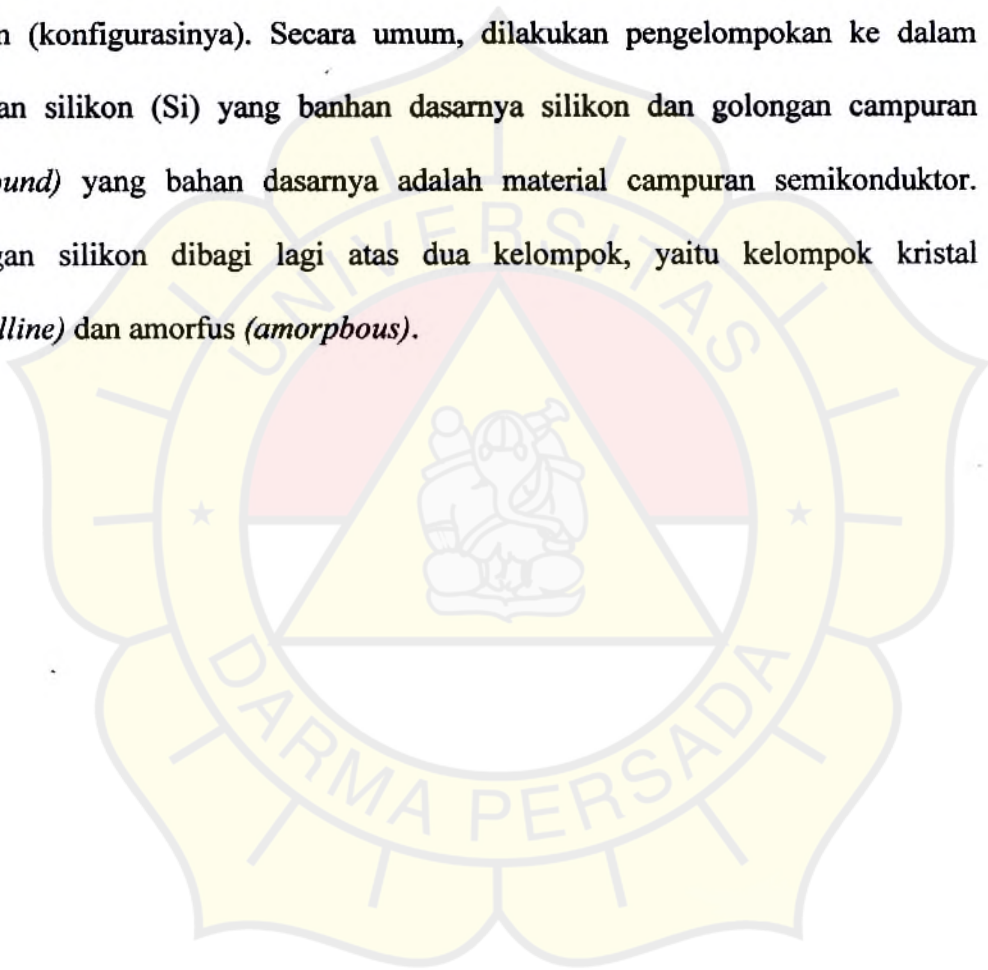
Proses penambahan atom fosfor ini disebut sebagai proses doping. Ketika silikon di doping dengan fosfor maka silikon disebut sebagai atom n-type (n untuk negatif) karena adanya elektron bebas. Silikon n-type yang telah didoping ini mempunyai sifat konduktor yang lebih bagus daripada silikon murni. Pada bagian lain silikon yang didoping dengan boron yang mempunyai elektron pada kulit terluar 3 elektron maka silikon akan menjadi atom p-type (p untuk positif) yang banyak memiliki hole bebas karena ketiadaan elektron. Sehingga atom p-type ini akan bertugas berkebalikan dari atom n-type.

Ketika diletakkan silikon n-type dengan silikon p-type, maka setiap sel photovoltaic ini memiliki minimal satu medan listrik. Tanpa medan listrik maka sel tidak akan bekerja, dan pada fase ini antara silikon n-type dan silikon p-type sedang melakukan ikatan. Dan kemudian elektron pada silikon n-type akan mencari hole pada silikon p-type untuk ditempati elektron tersebut.



## 2.2 Bahan Solar Cell

Bahan solar sel yang utama adalah silikon. Silikon ini adalah elemen kedua yang terbanyak di bumi sesudah oksigen. Di bumi silikon terdapat dalam bentuk silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) bahan solar sell saat ini adalah silikon yang di dapat dari pemurnian (ekstraksi) dari  $\text{SiO}_2$ . silikon ini diperoleh dari extrasi secara kuantitatif. Pengelompokan solar sell didasarkan pada bahan (material) dan susunan (konfigurasinya). Secara umum, dilakukan pengelompokan ke dalam golongan silikon (Si) yang banhan dasarnya silikon dan golongan campuran (*compound*) yang bahan dasarnya adalah material campuran semikonduktor. Golongan silikon dibagi lagi atas dua kelompok, yaitu kelompok kristal (*crystalline*) dan amorfus (*amorpous*).



Sebelumnya silikon ini memiliki muatan yang netral. Elektron lebih pada fosfor akan diseimbangkan oleh proton. Ketika hole dan elektron digabung jadi satu dalam sambungan antara n-type dan p-type maka kenetralan dari silikon ini akan terganggu. Pada sambungan akan membentuk suatu campuran elektron dan akhirnya keseimbangan tercapai lagi dan akan terbentuk suatu medan elektrik yang memisahkan kedua sisi tersebut.

Medan elektrik ini bekerja seperti dioda, membiarkan (bahkan mendorong) elektron untuk mengalir dari sisi P ke sisi N, dan elektron hanya memiliki satu arah.

#### **2.1.6 Listrik Yang Dihasilkan Sel Photovoltaic**

Ketika cahaya dalam hal ini adalah photon (satuan energi dalam cahaya) mengenai sel surya, maka energinya akan membebaskan pasangan elektron dan hole. Setiap photon dengan energi yang cukup secara normal akan membebaskan elektron, dan akan menghasilkan hole bebas juga. Apabila hal ini terjadi cukup dekat dengan medan listrik, atau jika elektron bebas dan hole bebas masih berada pada range pengaruhnya, maka medan listrik ini akan mengirimkan elektron pada sisi N dan hole pada sisi P. Hal ini akan mengakibatkan kenetralan terganggu, dan jika disediakan alur arus luar, maka elektron akan mengalir sepanjang alur, kembali ke asalnya yaitu sisi P untuk bersatu dengan hole yang dikirim oleh medan listrik. Elektron yang mengalir ini akan menghasilkan arus sedangkan medan listrik akan menghasilkan tegangan. Dengan kedua unsur arus dan tegangan tersebut, akan didapatkan power.