

SEL SURYA

1. Pendahuluan

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Sedangkan, akses ke energi yang andal dan terjangkau merupakan pra-syarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat.

Beberapa tahun belakangan ini Perusahaan Listrik Negara (PLN) kita gencar mensosialisasikan program hemat listrik dari pukul 17.00 hingga 22.00. Alasan PLN melakukan ini adalah untuk efisiensi energi terutama dalam menghadapi beban puncak pada jam tersebut. Oleh karena itu masalah peningkatan konsumsi energi nasional ini harus segera dipecahkan. Perlu kita pahami, kebutuhan energi global dalam 30 tahun ke depan akan meningkat dua kali lipat per tahunnya. Pada 40 tahun mendatang, kebutuhan meningkat lagi menjadi tiga kali lipat atau setara dengan energi 20 miliar ton minyak bumi. Memang selama ini menurut Energy Information Administration (EIA) memperkirakan pemakaian energi hingga tahun 2025 masih didominasi bahan bakar fosil, yakni minyak bumi, gas alam, dan batubara. Permasalahannya yaitu menurut data Departemen ESDM juga menyebutkan, cadangan minyak bumi di Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun kedepan, sedangkan gas bumi masih bisa mencukupi hingga 61 tahun lagi. Kemudian cadangan batubara diperkirakan habis dalam waktu 147 tahun lagi.

Salah satu solusi masalah energi diatas yaitu energi matahari atau tenaga surya. Energi matahari yang dipancarkan ke planet bumi adalah 15.000 kali lebih besar dibandingkan dengan penggunaan energi global dan 100 kali lebih besar dibandingkan dengan cadangan batubara, gas, dan minyak bumi. Permasalahan energi matahari ini mungkin sedikit banyak mirip dengan energi nuklir. Sebenarnya secara teknologi bangsa Indonesia sudah mampu mengelolanya. Bahkan teknologi mutakhir telah mampu mengubah 10-20 % pancaran sinar matahari menjadi tenaga surya

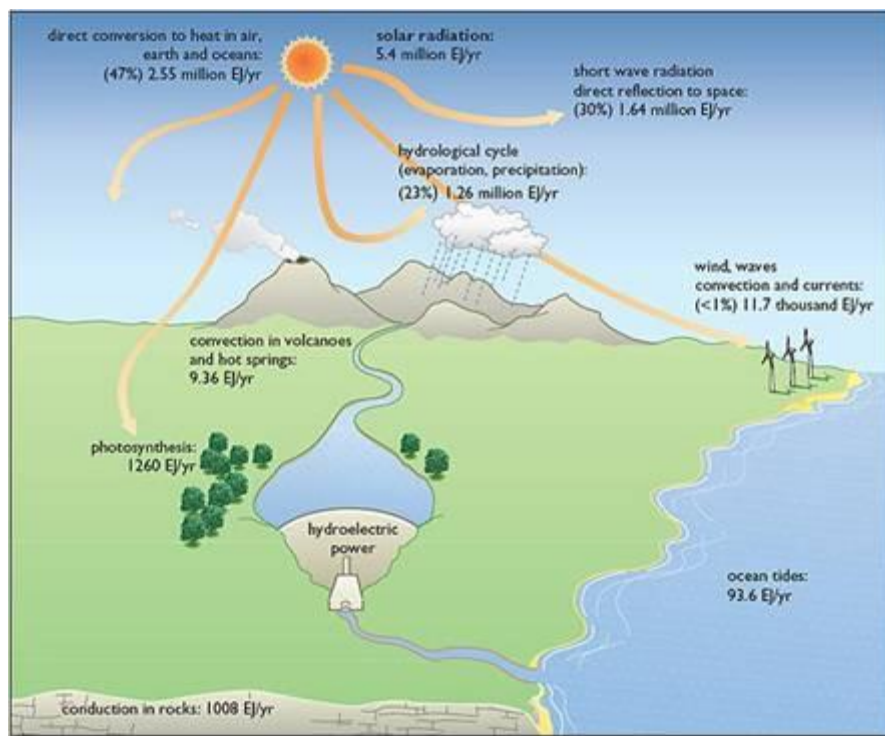
Pemakaian energi surya di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik, mengingat bahwa secara geografis sebagai negara tropis, melintang garis katulistiwa berpotensi energi surya yang cukup baik.

2. Landasan Teori

Energi surya memegang peranan paling penting dari berbagai sumber energi lain yang dimanfaatkan oleh manusia. Energi surya merupakan sumber berbagai sumber energi. Energi

surya mengawali terbentuknya sumber energi yang lain dan sumber energi lain akan tercipta selama ada matahari. Sebagian besar radiasi surya yang masuk ke atmosfer akan diserap oleh makhluk hidup yang memiliki klorofil kemudian menggunakannya untuk membentuk biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi baik secara langsung maupun melalui pembentukan bahan bakar fosil. Selain itu, radiasi surya yang jatuh pada permukaan air akan memanaskan dan menguapkan air tersebut sehingga daur hidrologi terbentuk. Pada topografi permukaan bumi yang berbeda, daur hidrologi yang ada dipermukaan ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

Ketidakeragaman radiasi surya di permukaan bumi juga membantu dalam pembentukan pusat-pusat tekanan udara tinggi dan rendah yang mengakibatkan terjadinya angin sebagai sumber energi. Mengingat kembali hukum Termodinamika I, sumber-sumber energi ini pun dapat diubah menjadi bentuk yang lain seperti listrik, kimia, elektromagnetik, panas, dan lain-lain.



Potensi energi surya pada suatu wilayah sangat bergantung pada posisi antara matahari dengan kedudukan wilayah tersebut dipermukaan bumi. Potensi ini akan berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, dan tempat (garis lintang) serta waktu (hari dalam tahun dan jam dalam hari). Indonesia yang berada dalam wilayah khatulistiwa mempunyai potensi energi surya yang cukup besar sepanjang tahunnya.

Selain menjadi sumber energi bagi sumber energi lainnya, energi surya sangat berpotensi untuk dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan

energi surya ini dapat dilakukan secara termal maupun melalui energi listrik. Pemanfaatan secara termal dapat dilakukan secara langsung dengan membiarkan objek pada radiasi matahari, atau menggunakan peralatan yang mencakup kolektor dan konsentrator surya.

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan cahaya matahari oleh manusia semakin sering dilakukan dalam kehidupan sehari-hari sesuai dengan perkembangan pemahaman tentang gelombang ini sendiri. Nama-nama seperti Isaac Newton dengan Hypothesis of Lightnya, Christian Huygens dengan teori rambat gelombang, Faraday dengan teori elektromagnetisme, James Clerk Maxwell yang berhasil memperbaiki teori rambat gelombangnya Christian Huygens, Max Planck dengan teori kuantum, Albert Einstein dan Louis de Broglie yang menyatakan bahwa cahaya adalah bentuk partikel dan gelombang dengan teori dualitas partikel-gelombang telah memberikan kontribusi yang besar dalam memanfaatkan gelombang elektromagnet.

Cahaya matahari yang merupakan pancaran gelombang elektromagnet adalah salah satu contoh dari sekian banyak bentuk energi yang dapat kita rasakan di bumi dan telah kita manfaatkan sumber dayanya berabad-abad. Pemberdayaan energi cahaya matahari pada setiap zaman semakin meningkat seiring dengan pengetahuan yang kita dapatkan dan salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi foton cahaya matahari menjadi energi listrik.

Di sejumlah negara, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang dibangun di atas lahan yang luas sudah dibangun dan berjalan. Pada Februari 2008, sebuah pusat pembangkit listrik dengan tenaga surya (PLTS) dibuka di Spanyol dan merupakan yang terbesar di dunia saat ini. Dengan menggunakan 120.000 panel tenaga matahari (solar panel) di lahan seluas 100 hektar di Jumilla, daerah penghasil anggur di Selatan Spanyol, dapat menghasilkan kapasitas sebesar 20 megawatts atau dapat "menghidupi" 20.000 rumah.

Proyek ini diharapkan bisa memberikan pendapatan 28 juta dollar per tahun dan dapat mengurangi emisi gas CO₂ sekitar 42.000 ton per tahun. Pembangunan 'pabrik' tenaga surya ini dilakukan dengan berbagai ketentuan seperti menanam kembali pohon di sekitar pabrik, menyediakan tempat penampungan air untuk mengatasi kebakaran, menyediakan tempat minum untuk hewan, dan sebagainya.

3. Tujuan dan Manfaat

3.1 Manfaat bagi manusia

Energi listrik yang berasal dari energi surya pertama kali digunakan untuk penerangan rumah tangga dengan sistem desentralisasi yang dikenal dengan Solar System (SHS), kemudian

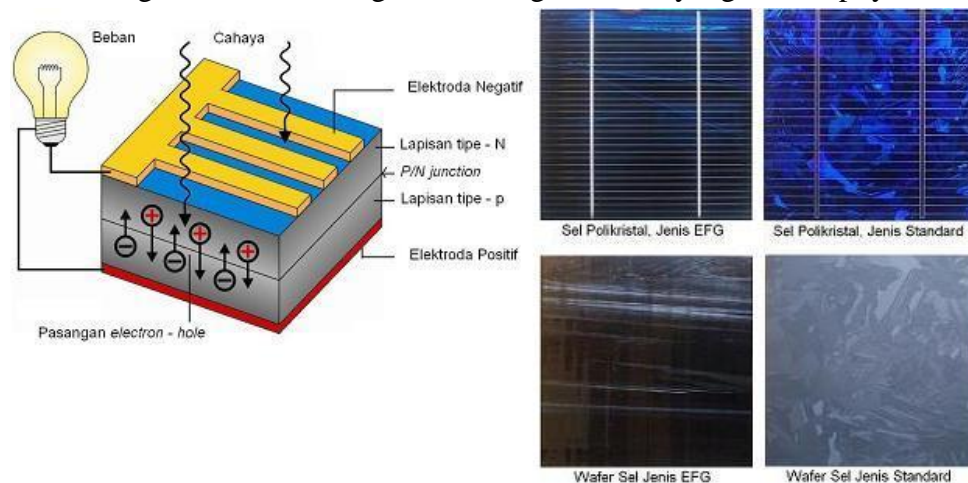
untuk TV umum, komunikasi dan pompa air. Sementara itu evaluasi program SHS di Indonesia pada proyek Desa Sukatani, Bampres, dan listrik masuk desa menunjukkan tanda- tanda yang mengembirakan dengan keberhasilan penerapan secara komersial.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sampai tahun 94, jumlah pemakaian sistem fotovoltaik di Indonesia sudah mencapai berkisar 2.5-3 MWp. Yang pemakaiannya meliputi kesehatan 16 %, hibrida 7 %, pompa air 5 %, penerangan pedesaan 13 %, radio dan TV komunikasi 46,6 % dan lainnya 11,8 %. Kemudian dari kajian awal BPPT diperoleh proyeksi kebutuhan sistem PLTS diperkirakan akan mencapai 50 MWp. Sementara itu menurut perkiraan yang lain pemakaian fotovoltaik di Indonesia 5-10 tahun mendatang akan mencapai 100 MW terutama untuk penerangan di pedesaan. Sedangkan permintaan fotovotaik diperkirakan sudah mencapai 52 MWp.

Untuk meningkatkan kemakmuran rakyat Indonesia, isu itu sekilas terlihat bertentangan. Dikarenakan dalam usaha peningkatan kemakmuran akan selalu mengarah pada peningkatan industrialisasi yang memicu peningkatan penggunaan energi konvensional. Semua itu pada akhirnya akan menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti emisi karbon dioksida yang meningkat serta pemanasan global (global warning system). Untuk itu, ditekankannya, dunia harus dapat menemukan sumber-sumber energi baru yang ramah lingkungan serta dapat diperbaharui.

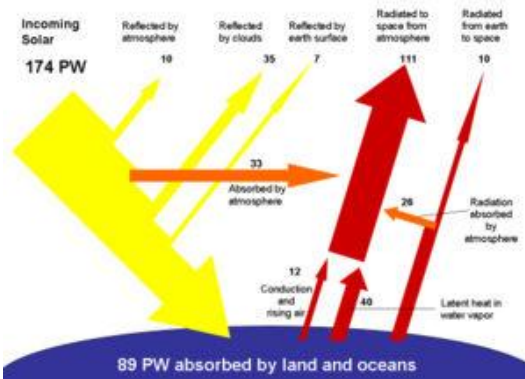
4. Fotovoltaik

Alat pada sel surya sering disebut juga fotovoltaik. Sel surya dapat menyerap gelombang elektromagnetik dan mengubah energi foton yang diserapnya menjadi energi listrik.



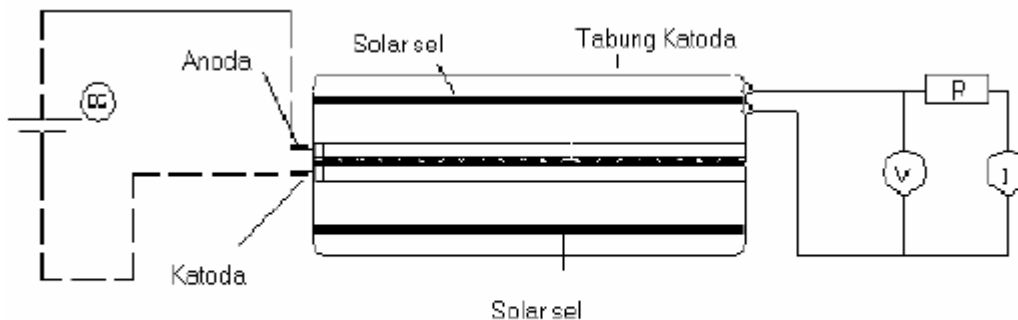
Bagian terbesar sel surya adalah sebuah dioda. Dioda terbuat dari suatu semikonduktor dengan jurang energi ($E_c - E_v$). Ketika energi foton yang datang lebih besar dari jurang energi ini, foton akan diserap oleh semikonduktor untuk membentuk pasangan elektron-hole. Elektron dan hole kemudian ditarik oleh medan listrik sehingga menimbulkan photocurrent (photo current

bisa juga dinamakan sebagai arus yang dihasilkan oleh cahaya). Dalam sel surya tidak hanya photocurrent yang penting, tetapi ada beberapa parameter lain yang perlu mendapat kajian.



Gambar di atas mengilustrasikan transfer energi dari matahari ke bagian-bagian Bumi. Dapat terlihat bahwa sekitar setengah dari energi masukan diserap oleh air dan daratan, sedangkan yang lainnya diradiasikan kembali ke luar angkasa. (nilai 1 PW = 1015 W).

Modul surya (*fotovoltaic*) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.



Gambar 4. Prinsip kerja Sel surya

Komponen utama sistem surya fotovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaik. Untuk membuat modul fotovoltaik secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul fotovoltaik kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel fotovoltaik diperlukan teknologi tinggi. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel.

Bahan sel surya sendiri terdiri kaca pelindung dan material adhesive transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan, material anti-refleksi untuk menyerap

lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semi-konduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran Silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik.

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik (GGL) pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1. Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang disebut hole (lubang) mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3. Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC.

Ketika sebuah foton menumbuk sebuah lempeng silikon, salah satu dari tiga proses kemungkinan terjadi, yaitu:

1. Foton dapat melewati silikon; biasanya terjadi pada foton dengan energi rendah.
2. Foton dapat terpantulkan dari permukaan.
3. Foton tersebut dapat diserap oleh silikon yang kemudian:
 - a. Menghasilkan panas, atau
 - b. Menghasilkan pasangan elektron-lubang, jika energi foton lebih besar daripada nilai celah pita silikon.

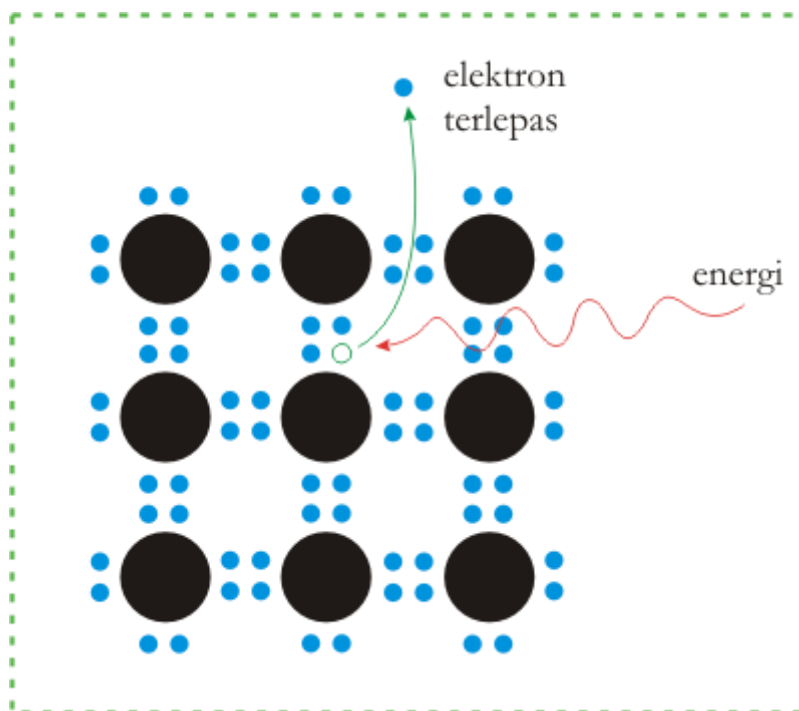
Ketika sebuah foton diserap, energinya diberikan ke elektron di lapisan kristal. Biasanya elektron ini berada di pita valensi, dan terikat erat secara kovalen antara atom-atom tetangganya sehingga tidak dapat bergerak jauh dengan leluasa. Energi yang diberikan kepadanya oleh foton mengeksitasinya ke pita konduksi, dimana ia akan bebas untuk bergerak dalam semikonduktor tersebut. Ikatan kovalen yang sebelumnya terjadi pada elektron tadi menjadi kekurangan satu elektron; hal ini disebut hole (lubang). Keberadaan ikatan kovalen yang hilang menjadikan elektron yang terikat pada atom tetangga bergerak ke lubang, meniggalkan lubang lainnya, dan dengan jalan ini sebuah lubang dapat bergerak melalui lapisan kristal. Jadi, dapat dikatakan bahwa foton-foton yang diserap dalam semikonduktor membuat pasangan-pasangan elektron-lubang yang dapat bergerak.

Sebuah foton hanya perlu memiliki energy lebih besar dari celah pita supaya bisa mengeksitasi sebuah elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Meskipun demikian, spektrum frekuensi surya mendekati spektrum radiasi benda hitam (black body) pada ~6000 K, dan oleh karena itu banyak radiasi surya yang mencapai Bumi terdiri atas foton dengan energi lebih besar dari celah pita silikon. Foton dengan energi yang cukup besar ini akan diserap oleh sel surya, tetapi perbedaan energi antara foton-foton ini dengan celah pita silikon diubah menjadi kalor

(melalui getaran lapisan kristal yang disebut fonon) bukan dalam bentuk energi listrik yang dapat digunakan selanjutnya.

a. Semikonduktor

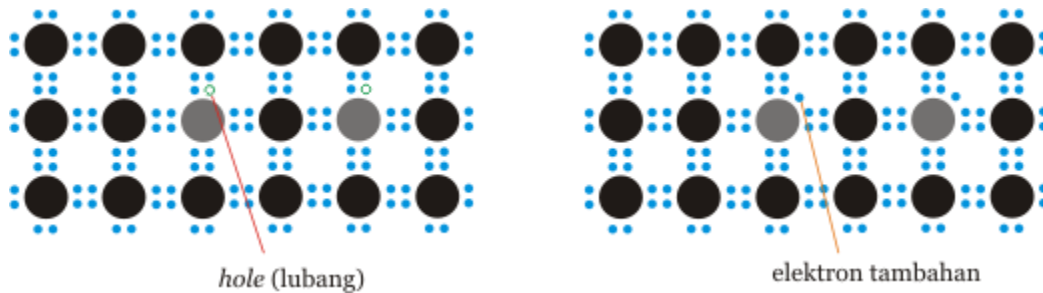
Semikonduktor mempunyai susunan pita energi yang mirip dengan pita energi isolator. Pada suhu sangat rendah, pita konduksi semikonduktor tidak terisi oleh elektron. Di antara pita konduksi dan valensi juga terdapat celah energi. Namun, celah terlarang ini mempunyai jarak yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan celah terlarang pada isolator. Nilai celah terlarang untuk semikonduktor adalah sekitar 1,1 eV sedangkan pada isolator intan adalah sebesar 6 eV. Pada suhu kamar, elektron yang ada pada pita valensi akan mendapatkan energi kinetik. Energi kinetik ini cukup kuat untuk memindahkan elektron ke pita konduksi. Berpindahannya elektron ke pita konduksi menyebabkan adanya elektron bebas pada pita konduksi. Akibatnya, pada suhu kamar tersebut maka semikonduktor mampu mengantarkan arus listrik seperti halnya pada konduktor.



[Sketsa penampang dua dimensi dari kristal silikon.]

Ketika suatu kristal silikon di-*doping* dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silikon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika kristal silikon di-*doping* oleh unsur

golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya *hole* yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p.



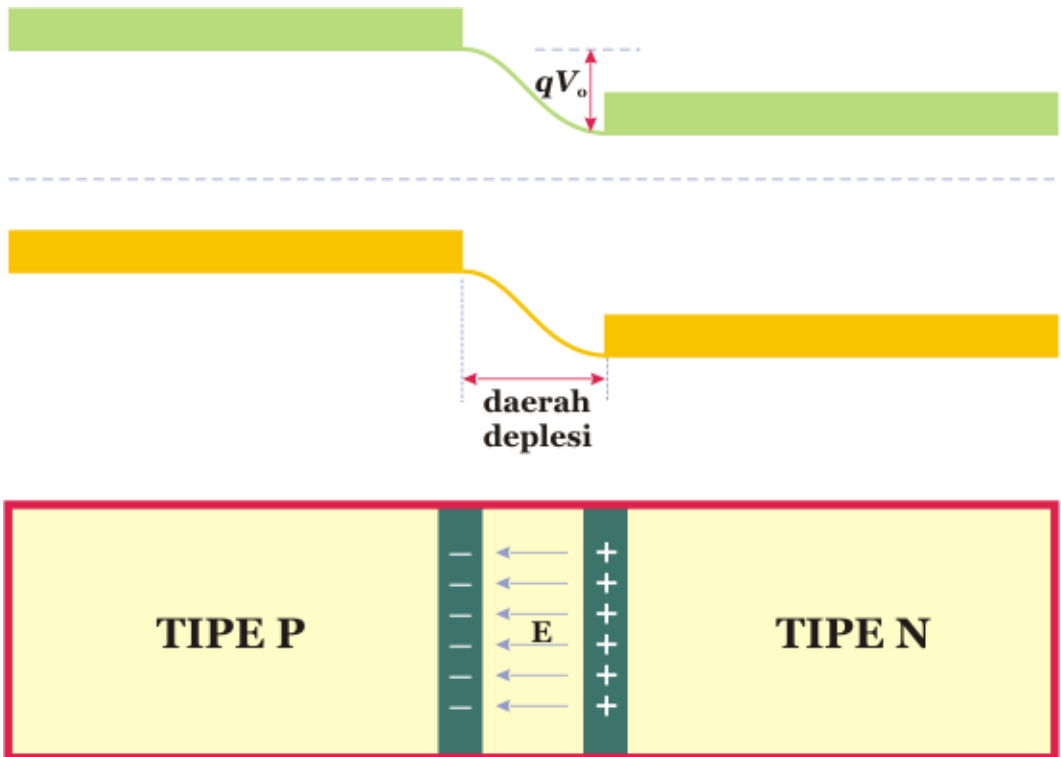
[Semikonduktor tipe-p (kiri) dan tipe-n (kanan).]



[Diagram pita energi semikonduktor tipe-p (kiri) dan tipe-n (kanan).]

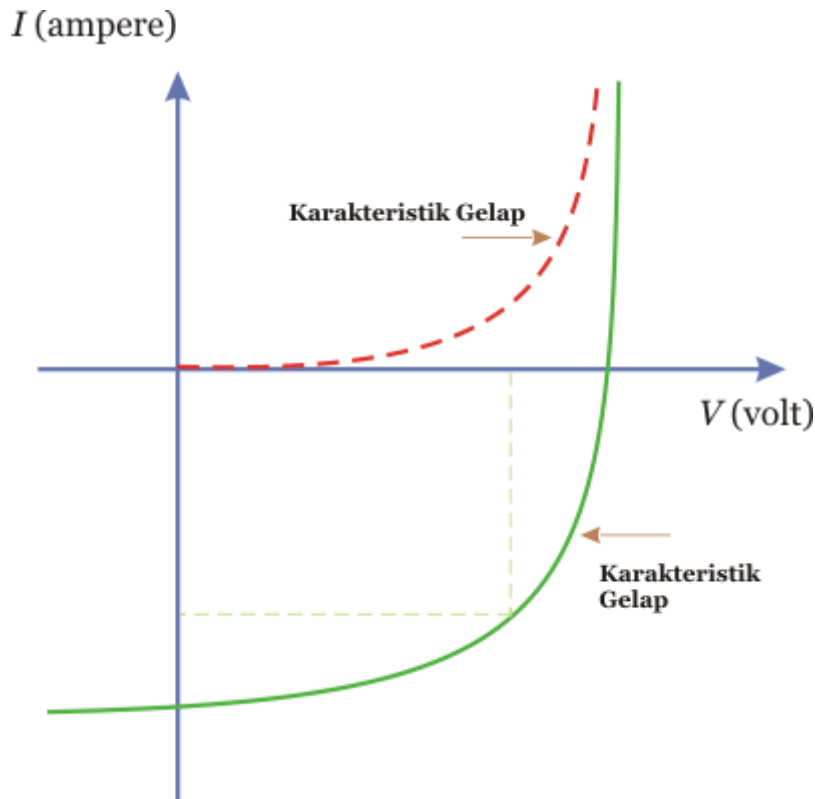
» SAMBUNGAN P-N

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi *hole* dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi elektron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negatif pada batas tipe-p. Batas tempat terjadinya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi. Adanya perbedaan muatan pada daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus *drift*. Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut.



[Diagram energi sambungan p-n dan munculnya daerah deplesi.]

Lantas, bagaimana elektron-elektron yang terlepas dari atom-atom kristal semikonduktor dapat mengalir sehingga menimbulkan energi listrik? Sebagaimana yang kita ketahui bersama, elektron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. Kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada sel surya sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar elektron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut.



[Kurva I-V sel surya pada keadaan gelap dan diberikan cahaya.]

Ketika semikonduktor sambungan p-n disinari maka akan terjadi pelepasan elektron dan hole pada semikonduktor tersebut. Lepasnya pembawa muatan tersebut mengakibatkan penambahan kuat medan listrik di daerah deplesi. Adanya kelebihan muatan ini akan mengakibatkan muatan ini bergerak karena adanya medan listrik pada daerah deplesi. Pada keadaan ini, arus *drift* lebih besar daripada arus difusi sehingga secara keseluruhan dihasilkan arus berupa arus *drift*, yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Arus inilah yang kemudian dimanfaatkan oleh sel surya sambungan p-n sebagai arus listrik.

b. Efek Foto Listrik

Efek fotolistrik adalah peristiwa terlepasnya elektron- elektron dari permukaan logam (disebut sebagai elektron foto) ketika logam tersebut disinari dengan cahaya. Rumus energi berdasarkan teori kuantum adalah $E = nhf$. Dengan demikian, cahaya dipancarkan sebagai partikel-partikel kecil yang disebut foton.

Jika tabung tabung ditempatkan dalam ruang gelap, maka tidak akan ada arus listrik (I) yang mengalir. Tapi ketika cahaya dengan frekuensi tertentu diarahkan ke pada pelat/panel surya, maka akan terjadi aliran listrik. Apabila dikaji lebih jauh, efek fotolistrik ini maka ada dua sifat

penting dari gelombang cahaya yakni: intensitas cahaya dan frekuensi. Beberapa sifat penting yang terjadi pada efek foto listrik adalah sebagai berikut :

1. Besarnya energi kinetik maksimum elektron foto tidak tergantung pada intensitas cahaya.
2. Permukaan dari sel surya membutuhkan frekuensi minimum tertentu yang disebut frekuensi ambang (f_0) untuk dapat menghasilkan elektron foto.
3. Elektron-elektron dapat terbebas dari permukaan sel surya hampir tanpa selang waktu, yaitu kurang dari 10^{-9} detik setelah penyinaran.
4. Energi kinetik maksimum elektron foto bertambah jika frekuensi cahaya diperbesar.
5. Semua foton memiliki energi yang sama sebesar hf , sehingga apabila intensitas cahaya dinaikkan namun dengan frekuensi yang tetap akan menambah jumlah foton, tetapi tidak menambah energi yang dipancarkan.

Agar terjadi aliran listrik (berpindahnya elektron) dari permukaan sel surya, maka diperlukan kerja minimum W_0 (disebut fungsi kerja atau energiambang) untuk melepaskan elektron dari permukaan sel surya. Besarnya W_0 tergantung pada jenis logam yang dipakai sebagai bahan sel surya. Agar terjadi arus listrik yang kontinu maka frekuensi (f) yang dipancarkan oleh cahaya haruslah sedemikian rupa sehingga $hf > W_0$,

keterangan:

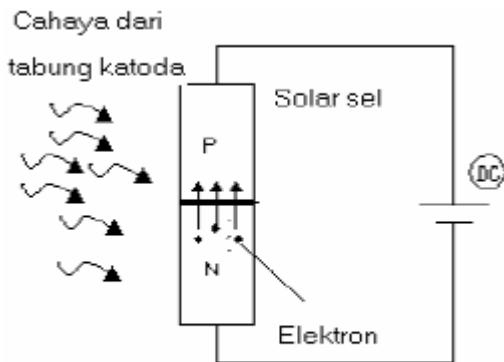
W_0 = Fungsi kerja atau energi ambang (Joule) Satuan W_0 sering ditulis dalam eV, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

h = konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$)

m = masa elektron ($9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

v = kecepatan elektron (m/s)

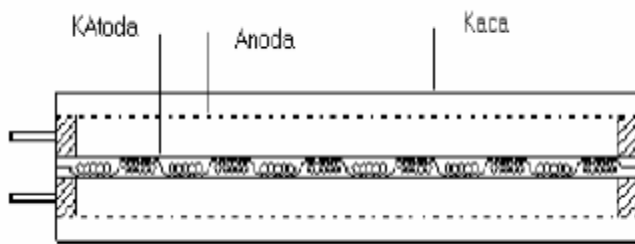
f_0 = frekuensi ambang (Hertz)



(b) Aliran elektron

c. Tabung Katoda

Tabung katoda adalah suatu alat yang menghasilkan cahaya atau aliran elektron dari katoda ke anoda. Sedangkan sel surya adalah sebuah alat yang mengkonversikan energi foton (cahaya sebagai partikel) menjadi energi listrik. Agar mampu menjadi sumber tenaga listrik dengan daya output yang tinggi, maka dua parameter yang perlu diperbaiki dan dikontrol adalah intensitas cahaya dan frekuensi cahaya yang diterima oleh sel surya. Frekuensi cahaya yang dihasilkan oleh tabung katoda f haruslah jauh lebih besar dari frekuensi ambang f_0 sel surya, sehingga akan terjadi arus listrik yang kontinu. Dengan demikian, maka ada dua hal yang diperbaiki, yakni memperbesar frekuensi cahaya katoda atau mengganti bahan sel surya dengan bahan lain yang memiliki frekuensi ambang sekecil mungkin.



(a) Tabung katoda

Intensitas cahaya yang dihasilkan oleh tabung katoda cukup setara dengan intensitas cahaya matahari yang sebesar 560 W/m^2 , namun dengan frekuensi yang sangat tinggi. Hal ini akan berdampak pada dihasilkannya daya output dari sel surya yang tinggi. Selain itu, ada beberapa hal yang perlu diperbaiki, yakni:

- 1) Filamen Pemanas Filamen pemanas berfungsi untuk memanasi ujung katoda perlu dipercepat dengan memberikan suatu beda potensial dari 50 kV sampai 5000 kV DC di antara katoda dan anoda.
- 2) Material yang digunakan sebagai katoda adalah campuran antara tungsten dan thorium, karena memiliki kekuatan mekanik yang bagus, titik lebur yang tinggi, fungsi kerja yang tinggi serta memerlukan daya input yang lebih kecil. Material penyusun semikonduktor dalam solar

sel surya yang umum adalah InAs: 0.36 eV, Ge: 0.67 eV, Si: 1.1 eV, amorphous Si (a-Si : H): 1.7 eV,

GaN: 3.5 eV). Berdasarkan pada fungsi kerja material

tersebut, maka material yang cocok adalah InAs: 0.36. Sel surya dengan material InAs ini diharapkan akan mampu menghasilkan energi listrik yang lebih besar bila dibandingkan dengan sel surya berbahan silikon.

5. Proses konversi energy

Dalam sistem penerapan fotovoltaik dapat digabungkan dengan pembangkit lain seperti pembangkit tenaga diesel (PLTD) dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTM). Penggabungan ini dinamakan sistem hibrida yang tujuannya untuk mendapatkan daya guna yang optimal. Pada sistem ini PLTS merupakan komponen utama, sedang pembangkit listrik lainnya digunakan untuk mengkompensasi kelemahan sistem PLTS dan mengantisipasi ketidakpastian cuaca dan sinar matahari. Pada sistem PLTS-PLTD, PLTD-nya akan digunakan sebagai “bank up” untuk mengatasi beban maksimal. Pengkajian dan penerapan sistem ini sudah dilakukan di Bima (NTB) dengan kapasitas PLTS 13,5 kWp dan PLTD 40 kWp.

Penggabungan antara PLTS dengan PLTM mempunyai prospek yang cerah. Hal ini karena sumber air yang dibutuhkan PLTM relatif sedikit dan itu banyak terdapat di desa-desa. Untuk itulah pemerintah Indonesia dengan pemerintah Jepang telah merealisasi penerapan sistem model hidro ini di desa Taratak (Lombok Tengah) dengan kapasitas PLTS 48 kWp dan PLTM sebesar 6,3 kWp.

Pada sistem hibrida antara fotovoltaik dengan Fuel Cell (sel bahan bakar), selisih antara kebutuhan listrik pada beban dan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik akan dipenuhi oleh fuel cell. Controller berfungsi untuk mengatur fuel cell agar listrik yang keluar sesuai dengan keperluan. Arus DC yang dihasilkan fuel cell dan arus fotovoltaik digabungkan pada tegangan DC yang sama kemudian diteruskan ke power conditioning subsystem (PCS) yang berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Keuntungan sistem ini adalah efisiensinya tinggi sehingga dapat menghemat bahan bakar, dan kehilangan daya listrik dapat diperkecil dengan menempatkan fuel cell dekat pusat beban.

6 Komponen PLTS

PLTS terdiri dari tiga komponen utama:

- Modul Surya; berfungsi merubah cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC), inverter dapat dengan mudah merubahnya menjadi listrik arus bolak balik (AC) apabila diperlukan. Bentuk moduler dari modul surya memberikan kemudahan pemenuhan kebutuhan listrik untuk berbagai skala kebutuhan. Kebutuhan kecil dapat dicukupi dengan satu modul atau dua modul, dan kebutuhan besar dapat dicatu oleh bahkan ribuan modul surya yang dirangkai menjadi satu. Satu buah modul surya umumnya terdiri dari 36 buah solar cell.
- Alat Pengatur; berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke battery dan beban. Alat elektronik ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi battery.
- Baterai / Accu; berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampu

penerangan atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik.

7 System PLTS

PLTS dengan sistem sentralisasi artinya pembangkit tenaga listrik dilakukan secara terpusat dan suplai daya ke konsumen dilakukan melalui jaringan distribusi. Sistem ini cocok dan ekonomis pada daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Contohnya PLTS di Desa Kentang Gunung Kidul mempunyai kapasitas daya 19 kWp, kapasitas baterai 200 volt dan beban berupa penerangan yang terpasang pada 85 rumah. Sementara itu PLTS dengan sistem individu daya terpasangnya relatif kecil yaitu sekitar 48-55 Wp. Jumlah daya sebesar 50 Wp per rumah tangga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan penerangan, informasi (TV dan Radio) dan komunikasi (Radio komunikasi). Dan sampai tahun 95 sistem ini sudah terpasang sekitar 10.000 unit yang tersebar di seluruh perdesaan Indonesia dan pengelolaannya yang meliputi pemeliharaan dan pembayaran dilaksanakan oleh KUD.

Melihat trend harga sel surya yang semakin menurun dan dalam rangka memperkenalkan sistem pembangkit yang ramah lingkungan, pemanfaatan PLTS dengan sistem individu semakin ditingkatkan. Pada tahap pertama direncanakan akan dipasang 36.000 unit SHS selama tiga tahun dengan prioritas 10 propinsi di kawasan timur Indonesia. Paling tidak ada 5 keuntungan pembangkit dengan surya fotovoltaik. Pertama energi yang digunakan adalah energi yang tersedia secara cuma-cuma. Kedua perawatannya mudah dan sederhana. Ketiga tidak terdapat peralatan yang bergerak, sehingga tidak perlu penggantian suku cadang dan penyetelan pada pelumasan. Keempat peralatan bekerja tanpa suara dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Kelima dapat bekerja secara otomatis.

Pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya atau lebih umum dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan cuma -cuma
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah diinstalasi dan diperbesar kapasitasnya.
3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan ditempat terpencil.
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO₂ serta emisi gas buang lainnya

Salah satu kendala yang dihadapi dengan dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah Investasi awalnya yang tinggi dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan juga masih relatif tinggi yaitu Sekitar (\$ USD 3 –5 / Wp).

Untuk beberapa kondisi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat bersaing dengan pembangkit Konvensional Diesel/Mikrohydro, yaitu pada tempat-tempat terpencil yang sarana perhubungannya masih belum terjangkau jaringan listrik umum (PLN).

8 Perawatan PLTS

Salah satu kelebihan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah mudah dalam perawatan. Perawatan yang harus dilakukan hanya mengisi air aki setiap 3-4 bulan sekali. Demikian dikatakan Manager Pengabdian Masyarakat Pusat Studi Energi UGM Yogyakarta, Rita Kristyanti SH. Sayangnya masyarakat belum terbiasa merawat instalasi listrik mereka. Disisi lain, tidak pernah ada sosialisasi merawat instalasi PLN yang ada dirumah. Pada umumnya, masyarakat hanya tahu beres.

Mereka tidak mau tahu kerusakan-kerusakan kecil di dalam rumah yang sebenarnya bisa ditangani sendiri. Kebiasaan itu, katanya, memengaruhi pengguna listrik tenaga surya. Akibatnya, bila terjadi pemadaman/kerusakan, mereka langsung panik dan menyalahkan teknologinya. Padahal, jika ditelusuri, sumber dan kerusakan bisa diatasi karena sistem PLTS amat sederhana, bahkan dengan aki kering PLTS.

Menurutnya PLTS ramah terhadap lingkungan, berbeda dari listrik dari pembakaran batubara, BBM, atau gas. PLTS tidak menghasilkan polusi seperti CO₂, Nox, Sox dan lain-lain. Karena itu, PLTS sangat cocok untuk pelestarian lingkungan sekaligus sebagai wujud komitmen peduli lingkungan.

Melihat semua keandalan PLTS itu, Pusat Studi Energi (PSE) UGM mengembangkan teknologi pemanfaatan sistem listrik tenaga surya. Langkah yang pertama yaitu memperkenalkan teknologi listrik tenaga surya kepada masyarakat terutama melalui media massa cetak dan elektronik

9 APLIKASI PLTS

Dibawah ini adalah beragam paket aplikasi PLTS yang dirancang untuk memenuhi beragam kebutuhan PLTS:

- Solar Home System untuk Penerangan Rumah
Dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik minimum untuk rumah tangga pedesaan meliputi penerangan, catu daya untuk TV dan radio.
- TVRO untuk TV Umum
Aplikasi ini digunakan untuk daerah-daerah yang tidak dapat menangkap siaran televisi

dengan baik (daerah “blank spot”). Dilengkapi dengan parabola TVRO dapat digunakan sebagai TV Umum yang dapat membantu penyebaran informasi & pengetahuan dan memberikan hiburan hingga ke daerah terpencil sekalipun.

- **Lampu Bagang**

Lampu Bagang dirancang untuk memecahkan masalah yang dihadapi para nelayan untuk meningkatkan produktifitas. Lampu dapat dinyalakan kapan saja sesuai dengan pola kerja nelayan.

- **Telpon Satelit Pedesaan/Wartel Pedesaan/Base Camp Terpencil**

Dirancang dengan menggunakan telepon satelit Pasti yang mudah digunakan oleh masyarakat pedesaan/daerah terpencil dimana saja

- **PLTS untuk Puskesmas Pedesaan (Vaccine Refrigerator, Lampu Bidan dan Penerangan)**

Digunakan untuk mengoperasikan Vaccine storage (alat penyimpan vaksin), Lampu Penerangan untuk Bidan Desa , Puskesmas dan Rumah Dokter

- **Sound System untuk Rumah Ibadah**

Pengembangan dari SHS ini disamping memberikan penerangan juga dilengkapi dengan fasilitas sound system yang sangat bermanfaat untuk rumah ibadah. Sehingga aktifitas keagamaan tidak hanya dapat berlangsung siang hari namun juga hingga malam hari.

- **Lampu Jalan/Lampu Lingkungan Pedesaan**

Dirancang untuk menerangi fasilitas umum, jalan lingkungan di pedesaan, penerangan di lingkungan wisata alam, penerangan di pelabuhan nelayan tradisional dll.

- **Pompa Air Bersih / Irigasi**

Produk pompa tenaga surya dapat juga dikombinasikan dengan teknologi irigasi terkini, seperti irigasi splinker dan Irigasi tetes (Drip Irrigation). Tersedia juga pompa AC yang digerakkan dengan listrik PLN atau di couple langsung dengan mesin diesel/bensin. Informasi umum tentang Pompa Air Tenaga Surya (PATS)

10 KESIMPULAN

Sel surya sebagai suatu divais semikonduktor terkait erat dengan teknologi semikonduktor itu sendiri. Jadi pengembangan teknologi ini bisa dijalankan bersama-sama dengan pengembangan divais-divais semikonduktor lainnya untuk aplikasi mikroelektronika. Perbedaan besarnya adalah terletak pada dimensinya, dimana sel surya harus difabrikasi dalam ukuran sebesar mungkin sedangkan divais mikroelektronika menuju k arah pengecilan. Jadi penguasaan teknologi ini akan dengan sendirinya memudahkan penguasaan teknologi semikonduktor lainnya. Hal ini sejalan dengan usaha pengembangan industri elektronika di Indonesia.