

PROSEDUR PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PERUMAHAN (*SOLAR HOME SYSTEM*)

Muhammad Bachtiar *

Abstract

Electrical energy is a vital of modern community. The activity of can be disturbed if electricity is not available. Therefore its sustainability and availibility must be maintained.

For the urban and surrounding community, Electrical energy is not be a problem. Because its availability in the are is always supplied by the National Electricity Company (PLN). However, for the community in remote are such as people who stay in remote and small islands, electricity always to be a big problem. Becaquse PLN difficult to make distribution network in those area.

The effective solution to such locations is to convert the solar light become electrical energy using photovoltaic technology. Sistem like that is called Solar Electricity Generation (SEG). The SEG that specially used for individual is called Solar Home System.

In this paper the method to design solar energy system for home is discussed. The desgn result is hoped to a reference for user and electricity practical in order to obtaine a suitablility between electrical demand, price, and quality.

Keywords. *Solar Energy, photovoltaic, solar home system, SEG, SHS*

Abstrak

Energi listrik merupakan salah kebutuhan masyarakat modern yang sangat penting dan vital. Ketiadaan energi listrik akan sangat mengganggu keberlangsungan aktivitas manusia. Oleh karena itu kesinambungan dan ketersediaan energi listrik perlu dipertahankan. Bagi masyarakat yang tinggal di daerah perkotaan dan sekitarnya, energi listrik tidaklah menjadi masalah. Karena energi listrik yang disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) telah tersedia di kawasan tersebut. Namun bagi masyarakat yang tinggal di daerah-daerah pedalaman dan pulau-pulau terpencil, energi listrik merupakan suatu masalah besar. Karena jaringan listrik PLN belum menjangkau pada daerah tersebut.

Solusi yang tepat untuk mengatasi ketiadaan energi listrik di daerah tersebut adalah mengubah cahaya matahari yang melimpah menjadi energi listrik menggunakan teknologi photovoltaic. Sistem penyediaan listrik seperti ini disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS yang digunakan khusus untuk perumahan disebut Solar Home System (SHS).

Pada makalah ini dibahas metoda perancangan pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan. Hasil dari perancangan ini diharapkan menjadi acuan bagi calon pengguna maupun praktisi listrik agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga, dan kualitas yang tepat.

Kata kunci: sel surya, PLTS, SHS, photovoltaic, Energi surya

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan utama sepanjang peradaban umat manusia. Peningkatan kebutuhan energi dapat menjadi indikator peningkatan kemakmuran, namun pada saat yang sama menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya. Dengan kian

menipisnya cadangan minyak bumi di Indonesia, pemanfaatan energi alternatif nonfossil harus ditingkatkan. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan Energi terbarukan. Diantaranya adalah

* Staf Pengajar Program Studi D3 Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

energi surya, angin, gelombang dan perbedaan suhu air laut.

Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi surya yang tinggi dengan radiasi harian rata-rata (insolasi) sebesar 4,5 kWh/m²/hari (Solarex, 1996). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Disamping itu, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau menyebabkan masih banyaknya daerah terpencil yang belum terjangkau listrik PLN. Oleh karena itu penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia dilokasi-lokasi tersebut merupakan solusi yang tepat.

Penerapan teknologi tenaga surya untuk kebutuhan listrik daerah terpencil dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem pembangkit listrik tenaga surya, seperti pembangkit listrik hibrida yaitu gabungan antara sumber energi surya dengan sumber energi lainnya, yang paling umum adalah penggabungan energi surya dengan energi mesin diesel atau sumber energi mikro-hydro. Sistem tenaga surya lainnya adalah "Solar Home System" (SHS), yang terdiri dari panel modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu, sistem ini dipasang pada masing-masing rumah dengan modul fotovoltaik dipasang diatas atap rumah. Sistem ini biasanya mempunyai modul fotovoltaik dengan kapasitas daya 50 Wp dimana pada radiasi matahari rata-rata harian 4,5 Kwh/m² akan menghasilkan energi kurang lebih 125 s/d 130 watt-jam. Kendala penerapan SHS adalah harga yang masih relatif mahal untuk masyarakat terpencil dan miskin. Oleh karena itu perlu ada suatu panduan dalam merancang, menghitung dan memilih komponen yang diperlukan sehingga masyarakat tersebut mampu membayar dan dapat menikmati listrik seperti saudaranya yang sudah menikmati listrik, minimal untuk kebutuhan penerangan.

Dalam tulisan ini, diuraikan cara merancang dan memilih komponen solar home sistem untuk keperluan penerangan rumah sederhana. Tujuan dari tulisan ini adalah memberikan panduan singkat dan praktis kepada masyarakat agar dapat menentukan spesifikasi yang tepat dan ekonomis.

2. Studi Pustaka

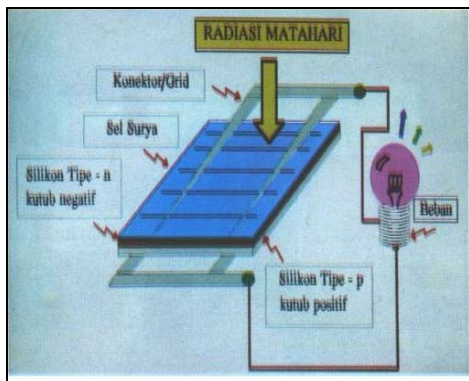
2.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Fotovoltaik (biasanya disebut juga sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan kristal silikon (Si) 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 tebal 0,3 mm, akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya (fotovoltaik). 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 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.

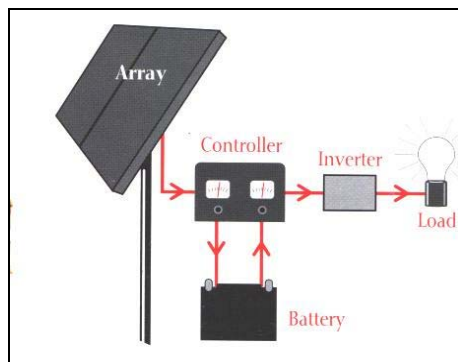
Pada dasarnya sel surya fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas 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 fotovol-taik baru mencapai 25%, maka produksi listrik

maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m².

Komponen utama sistem surya fotovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaik. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel. 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 fotovoltaik 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. Cara kerja photovoltaic diperlihatkan pada gambar 1. Pada gambar 2 diperlihatkan sistem PLTS.



Gambar 1. cara kerja Fotovoltaik



Gambar 2. Sistem PLTS

PLTS dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam sistem catudaya yang antara lain :

- Sistem listrik penerangan rumah seperti : sistem sentralisasi, sistem semisentralisasi, sistem desentralisasi dan sistem hibrid.
- Sistem Pompa Air seperti : pompa air minum, pompa irigasi.
- Sistem Kesehatan seperti: penyimpanan vaksin, penyimpan darah, komunikasi SSB di puskesmas, dan penerangan puskesmas terpencil.
- Sistem Komunikasi seperti : televisi repeater, radio repeater, komunikasi stasiun kereta api.
- Sistem Pemnadu Transportasi seperti: radio sinyal bandara, penunjuk jalan, persimpangan jalan kereta api, penerangan terowongan, lampu suar untuk navigasi, lampu-lampu rambu.
- Sistem proteksi karat seperti: proteksi katodik untuk jembatan, pipa, proteksi struktur baja.
- Lain-lain seperti: lampu penerangan jalan, sistem pencatat gempa, lampu taman, air mancur, kalkulator, arloji dan mobil surya.

Ada 5 keuntungan pembangkit dengan surya fotovoltaik:

- Energi yang digunakan adalah energi yang tersedia secara cuma-cuma.
- Perawatannya mudah dan sederhana.
- Tidak terdapat peralatan yang bergerak, sehingga tidak perlu penggantian suku cadang dan penyetulan pada pelumasan.
- Peralatan bekerja tanpa suara dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.
- Dapat bekerja secara otomatis.

2.2 Solar Home System

Sistem PLTS yang cukup besar penerapannya di Indonesia adalah Sistem P juga sebagai sistem penerangan rumah secara individual (*Solar Home System*) dan disingkat SHS. Pemilihan sistem ini dalam penerapannya di pedesaan didasarkan

atas kajian pertimbangan factor-faktor berikut:

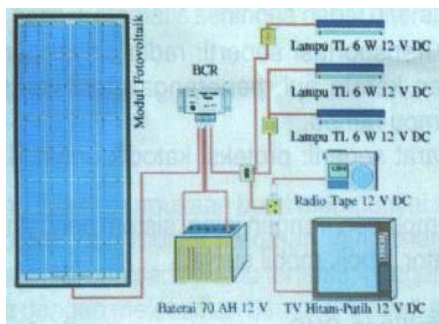
- Pola pemukiman antara rumah di desa cukup menyebar
- Sulit untuk mendapatkan transportasi darat atau laut
- Belum memerlukan integrasi dengan pembangkit lain.
- Modular, dan mudah dikembangkan
- Kapasitas kecil sehingga mudah untuk di instalasi
- Harga terjangkau
- Radiasi matahari sebagai sumber energi mencukupi
- Tidak tergantung terhadap BBM

SHS adalah salah satu aplikasi sistem PLTS untuk pelistrikan desa sebagai sistem penerangan rumah secara individual atau desentralisasi dengan daya terpasang 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).

Komponen-komponen utama SHS terdiri dari :

- Modul fotovoltaik sebagai catudaya yang menghasilkan energi listrik dari masukan sejumlah energi matahari,
- Baterai sebagai penyimpan dan pengkondisi energi,
- Alat pengatur energi baterai (BCR) sebagai alat pengatur otomatis, penjaga kehandalan sistem, dan
- Beban listrik seperti lampu TL (DC), saklar, radio, televisi dan lain-lain.

Secara garis besar rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Komponen-komponen SHS

3. Perancangan Solar Home System

Perancangan dilakukan untuk menentukan ukuran sel Fotovoltaik dan Baterai untuk sistem energi matahari dengan kapasitas maksimum 1000 Watt. Langkah-langkah perancangan adalah sebagai berikut:

3.1 Menentukan Arus Beban Total dalam Ampere-Jam (Ah).

Ampere-jam dari peralatan dihitung dalam DC ampere-jam/hari. Arus beban dapat ditentukan dengan membagi rating watt dari berbagai alat yang menjadi beban dengan tegangan operasi sistem PV nominal.

$$I_{tot \text{ beban DC}} = \text{Watt} / V_{op} \times \text{jam pakai sehari} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_{tot \text{ beban AC}} = (\text{Watt} / V_{op} \times \text{jam pakai sehari}) / 0.85 \dots\dots\dots(2)$$

$$I_{tot \text{ beban}} = I_{tot \text{ beban DC}} + I_{tot \text{ beban AC}} \dots\dots(3)$$

Dimana : $I_{tot \text{ beban}}$ = Arus total beban dalam Ah

3.2 Rugi-rugi dan Faktor Keamanan Sistem

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, factor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk factor keamanan. Oleh karena itu ampere-jam beban yang ditentukan pada langkah 3.1 dikalikan dengan 1,20 sehingga :

$$\text{Total beban} + \text{Rugi \& Safety Factor} = I_{tot \text{ beban}} \times 1,20 \dots\dots\dots(4)$$

3.3 Menentukan jam Matahari Ekuivalen (Equivalent Sun Hours, ESH) terburuk

Jam matahari ekuivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex (Solarex, 1996). Berdasarkan peta insolasi matahari dunia, diperoleh:

$$\text{ESH untuk Wilayah Sulawesi} = 4,5$$

3.4 Menentukan Kebutuhan Arus Total Panel Surya

Arus total panel surya yang dibutuhkan ditentukan dengan cara

membagi 'Total beban + Rugi-rugi dan safety factor' dengan ESH.

$$I_{tot\ panel} = (I_{tot\ beban} \times 1,20) / ESH \dots\dots\dots(5)$$

3.5 Menentukan Susunan Modul Optimum untuk Panel Surya

Penyusunan optimum adalah cara yang akan menentukan kebutuhan arus total panel dengan jumlah modul seminimum mungkin. Penentuan konfigurasi modul minimum dengan menghitung jumlah minimum modul yang menyediakan nilai arus panel yang dibutuhkan ditentukan pada langkah 4.

- Jumlah modul yang tersusun secara paralel adalah :

$$\Sigma Mod_{par} = \frac{I_{tot_panel}}{I_{op_modul}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

I_{tot_panel} adalah Arus Total panel
 I_{op_modul} dan Arus operasi modul

- Jumlah modul yang tersusun seri ditentukan oleh :

$$\Sigma Mod_{seri} = \frac{V_{system}}{V_{modul}} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

V_{sistem} adalah tegangan nominal sistem

V_{modul} adalah tegangan nominal modul

- Total modul yang diperlukan adalah :
Jumlah total modul = jumlah modul seri x jumlah modul paralel(8)

3.6 Menentukan Kapasitas Baterai untuk Waktu Cadangan Yang Dianjurkan

Umumnya sistem listrik matahari fotovoltaik dilengkapi dengan baterai penyimpan (aki) untuk menyediakan energi pada beban ketika beroperasi pada malam hari atau pada waktu cahaya matahari kurang. Kapasitas waktu cadangan yang disarankan bervariasi berdasarkan garis lintang

daerah tempat pemasangan panel surya diperlihatkan pada table 1.

Tabel 1. Hubungan antara lokasi pemasangan dan waktu cadangan modul photovoltaik buatan Solarex.

Garis lintang lokasi pemasangan	Waktu cadangan (t_{rec})
0° – 30° (Utara atau Selatan)	5 – 6 hari
30° – 50° (Utara atau Selatan)	10 – 12 hari
50° – 60° (Utara atau Selatan)	15 hari

Sumber : Solarex, 1996 : *Discover The Newest World Power*, Frederick Court, Maryland USA.

Berdasarkan peta insolasi dunia (Solarex, 1996), letak wilayah Indonesia terletak pada 10° LS – 10° LU. Ini berarti bahwa waktu cadangan untuk seluruh wilayah Indonesia, termasuk Sulawesi Tengah, adalah sama yaitu 5 – 6 hari.

Kapasitas Ampere-jam (Ah) minimum dari baterai dihitung dengan persamaan :

$$Baterai_{cap} = (I_{tot\ beban} \times 1,2) \times t_{rec} \dots\dots(9)$$

Dimana :

$Baterai_{cap}$ = kapasitas baterai (Ah)

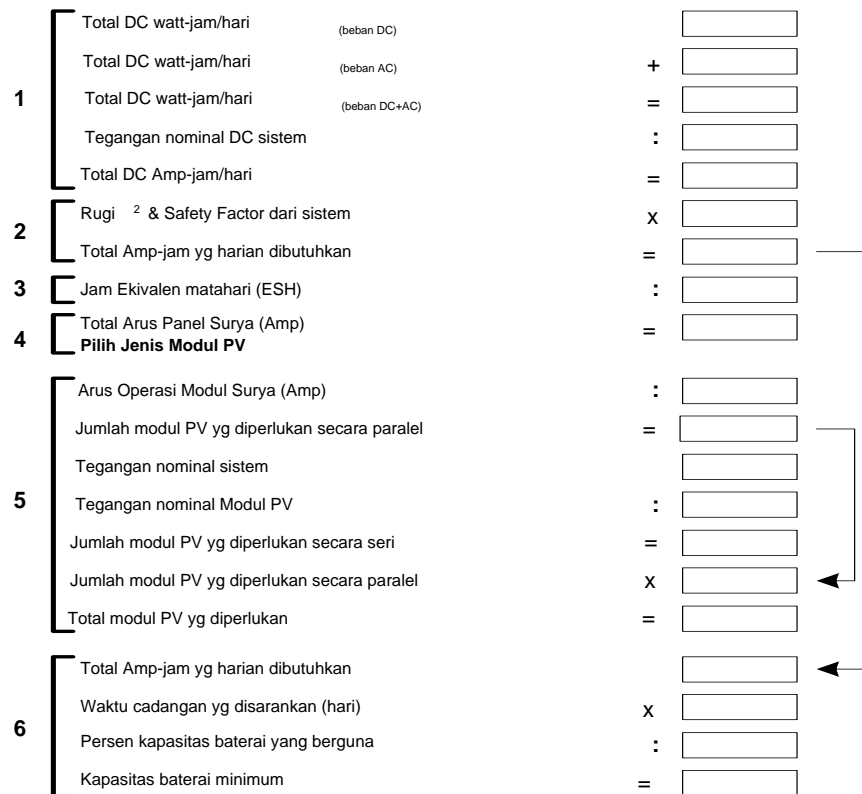
T_{rec} = waktu cadangan

4. Contoh Perancangan

Sebagai penerapan dari metoda yang dijelaskan di atas, diberikan contoh perhitungan untuk sebuah rumah tangga sederhana.

Sebuah rumah sederhana memerlukan catu daya listrik untuk mensuplai beban-beban sebagai berikut:

- 3 buah lampu TL DC 6 Watt, beroperasi 12 jam sehari
- 1 buah radio tape 12 Watt, beroperasi 8 jam sehari
- 1 buah TV berwarna 175 Watt (beban AC) , beroperasi 8 jam sehari
- Tegangan operasi sistem adalah 12 Volt



Gambar 4. Langkah-langkah Perancangan SHS

Penentuan kapasitas baterai, jumlah modul dilakukan dengan mengikuti bagan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Hasil Perhitungan adalah sebagai berikut:

- o Jumlah Total Ah/hari
 - Beban-beban DC (3 buah Lampu TL DC + 1 buah Radio tape) :
 $(3 \times 6 \text{ Watt}/12 \text{ Volt} \times 12 \text{ jam}) + (12 \text{ Watt}/12 \text{ Volt} \times 8 \text{ jam}) = 24 \text{ Ah}$
 - Beban AC (TV Berwarna)
 $(75 \text{ Watt} \times 6 \text{ jam}) / 0,85 / 12 \text{ Volt} = 45 \text{ Ah}$
 - Total Ampere-jam perhari
 $I_{tot} = (24 \text{ Ah} + 45 \text{ Ah}) = 69 \text{ Ah}$
- o Beban Total + safety Factor
 $= 69 \text{ Amp-jam} \times 1,2 = 83 \text{ Ah}$
- o Jam matahari ekuivalen (ESH) = 4,5
- o Total Arus Panel Photovoltaik
 $= (83 \text{ Ah}) / 4,5 \text{ jam} = 18,5 \text{ A}$

- o Jumlah Total modul yang diperlukan. Terlebih dahulu harus dipilih jenis modul yang akan digunakan berdasarkan spesifikasi yang diberikan oleh pabrik/distributor. Misal dipilih modul jenis MSX 60 buatan Solarex. Dengan data-data : Arus operasi 3,5 Amper, Tegangan Nominal = 12 Volt., Sehingga:
 - Jumlah Modul yang tersusun paralel
 $= 18,5 \text{ Ampere} / 3,5 \text{ Ampere} = 6 \text{ buah}$
 - Jumlah Modul tersusun Seri
 $\Sigma \text{Mod}_{\text{seri}} = 12 \text{ Volt} / 12 \text{ Volt} = 1 \text{ buah}$
 - Jumlah total Modul = $6 \times 1 = 6 \text{ buah}$
- o Kapasitas Minimum baterai yang diperlukan. Dengan memilih waktu cadangan selama 5 hari, maka
 $\text{Baterai}_{\text{cap}} = (I_{\text{tot}} \text{ beban} \times 1,2) \times t_{\text{rec}} = 83 \text{ Ah/hari} \times 5 \text{ hari} = 415 \text{ Ah}$

Karena umumnya baterai mempunyai kemampuan sampai 80%, maka kapasitas minimum baterai yang akan dipilih harus dibagi lagi dengan factor 0,8 sehingga kapasitas minimum baterai menjadi : $415 \text{ Amper-jam} / 0,8 = 518,75 \text{ Amper-jam (Ah)}$.

Baterai atau aki yang dipilih harus mempunyai kapasitas di atas 519 Ah.

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa seorang calon pemakai listrik tenaga surya harus memperhitungkan dan merencanakan secara matang dan teliti besarnya kebutuhan minimum energi listrik yang diperlukan sebelum membeli komponen – komponen sistem pembangkit energi listrik tenaga surya. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pembelian komponen yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Mengingat harga investasi awal sistem pembangkit listrik ini relatif mahal. Apalagi bagi calon pemakai yang berada di daerah yang sangat terpencil atau pulau-pulau kecil.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Besarnya beban total yang akan digunakan.
- b. Jumlah Modul yang diperlukan.
- c. Jenis atau merek Modul yang akan dipilih.
- d. Posisi lintang lokasi dimana sistem SHS akan dipasang.
- e. Besarnya kapasitas baterai yang diperlukan.

Dengan mengikuti langkah-langkah perencanaan yang telah diuraikan diatas, maka kesesuaian antara kebutuhan, harga, dan kualitas akan dicapai.

6. Daftar Pustaka

Alamanda, D., 1997, *Prospek PLTS di Indonesia*, ELEKTRO INDONESIA, Edisi ke Sepuluh.

-----, *Penerapan Teknologi PLTS Sebagai Solusi Untuk Membuka Keterisolasian Wilayah Pedalaman Dan Terpencil*, BERITA BPPT, 2 Maret 2004

Messenger, R., and Ventre, J., *Photovoltaic Systems Engineering*, CRC Press, Boca Raton USA.

Mulyadi, Rahmad, 1995, *Buku Panduan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Direktorat Teknologi Energi UPT-LSDE, BPPT.

Patel, Mukund. R., 1999, *Wind and Solar Power Systems*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

PT. LEN Industri, *Buku Petunjuk Instalasi, Pengoperasian, & Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (SHS 50 Watt peak)*.

Solarex, 1993, *Everything You Always wanted to know about Solar Power*, Villawood Sydney, N.S.W. Australia.

Solarex, 1996, *Discover The Newest World Power*, Frederick Court, Maryland USA.

-----, 1998, *Indonesian Rural Electrification Project*, Channels – A Newsletter for Solarex's Customers, Solarex edition Fall 1998, page 1.

Wenas, W. W., 1996, *Teknologi Sel Surya : Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang*, Majalah ELEKTRO INDONESIA, Edisi ke Empat.