

PEMANFAATAN TEKNOLOGI ENERGI SURYA DALAM MENUNJANG PEMBANGUNAN NASIONAL *

Agus Salim Dasuki **

Martin Djamin ***

ABSTRAK

Energi surya merupakan sumber energi yang penting untuk dipakai baik di permukaan bumi maupun di antariksa, karena sumber energi ini tidak akan pernah habis dan akrab lingkungan. Salah satu manfaat energi surya yang banyak dipakai pada saat ini adalah dengan mengkonversikannya menjadi energi listrik.

Di Indonesia Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah dikaji dan diterapkan sejak tahun 1978 dan beberapa proyek demonstrasi dan penerapan sudah terpasang sekitar 3 MWp untuk berbagai jenis pemanfaatan yang tersebar di berbagai tempat.

Satelit-satelit di antariksa telah memanfaatkan tenaga surya untuk memasok energi listrik bagi kebutuhan operasionalnya. Pada saat ini sel surya yang dipakai di satelit terutama terbuat dari bahan silikon dan gallium arsenid (GaAs). Kemajuan teknologi sel surya pada suatu saat dapat menerapkan sel surya lapisan tipis yang berefisiensi tinggi.

* Dipresentasikan pada Seminar Antariksa Nasional 1995, Jakarta, 26 Oktober 1995.

** Direktur Teknologi Energi, BPP Teknologi.

*** Peneliti, UPT-LSDE, BPP Teknologi.

1. PENDAHULUAN

Sebelum energi surya dimanfaatkan di Bumi, sel surya terlebih dahulu sudah dipakai oleh satelit di antariksa sebagai sumber energi listrik untuk mengoperasikan peralatan telekomunikasi. Satelit pertama yang menggunakan sel surya sebagai pembangkit listrik adalah Vanguard 1.

Setelah itu akibat terjadinya krisis minyak bumi pada tahun 1973, hasil teknologi antariksa ini (sel surya) mulai dipergunakan juga dipermukaan bumi antara lain sebagai catu daya bagi stasion relay komunikasi radio, rambu laut dan penggunaan lainnya.

Jenis sel surya dipakai saat ini baik di antariksa maupun di Bumi adalah sel surya jenis kristal silikon (gallium arsenid juga dipakai untuk satelit) yang efisiensinya sudah mendekati efisiensi maksimal secara teori. Selain itu, harga sel surya jenis kristal ini juga relatif mahal. Sebagai alternatif sel surya masa depan dapat dipergunakan sel surya jenis lapisan tipis yang berharga lebih murah dan secara teoritis berefisiensi lebih tinggi. Keuntungan lain dari sel surya jenis lapisan tipis (dengan bahan tertentu) adalah daya tahannya terhadap radiasi yang tinggi.

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya dengan kapasitas yang cukup besar sudah dimulai sejak tahun 1978 yaitu proyek kerja sama bilateral antara Pemerintah Indonesia dan Federasi Jerman dengan pemasangan sistem pompa air untuk irigasi. Sedangkan pemanfaatan PLTS kapasitas kecil untuk keperluan rumah tangga dengan kapasitas 50 Wp per sistem dilaksanakan atas kerja sama Pemerintah Indonesia dan Belanda yang dinilai sangat sesuai untuk penduduk pedesaan di daerah terpencil.

2. PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI INDONESIA

Dalam Pembangunan Jangka Panjang Kedua, tenaga listrik akan tetap memperoleh prioritas tinggi karena merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam menunjang keberhasilan pencapaian sasaran setiap tahap pembangunan nasional baik dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat maupun dalam mendorong pertumbuhan ekonomi.

Kebutuhan tenaga listrik masih sangat besar. Pada akhir pelita V, hanya 38,7% rumah tangga yang mendapat aliran tenaga listrik sehingga masih terdapat 61,3% rumah tangga atau lebih dari 23 juta potensi pelanggan yang belum mendapat aliran tenaga listrik. Peluang ini akan semakin besar mengingat pembangunan ekonomi akan meningkat pendapatan keluarga sehingga penggunaan tenaga listrik per rumah tangga juga semakin meningkat. Selain itu kebutuhan untuk industri dan komersial terus meningkat, baik dalam jumlah maupun kapasitas pemakaian. Peningkatan industri yang antara lain disebabkan

relokasi industri dari negara maju ke Indonesia juga akan meningkatkan jumlah permintaan tenaga listrik.

Untuk menghadapi tantangan tersebut, strategi pembangunan ketenagalistrikan dan energi terbarukan dalam pembangunan jangka panjang Kedua pada garis besarnya mencakup hal-hal sebagai berikut :

- a. Pembangunan sarana penyediaan tenaga listrik dilaksanakan dengan optimasi perencanaan sistem tenaga listrik yang disusun berdasarkan perkiraan kebutuhan ramalan beban. Berdasarkan optimasi ini akan diperoleh rencana pembangunan sistem, keandalan dan potensi lokasi pusat pembangkit tenaga listrik, berikut jaringan transmisi dan jaringan distribusinya. Selanjutnya, untuk mencapai skala produksi yang ekonomis, keandalan dan faktor beban yang lebih baik, maka interkoneksi antara sistem ketenagalistrikan yang ada akan semakin dikembangkan. Hasil optimasi ini dituangkan dalam suatu rencana umum ketenagalistrikan nasional, yang dalam penyusunannya diupayakan memanfaatkan secara optimal segenap potensi sumber daya energi yang tersedia.
- b. Pengelolaan ketenagalistrikan yang efisien serta dapat menjamin tersedianya tenaga listrik dalam jumlah yang cukup dan merata, andal dan bermutu memerlukan kebijaksanaan harga tenaga listrik yang sesuai dengan keekonomisannya, sehingga dapat menjamin kelangsungan pengembangan usaha, penyediaan dan penyaluran tenaga listrik dengan juga keterjangkauan oleh masyarakat berpenghasilan rendah. Di samping itu, peningkatan efisiensi pengelolaan sarana penyediaan tenaga listrik serta peningkatan efisiensi di sisi pemakai akan terus ditingkatkan.
- c. Penyelenggaraan program listrik masuk desa dalam PJP II ini akan dilanjutkan dan dikembangkan dalam upaya mendorong kegiatan ekonomi serta meningkatkan kecerdasan dan kesejahteraan masyarakat di daerah pedesaan, dengan meningkatkan peranan dan swadaya masyarakat pedesaan melalui Koperasi.
- d. Dalam rangka menghemat penggunaan bahan bakar minyak dan mengurangi penggunaan sumber daya energi yang menimbulkan dampak kerusakan lingkungan, maka pengadaan tenaga listrik khusus di pedesaan diupayakan dengan menggunakan dan mengembangkan sumber daya energi setempat khususnya, energi baru dan terbarukan.
- e. Dalam upaya diversifikasi energi, sumber energi baru dan terbarukan seperti energi panas bumi skala kecil, tenaga air skala kecil, energi biomassa surya, energi angin dan energi terbarukan lainnya, perlu ditingkatkan pemanfaatannya dengan berpegang pada prinsip menguntungkan secara ekonomis, layak secara teknis, diterima secara sosial budaya dan tidak merusak lingkungan. Pengembangan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan ini diperlukan guna persiapan akan kebutuhan energi masa depan, mengingat bahwa kondisi geografis

Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau sesuai untuk memanfaatkan energi alternatif ini.

Sumber energi ini diupayakan untuk dimanfaatkan terutama pada daerah-daerah pedesaan dan daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan distribusi PLN untuk jangka waktu 5 s/d 10 tahun mendatang.

f. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya untuk penerangan rumah tangga (solar home system) akan dilaksanakan dalam skala cukup besar khususnya untuk daerah-daerah yang jauh dari jangkauan jaringan tenaga listrik. PLTS dimanfaatkan secara lebih luas untuk TV umum, TV repeater, komunikasi, refrigerator Puskesmas, dan penyediaan air bersih. Di samping itu, pemanfaatan sistem hibrida PLTS dengan sumber energi lainnya akan ditingkatkan.

Dalam rangka upaya pemerataan dan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi di Kawasan Timur Indonesia, pembangunan tenaga listrik di wilayah tersebut perlu mendapat perhatian yang lebih besar.

Dengan strategi pembangunan tersebut, pada akhir PJP II, diharapkan rasio elektrifikasi telah mencapai hampir 95%, sedangkan jumlah desa yang terlistriki akan mencapai 100% pada akhir Pelita VII. Sedangkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan diharapkan secara kuantitatif sudah lebih berperan.

2.1. Konsep Pengembangan PLTS

Penyediaan Listrik pedesaan pada akhir Pelita V mencapai 50% dari jumlah desa sebanyak \pm 63.000 desa. Kendala yang dihadapi antara lain :

- a. Besarnya biaya investasi untuk jaringan distribusi;
- b. Penyediaan bahan bakar di tempat-tempat terpencil selain sulit, mahal, dan juga kontinuitasnya tidak terjamin;
- c. Pola perumahannya menyebar.

Melihat kendala tersebut, BPPT maupun Direktorat Jenderal Listrik dan Pengembangan Energi (DJLPE) telah, sedang dan akan mengkaji berbagai model sistem PLTS yang diharapkan dapat membantu dalam mengatasi problem kelistrikan di pedesaan, khususnya daerah terpencil. Selain itu, untuk mengantisipasi krisis kelistrikan di perkotaan seperti yang terjadi pada tahun 1987-an, dan penghematan bahan bakar konvensional serta mempromosikan sistem pembangkit listrik yang ramah lingkungan, BPPT sedang menjajagi kemungkinan pengembangan PLTS melalui sistem interkoneksi dengan grid yang individual (utility storage system). Sistem seperti ini sedang diterapkan di Jerman yang dikenal dengan program 1000 atap, dan secara besar-besaran di Jepang; kapasitas terpasang di tiap-tiap rumah berkisar antara 1 sampai 3 kWp dengan pola pendanaan subsidi sebesar 50%.

Adapun sistem PLTS yang telah dan sedang dikaji baik oleh BPPT maupun DJLPE untuk listrik pedesaan adalah sebagai berikut :

- 1) Sistem Sentralisasi (Pusat Listrik Tenaga Surya);
- 2) Sistem Individu;
- 3) Sistem Hibrida.

Penerapan sistem Hibrida dapat dilaksanakan dengan mengkombinasikan beberapa pembangkit energi listrik dengan PLTS sebagai berikut :

- a. PLTS dengan Diesel;
- b. PLTS dengan Mikrohidro;
- c. PLTS dengan Diesel dan Energi Angin.

Dengan memperhatikan target kelistrikan untuk pedesaan pada akhir Pelita IV yang dicanangkan oleh pemerintah dan pemerataan hasil pembangunan, maka pada Pelita V pemanfaatan PLTS dengan sistem individu mendapat tanggapan yang positif dari masyarakat dan telah dikembangkan sampai ke tingkat proyek-proyek percontohan. Sedangkan dengan mengacu kepada target kelistrikan nasional pada akhir Pelita VII yakni : 100% pedesaan sudah dapat dilistriki dan melihat kenyataan bahwa kondisi negara Indonesia yang terdiri dari beribu-ribu pulau, maka PLTS dengan sistem individu merupakan salah satu alternatif pilihan. Sedangkan dengan melihat kecenderungan harga sel surya yang semakin menurun dan memperkenalkan sistem pembangkit yang ramah lingkungan, maka sistem hibrida, utility storage dan pusat listrik tenaga surya diproyeksikan untuk dikembangkan pada pertengahan PJPT-II.

2.2 Rencana Pengembangan PLTS dalam Repelita IV

Berdasarkan analisis Tim Bank Dunia, Program BANPRES LTSMD merupakan program yang sukses ditinjau dari segi teknis, institusi pengelola dan aspek sosial ekonomis. Keberhasilan ini tidak terlepas dari selain pengalaman BPP Teknologi dalam mengadakan penelitian dalam bidang energi surya dari skala laboratorium, pilot project (Sukatani) dan proyek-proyek penelitian lainnya, juga koordinasi dengan instansi terkait lainnya.

Mengingat semakin banyaknya propinsi yang meminta pengadaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan dana BANPRES baik melalui BPP Teknologi maupun Bina Graha, maka untuk mempercepat program pembangunan PLTS tersebut secara terkoordinasi serta dalam upaya pengembangan kemampuan industri fotovoltaik dalam negeri untuk memproduksi sistem dan sel surya, BPP Teknologi dan instansi Pemerintah lainnya dalam Repelita VI sedang merencanakan program PLTS sebagai berikut :

- 1) Pembangunan 150 unit pompa air dengan kapasitas total 600 kW

- 2) Sistem energi surya rumah tangga dengan kapasitas total 50 MWp (50 MWp Photovoltaic rural Electrification).
- 3) Pembangunan 170 unit PLTS untuk penerangan, komunikasi dan pendinginan untuk penyimpanan obat-obatan.

2.3. Proyeksi dan Strategi Pengembangan PLTS PJPT-II

Berdasarkan hasil investigasi yang dilakukan kepada berbagai pihak, sampai pertengahan 1995 jumlah pemakaian sistem fotovoltaik di Indonesia sudah mencapai 3 MWp. Sistem yang telah terpasang ini dilaksanakan oleh beberapa instansi yaitu BPPT, DJLPE, Departemen Koperasi, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Dalam Negeri, Departemen Transmigrasi dan Perambah Hutan, Departemen Pariwisata, Pos dan Telekomunikasi, Departemen Kesehatan, dan Departemen Pertahanan Keamanan.

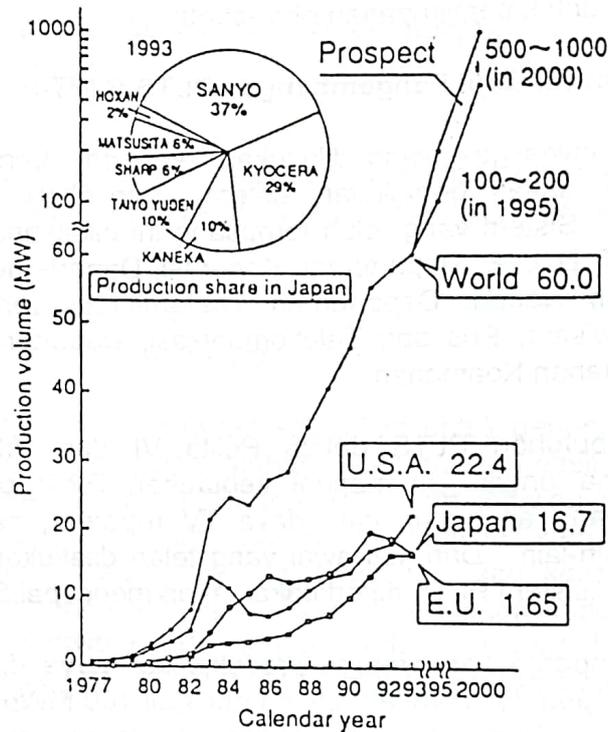
Proyeksi kebutuhan PLTS dalam Pelita VI dan VII diperkirakan akan meningkat, terutama untuk memenuhi kebutuhan listrik pedesaan di daerah terpencil, penyediaan air bersih catu daya TV repeater, penyediaan listrik di Puskesmas, dan lain-lain. Dari kaji awal yang telah dilakukan oleh BPPT bahwa proyeksi kebutuhan sistem PLTS diperkirakan akan mencapai 50 MWp.

Dengan memperhatikan progres produksi sel surya di dunia (Gambar 1), bahwa pada tahun 1995 diperkirakan akan mencapai 100 MWp. Apabila kebutuhan sel surya di Indonesia harus dipenuhi selama 10 tahun, maka Indonesia akan menyerap sekitar 5% dari produksi dunia.

Berdasarkan kebutuhan akan sistem PLTS di Indonesia sangat besar dan sel surya merupakan komponen utama dari sistem PLTS ($\pm 60\%$), maka pada Pelita VI, industri dalam negeri harus memulai tahapan pertama dalam memproduksi modul sel surya di Indonesia.

Tahapan industri yang dilakukan di Indonesia dapat dimulai dari pembuatan bingkai (frame), kemudian diikuti dengan pembuatan laminasi dengan sel-sel yang masih diimpor, dan apabila tuntutan pasar sudah memenuhi, dapat dilakukan proses pembuatan sel di dalam negeri.

Teknologi pembuatan sel surya dengan bahan silikon kristal tunggal dan poly secara teoritis sudah dapat dikuasai hanya dalam pengalaman industri yang belum. Oleh karena itu sangat dimungkinkan bahwa Indonesia dapat mengambil salah satu jenis sel surya yang termasuk "The Rising Tehnology" sebagai salah satu pegangan untuk produksi sel surya yang murah dan dapat diandalkan pada masa mendatang.



Gambar 1 : Progres produksi sel surya di dunia [1]

3. PEMANFAATAN SEL SURYA UNTUK ANTARIKSA

Persyaratan yang perlu diperhatikan bagi pemanfaatan sel surya di antariksa adalah umur yang panjang, efisiensi tinggi dan ringan. Untuk masa depan hal tersebut dapat dipenuhi dengan pemakaian sel surya lapisan tipis (thinfilm), karena bahan sel surya lapisan tipis mempunyai koefisien absorpsi yang sangat tinggi (Gambar 2.) Maka sel dapat dibuat sangat tipis sampai beberapa mikron jauh lebih tipis dari pada sel surya jenis kristal tunggal yang mempunyai beberapa ratus mikron. Jadi sel surya lapisan tipis dapat dibuat sangat ringan bila sel-sel dapat dideposit pada substrate yang ringan.

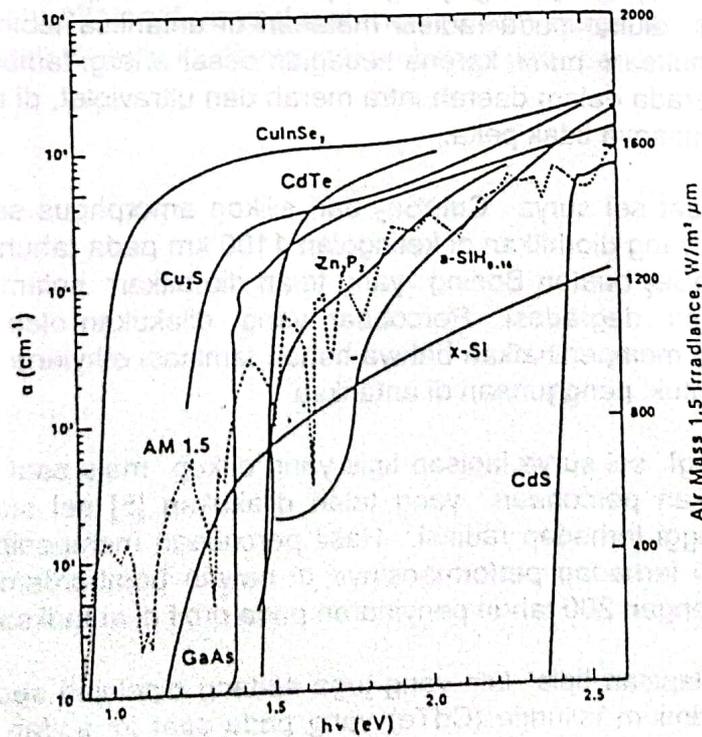
Kerugian pemakaian sel surya lapisan tipis pada saat ini adalah efisiensi masih rendah dan belum ada pengalaman untuk dipakai di antariksa. Akan tetapi berdasarkan teori sel surya ini akan mencapai efisiensi yang lebih tinggi dari pada sel surya jenis silikon kristal (Gambar 3). Tabel 1 dan 2 memperlihatkan proyeksi efisiensi dan daya spesifik dari sel surya di masa depan.

Tabel 1: Proyeksi efisiensi dimasa depan [2]

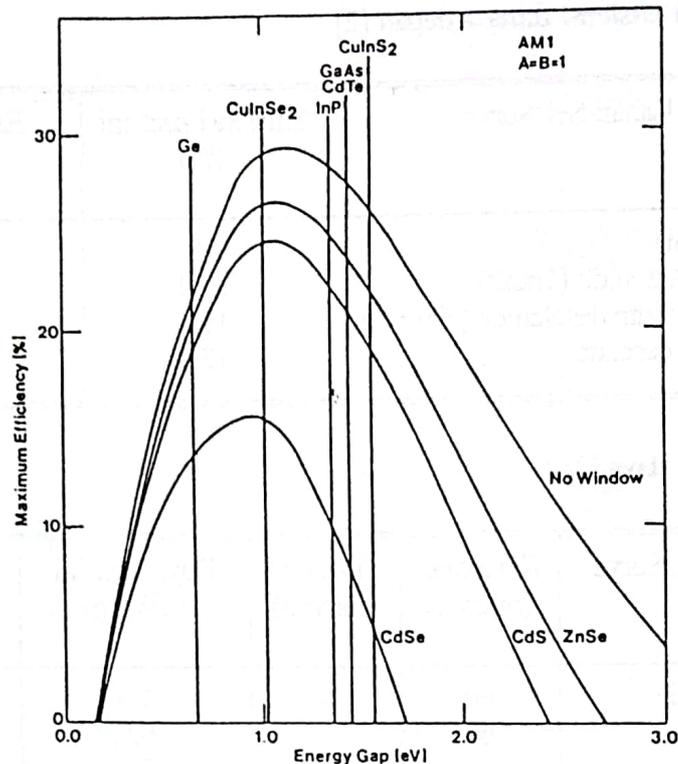
No	Bahan Sel Surya	Efisiensi saat ini (%)	Efisiensi masa depan (%)
1.	Silikon (Si)	18	19,5-22
2.	Gallium Arsenide (GaAs)	21,4	22-25
3.	Copper Indium deselenide ($CuInSe_2$)	11,2	12-13
4.	Thin-film cascade	12,5	18-20

Tabel 2: Proyeksi daya [2]

No	Bahan Sel Surya	Ketebalan (micron)	Substrate (micron)	Daya saat ini (kW/kg)	Daya masa depan (kW/kg)
1.	Silikon (Si)	60	-	1,8	1,9-2,2
2.	GaAs	60	-	0,9	0,9-1,0
3.	$CuInSe_2$	3	6	7,0	7,5-8,1
4.	Thin-Film Casc.	6	6	3,9	5,6-6,2



Gambar 2: Koefisien Absorpsi untuk beberapa jenis bahan sel surya [3]



Gambar 3 : Efisiensi sel surya secara teoritis [4]

Percobaan pengukuran terhadap sel surya biasanya dilakukan untuk spektrum air mass 1,5 (AM 1,5) dan jarang yang diuji pada AM 0 (pada kondisi di antariksa. Efisiensi yang diukur pada radiasi matahari di antariksa lebih rendah dari pada radiasi di permukaan bumi, karena sebagian besar energi tambahan yang tersedia di antariksa berada dalam daerah infra merah dan ultraviolet, di mana pada daerah ini sel surya biasanya tidak peka.

Pada saat sel surya CuInSe_2 dan silikon amorphous sedang diuji coba di satelit LIPS-III yang diorbitkan di ketinggian 1100 km pada tahun 1987. Sedangkan sel surya CuInSe_2 buatan Boeing yang telah diorbitkan selama 3 tahun terlihat tidak mengalami degradasi. Percobaan yang dilakukan oleh Energi Conversion Devices (EDC) memperlihatkan bahwa bahan laminasi ethylene vinyl acetate (EVA) tidak sesuai untuk penggunaan di antariksa.

Teknologi sel surya lapisan tipis yang cukup maju saat ini adalah CuInSe_2 dan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan [5] sel surya ini mempunyai toleransi tertinggi terhadap radiasi. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa tidak ada degradasi terhadap performansinya di bawah bombardement 1MeV elektron yang setara dengan 200 tahun penyinaran pada orbit di antariksa.

Bahan lapisan tipis lain yang juga sedang dipelajari secara intensif adalah sel surya cadmium telluride (CdTe) yang pada saat ini sudah menghasilkan sel surya dengan efisiensi sebesar 11,2% [6].

4. TINJAUAN EKONOMI LISTRIK TENAGA SURYA

Modul sel surya adalah komponen utama yang mempunyai peranan sangat penting dalam suatu sistem PLTS ($\pm 60\%$) baik dari segi teknis maupun pengaruh harga keseluruhan dari suatu sistem PLTS. Sampai saat ini hambatan yang dihadapi dalam penerapan sistem PLTS adalah harga per Wp dan modul sel surya yang relatif masih tinggi. Penelitian untuk menemukan teknologi dan material yang sedemikian rupa sehingga harga energi yang dihasilkan menjadi murah masih terus dilakukan oleh berbagai pihak. Penurunan harga per Wp tersebut dapat ditempuh dengan cara mengefisienkan peralatan produksi dan memperbaiki metode pembuatan (meningkatkan efisiensi konversi).

Target harga per Wp sampai dengan tahun 2000 dari NEDO yang dikenal dengan New SunShine program adalah 1,9 US\$ per Wp dan target harga dari program 50 MWp untuk listrik pedesaan di Indonesia adalah 3 US\$ per Wp.

Dengan merujuk pada perkiraan harga modul per Wp 3 US\$, maka perkiraan harga sistem terpasang untuk pembelian di atas 10.000 unit dari tiap lokasi minimum 1.000 unit adalah sekitar Rp. 700.000,- harga tersebut belum termasuk keuntungan dari pemasok. Dari hasil investigasi di berbagai produsen modul surya di dunia, pada saat ini harga modul sel fotovoltaik per Wp berkisar sekitar 3 s/d 5 US\$, tergantung pada banyaknya pembelian.

Pengembangan dari bahan lapisan (Thin film) sebagai bahan sel surya akan merupakan salah satu alternatif yang dapat menurunkan harga sel surya di masa datang, karena dengan metode ini dipergunakan bahan yang sangat sedikit.

REFERENSI

1. Inoue, H. Proceeding Round Table Conference on Solar Energy : "Strategic Issues in Indonesia", Jakarta, January 1995, pp53.
2. Landis, G.A. and Hepp, A.F, Proceeding of the European Space Power Conference, Florence, Italy, September 1991, pp517.
3. Horig, W et al, Thin Solid Films 48, 1978, pp67.
4. Kazmerski, L, Solar Cell material Science, edited by L.E. Murr, Academic Press, London, 1980, pp489.
5. Gay, C.F, et al, Proc. 17 IEEE Photovoltaic Specialists Conf., 1988, pp151.
6. Morris, G.C. et al, Proc., 21st IEEE Photovoltaic Conf., 1990, pp575.