

# PEMANFAATAN PHOTOVOLTAIC SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Oleh :

**Togar Timotheus Gultom, ST, MT**  
Dosen STT Immanuel Medan

## Abstrak

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan photovoltaic sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Penulisan makalah ini menggunakan metode tinjauan literatur (*library research*). Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa Energi Surya (Photovoltaic) dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Energi ini juga merupakan energi alternatif. Modul Surya ini dapat digunakan sebagai cadangan yang memadai ketika energi lainnya mulai berkurang bahkan habis. Selain itu, energi ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan energi lain. Energi ini sangat ramah lingkungan dan tidak memerlukan perawatan khusus secara periodik. Energi ini hanya memerlukan cahaya matahari yang jumlahnya tak terbatas, tersedia dimana-mana, dan tidak memerlukan bahan bakar lain seperti bensin, gas, atau yang lainnya. Namun, energi ini memiliki satu kelemahan yaitu hanya bisa digunakan dalam jangka waktu setengah hari atau selama sinar matahari masih terpancar.

Kata kunci : *photovoltaic* dan *listrik tenaga surya*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Peningkatan kebutuhan energi dapat merupakan indikator peningkatan kemakmuran, namun bersamaan dengan itu juga menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya. 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. Pemanfaatan Tenaga Surya melalui konversi Photovoltaic telah banyak diterapkan antara lain, penerapan sistem individu dan sistem hybrid yaitu sistem penggabungan antara sumber energi

konvensional dengan sumber energi terbarukan.

Pada kondisi beban rendah sistem bekerja dengan sistem inverter dan baterai. Jika beban terus bertambah hingga mencapai kapasitas yang terdapat pada inverter atau tegangan baterai semakin rendah, maka sistem kontrol akan segera mengoperasikan genset, maka genset akan berfungsi sebagai AC/DC konverter untuk pengisian baterai, dan dapat beroperasi secara paralel untuk memenuhi kebutuhan beban tersebut. Dengan demikian, kondisi pembebanan diesel menjadi sangat efisien karena hanya beroperasi pada beban tertentu.

## 1.2. Tujuan Penulisan

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan photovoltaic sebagai pembangkit listrik tenaga surya.

## 1.3. Metode Penulisan

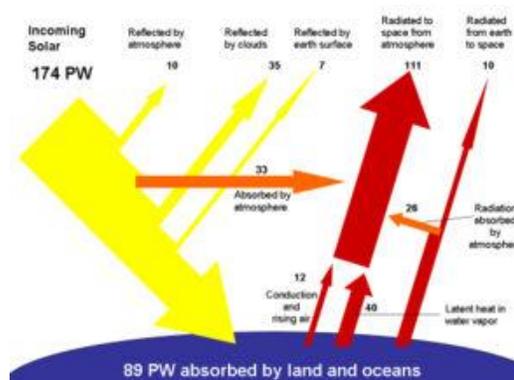
Penulisan makalah ini menggunakan metode tinjauan literatur (*library research*).

## 2. Uraian Teoritis

### 2.1. Sejarah Photovoltaic

Efek photovoltaic pertama kali dikenali pada tahun 1839 oleh fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Akan tetapi, sel surya yang pertama dibuat baru pada tahun 1883 oleh Charles Fritts, yang melingkupi semikonduktor selenium dengan sebuah lapisan emas yang sangat tipis untuk membentuk sambungan-sambungan. Alat tersebut hanya memiliki efisiensi 1%. Russell Ohl mematenkan sel surya modern pada tahun 1946 (U.S. Patent 2,402,662, "Light sensitive device"). Masa emas teknologi tenaga surya tiba pada tahun 1954 ketika Bell Laboratories, yang bereksperimen dengan semikonduktor, secara tidak disengaja menemukan bahwa silikon yang di doping dengan unsur lain menjadi sangat sensitif terhadap cahaya.

Hal ini menyebabkan dimulainya proses produksi sel surya praktis dengan kemampuan konversi energi surya sebesar sekitar 6 persen.



Gambar 1. Transfer Energi dari Matahari

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).

### 2.2. Definisi Modul Surya (*Photovoltaic*)

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.

Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel

photovoltaic diperlukan teknologi tinggi. Modul photovoltaic tersusun dari beberapa sel photovoltaic yang dihubungkan secara seri dan parallel.

### 2.3. Cara Pemanfaatan Energi Surya

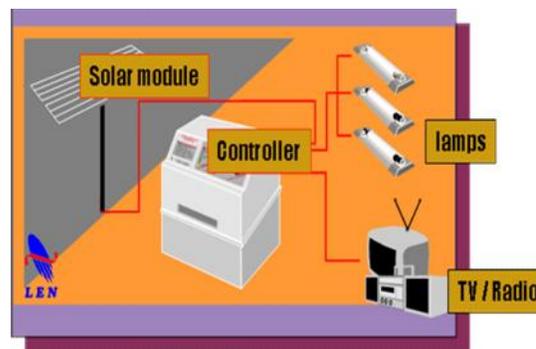
Sel surya adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) . Modul surya (fotovoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan parallel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban.

Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. Di Indonesia, energi listrik yang optimum akan didapat apabila modul surya diarahkan dengan sudut kemiringan sebesar lintang lokasi PLTS tersebut berada. Sebagai contoh, untuk daerah yang berada di sebelah utara katulistiwa maka modul surya harus dihadapkan ke Selatan, dan sebaliknya.

Selanjutnya energi listrik tersebut disimpan dalam Baterai. Baterai disini berfungsi sebagai penyimpan energi listrik secara kimiawi pada siang hari dan berfungsi sebagai catu daya listrik pada malam hari. Untuk menjaga kesetimbangan energi di dalam baterai, diperlukan alat pengatur elektronik yang disebut *Battery Charge Regulator*.

Alat ini berfungsi untuk mengatur tegangan maksimal dan minimal dari baterai dan memberikan pengamanan terhadap sistem, yaitu proteksi terhadap

pengisian berlebih (*overcharge*) oleh penyinaran matahari, pemakaian berlebih (*overdischarge*) oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke modul surya, melindungi terjadinya hubung singkat pada beban listrik dan sebagai interkoneksi dari komponen-komponen lainnya.



Gambar 2. Skema Proses Pemanfaatan Energi Surya

### 2.4. Gaya Gerak Listrik pada Energi Surya

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, meninggalkan 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.

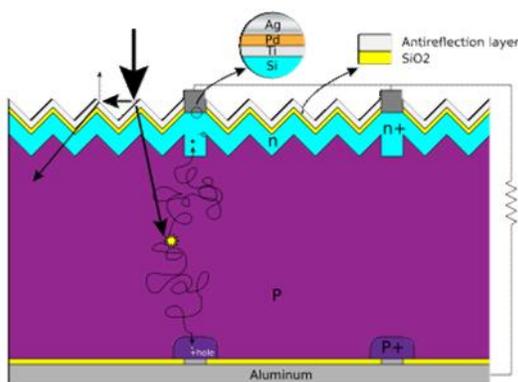
Sebuah foton hanya perlu memiliki energi lebih besar dari celah pita supaya bisa mengeksitasi sebuah elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Meskipun demikian, spektrum frekuensi surya mendekati spektrum radiasi benda hitam (black body) pada  $\sim 6000$  K, dan oleh karena itu banyak radiasi surya 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.

## 2.5. Skema Sambungan P-N

Sel surya yang paling banyak dikenal dibentuk sebagai daerah luas sambungan P-N yang dibuat dari silikon. Sebagai penyederhanaan, seseorang dapat dibayangkan menempel selapis silikon tipe-n dengan selapis silikon tipe-p. Pada prakteknya, sambungan P-N tidak dibuat seperti ini, tetapi dengan cara pendifusian pengotor tipe-n ke satu sisi dari wafer tipe-p (atau sebaliknya).

Jika sebagian silikon tipe-p diletakkan berdekatan dengan sebagian silikon tipe-n, maka akan terjadi difusi elektron dari daerah yang memiliki konsentrasi elektron tinggi (sisi sambungan tipe-n) ke daerah dengan konsentrasi

elektron rendah (sisi sambungan tipe-p). Ketika elektron berdifusi melewati sambungan p-n, mereka bergabung dengan lubang di sisi tipe-p. Difusi pembawa tidak terjadi tanpa batas karena medan listrik yang dibuat oleh ketidakseimbangan muatan pada kedua sisi sambungan yang dibuat oleh proses difusi ini. Medan listrik yang terbentuk sepanjang sambungan p-n membuat sebuah dioda yang mengalirkan arus dalam satu arah sepanjang sambungan. Elektron bisa bergerak dari sisi tipe-n ke sisi tipe-p, sedangkan lubang dapat lewat dari sisi tipe-p ke sisi tipe-n. Daerah dimana elektron telah berdifusi sepanjang sambungan ini disebut sebagai daerah deplesi karena ia tidak lagi mengandung pembawa muatan bebas. Hal ini juga dikenal sebagai "space charge region".



### 3. Pembahasan

#### 3.1. Pemakaian Energi Surya

Di Indonesia sistem photovoltaic telah dimanfaatkan antara lain untuk penerangan (rumah tangga, jalan), pompa air, catu daya bagi perangkat telekomunikasi, TV umum, pendingin

(antara lain untuk obat-obatan), rambu-rambu laut, penerangan untuk menangkap ikan dan aplikasi lainnya.

Salah satu cara penyediaan energi listrik alternatif yang siap untuk diterapkan secara masal pada saat ini adalah menggunakan suatu sistem teknologi yang diperkenalkan sebagai Sistem Energi Surya Photovoltaic (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Photovoltaic (PLTS Photovoltaic). Sebutan SESF merupakan istilah yang telah dibakukan oleh pemerintah yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu sistem pembangkit energi yang memanfaatkan energi matahari dan menggunakan teknologi photovoltaic. Dibandingkan energi listrik konvensional pada umumnya, SESF terkesan rumit, mahal dan sulit dioperasikan. Namun dari pengalaman lebih dari 15 tahun operasional di beberapa kawasan di Indonesia, SESF merupakan suatu sistem yang mudah didalam pengoperasiannya, handal, serta memerlukan biaya pemeliharaan dan operasi yang rendah menjadikan SESF mampu bersaing dengan teknologi konvensional pada sebagian besar kondisi wilayah Indonesia yang terdiri atas pulau - pulau kecil yang sulit dijangkau dan tergolong sebagai kawasan terpencil.

Selain itu SESF merupakan suatu teknologi yang bersih dan tidak mencemari lingkungan. Beberapa kondisi yang sesuai untuk penggunaan SESF antara lain pada pemukiman desa terpencil, lokasi transmigrasi, perkebunan, nelayan dan lain sebagainya, baik untuk penerangan rumah maupun untuk fasilitas umum. Akan tetapi

sesuai dengan perkembangan jaman, pada saat ini di negara-negara maju penerapan SESF telah banyak digunakan untuk suplai energi listrik di gedung-gedung dan perumahan di kota-kota besar.

Mengingat peran dan fungsinya, teknologi photovoltaic mempunyai sifat yang sangat fleksibel dalam teknik rancang bangun dan pemanfaatannya. Aplikasi modul ini dapat diterapkan untuk pemasangan individual maupun kelompok sehingga dapat dilakukan dengan swadaya perorangan, masyarakat, perusahaan atau dikoordinir oleh PLN. Dalam hal pendanaan; proyek photovoltaic menjadi sangat mungkin untuk menjadi sarana bantuan/kerjasama luar negeri, partisipasi perusahaan maupun golongan (community development) untuk mendukung program listrik pedesaan atau penyediaan jasa energi seperti:

- Listrik untuk penerangan rumah tangga
- Jasa energi untuk fasilitas umum: Pompa/penjernihan air, Rumah peribadatan, Telepon umum atau pedesaan, televisi umum, Penerangan jalan dan lainnya
- Pemasok energi bagi fasilitas produksi
- Integrasi photovoltaic pada bangunan untuk listrik pedesaan

### **3.2. Aplikasi Sistem Energi Surya Photovoltaic Untuk Listrik Pedesaan**

Salah satu pemanfaatan photovoltaic yang dapat langsung dipergunakan adalah untuk penyediaan listrik pedesaan terutama pada kawasan terpencil yang sulit dijangkau. Penerapan

SESF dapat dilakukan dengan pemasangan sistim desentralisasi menggunakan jaringan listrik lokal. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi pemilihan sistim diatas adalah topografi kawasan, distribusi lokasi perumahan, karakteristik beban serta sistim pembiayaan yang diterapkan.

Berdasarkan hasil studi Direktorat Jenderal Listrik dan Pengembangan Energi (DJLPE), konsumsi listrik rata-rata per-rumahtangga pemakai listrik di pedesaan (1994) tercatat sekitar 64 kWh/tahun. Angka ini akan setara dengan konsumsi listrik sebesar 175 Wh/hari. Menggunakan angka-angka yang telah disajikan dimuka, modul photovoltaic kapasitas 50 Wp dapat memberikan keluaran listrik rata-rata sebesar 200 Wh/hari. Maka, SESF dengan kapasitas 50 Wp diperkirakan cukup untuk memenuhi konsumsi listrik pada rumah tangga di pedesaan.

Tingkat ekonomis SESF sistem jaringan pada umumnya dapat diperbaiki dengan penerapan sistem hibrida (hybrid system), yaitu mengkombinasikan SESF dengan sistem pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan lain yang dapat dikembangkan dikawasan tersebut (seperti : energi angin, mikrohidro, dan biomassa) atau pembangkit listrik konvensional genset diesel untuk saling mendukung. Sistem ini dinilai paling cocok untuk daerah pra-elektifikasi (*pre-electrified*). Untuk keperluan ini, instalasi Photovoltaic-nya dapat dibuat permanen sehingga menjadi sistem interkoneksi atau dibuat secara mobile untuk dipindahkan ke kawasan lain yang akan dikembangkan.

Beban normal, terutama pada siang hari dapat dipasok dari modul photovoltaic, sedangkan beban puncak akan ditanggulangi oleh genset diesel. Dengan demikian pemakaian sistem disel dapat benar-benar dioptimalkan sehingga keseluruhan sistem dapat bekerja efisien dan ekonomis. Pada wilayah yang mempunyai potensi tenaga angin, peranan genset diesel dapat digantikan oleh pembangkit listrik tenaga angin atau sumber energi terbarukan lainnya.

### **3.3. Prospek Penggunaan Sel Surya Dibandingkan dengan Energi Lain**

Energi baru dan terbarukan mulai mendapat perhatian sejak terjadinya krisis energi dunia yaitu pada tahun 70-an dan salah satu energi itu adalah energi surya. Energi itu dapat berubah menjadi arus listrik yang searah yaitu dengan menggunakan silikon yang tipis. Sebuah kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya photovoltaic. Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan listrik. Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang

mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu.

Pada dasarnya sel surya photovoltaic merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek photovoltaic. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek photovoltaic baru mencapai 25% maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m<sup>2</sup>. Dari sini terlihat bahwa PLTS itu membutuhkan lahan yang luas. Hal itu merupakan salah satu penyebab harga PLTS menjadi mahal. Ditambah lagi harga sel surya photovoltaic berbentuk kristal mahal, hal ini karena proses pembuatannya yang rumit. Namun, kondisi geografis Indonesia yang banyak memiliki daerah terpencil sulit dibubungkan dengan jaringan listrik PLN. Kemudian sebagai negara tropis Indonesia mempunyai potensi energi surya yang tinggi. Hal ini terlihat dari radiasi harian yaitu sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Berarti prospek penggunaan photovoltaic di masa mendatang cukup cerah. Untuk itulah perlu diusahakan menekan harga photovoltaic misalnya dengan cara sebagai berikut. Pertama menggunakan bahan semikonduktor lain seperti Kadmium Sulfat dan Galium Arsenik yang lebih

kompetitif. Kedua meningkatkan efisiensi sel surya dari 10% menjadi 15%.

Energi listrik yang berasal dari energi surya pertama kali digunakan untuk penerangan rumah tangga dengan sistem desentralisasi yang dikenal dengan *Solar Home 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 menggembirakan dengan keberhasilan penerapan secara komersial. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sampai tahun 1994 jumlah pemakaian sistem photovoltaic 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 12,4%. Kemudian dari kajian awal BPPT diperoleh proyeksi kebutuhan sistem PLTS diperkirakan akan mencapai 50 MWp. Sementara itu menurut perkiraan yang lain pemakaian photovoltaic di Indonesia 5-10 tahun mendatang akan mencapai 100 MW terutama untuk penerangan di pedesaan. Sedangkan permintaan fotovotaik diperkirakan sudah mencapai 52 MWp.

Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikan bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif

sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi. Modul photovoltaic tersusun dari beberapa sel photovoltaic yang dihubungkan secara seri dan paralel. Biaya yang dikeluarkan untuk membuat modul sel surya yaitu sebesar 60% dari biaya total. Jadi, jika modul sel surya itu bisa diproduksi di dalam negeri berarti akan bisa menghemat biaya pembangunan PLTS. Untuk itulah, modul pembuatan sel surya di Indonesia tahap pertama adalah membuat bingkai (frame), kemudian membuat laminasi dengan sel-sel yang masih diimpor. Jika permintaan pasar banyak maka pembuatan sel dilakukan di dalam negeri. Hal ini karena teknologi pembuatan sel surya dengan bahan silikon single dan poly cristal secara teoritis sudah dikuasai. Dalam bidang photovoltaic yang digunakan pada PLTS, Indonesia ternyata telah melewati tahapan penelitian dan pengembangan dan sekarang menuju tahapan pelaksanaan dan instalasi untuk elektrifikasi untuk pedesaan. Teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan dan mudah dirawat. Sedangkan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan energi surya photovoltaic adalah investasi awal yang besar dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan relatif tinggi, karena memerlukan subsistem yang terdiri atas baterai, unit pengatur dan inverter sesuai dengan kebutuhannya.

Dalam penerapannya photovoltaic 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 kW.

Pada sistem hibrida antara photovoltaic dengan Fuel Cell (sel bahan bakar), selisih antara kebutuhan listrik pada beban dan listrik yang dihasilkan oleh photovoltaic 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 photovoltaic 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.

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).

#### **4. Penutup**

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa Energi Surya (Photovoltaic) dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Energi ini juga merupakan energi alternatif. Modul Surya ini dapat digunakan sebagai cadangan yang memadai ketika energi lainnya mulai berkurang bahkan habis.

Selain itu, energi ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan energi lain. Energi ini sangat ramah lingkungan dan tidak memerlukan perawatan khusus secara periodik. Energi ini hanya memerlukan cahaya matahari yang jumlahnya tak terbatas, tersedia dimana-mana, dan tidak memerlukan bahan bakar lain seperti bensin, gas, atau yang lainnya. Namun, energi ini memiliki satu kelemahan yaitu hanya bisa digunakan

dalam jangka waktu setengah hari atau selama sinar matahari masih terpancar.

Oleh karena itu, penyediaan sumber energi alternatif seperti energi surya melalui pemanfaatan sel photovoltaic merupakan sebuah prospek yang menjanjikan untuk dikembangkan lebih lanjut, mengingat pemakaian primer minyak bumi dan gas alam masih merupakan sumber energi utama. Selain ramah lingkungan, sumber energi dari matahari tidak memerlukan perawatan khusus secara periodik, yang selanjutnya akan mengurangi biaya produksi.

#### **Daftar Pustaka**

- Bachtiar, M., 2006, *Prosedur Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System)*, jurnal SMARTek, Vol.4, No.3. Solarex,1996, *Discover the Newest World Power*,Frederick Court, Maryland, USA.
- Benjamin C. Kuo, 1982, *Automatic Control Systems*, Prentice-Hall Of India, New Delhi.
- Djamain, Martin, 2000, *Strategi Penerapan Energi Surya di Indonesia*, seminar Peran dan Perkembangan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif, Universitas Gajayana.
- Liang Chi Shen dan Jin Au Kong. 1996. *Aplikasi Elektromagnetik*. Penerbit PT. Erlangga. Jakarta.
- Mahmudsyah Syariffuddin, 2000, *Teknik Pembangunan, Aplikasi dan Perkembangan Sel Surya di Indonesia*, Makalah seminar Peran dan Perkembangan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif, Universitas Gajayana.
- Wenas,W.W.,1996,Teknologi Sel Surya: Perkembangan dewasa ini dan yang akan datang, *Majalah Elektro Indonesia*, Edisi ke-4.
- Wikipedia.org. *Solar Cell*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell). Disunting tanggal 22 Maret 2015.