

ANALISIS PERENCANAAN PENGGUNAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK PERUMAHAN (*SOLAR HOME SYSTEM*)

Rudi Salman

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT Unimed

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan vital. Kekurangan energi listrik dapat mengganggu aktifitas manusia. Oleh sebab itu kesinambungan dan ketersediaan energi listrik harus di pertahankan. Bagi masyarakat perkotaan dan sekitarnya penyediaan energi listrik tidak menjadi masalah, karena energi listrik disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) secara berkesinambungan. Namun lain halnya dengan masyarakat yang tinggal di daerah-daerah pedalaman dan pulau-pulau terpencil, pemenuhan akan energi listrik merupakan masalah besar. Karena jaringan listrik PLN belum menjangkau daerah tersebut. sehingga solusi yang paling tepat untuk mengatasi ketiadaan energi listrik didaerah tersebut adalah dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan teknologi *photovoltaic* (Sel Surya). Sistem penyediaan energi listrik dengan sistem ini disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS yang digunakan khusus untuk perumahan dinamakan *Solar Home System* (SHS). Pada tulisan ini akan dibahas metode analisis mengenai penggunaan pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (SHS). Hasil dari analisis ini di harapkan dapat menjadi acuan atau pedoman bagi calon pengguna SHS atau praktisi kelistrikan agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga dan kualitas SHS yang sesuai.

Kata kunci : *PLTS, Solar Home System, Sel Surya, Photovoltaic, Energi matahari*

Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan yang paling vital sepanjang peradaban manusia. Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat. Namun pada waktu yang sama timbul masalah dalam upaya penyediaannya. Hal ini disebabkan semakin menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia, sehingga pemanfaatan energi terbarukan sebagai alternatif harus ditingkatkan. Energi terbarukan tersebut diantaranya adalah energi surya, angin, gelombang laut, biomassa dan lain-lain. Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi matahari yang tinggi dengan radiasi rata-rata (*insolasi*) sebesar 4,5 kWh/m²/hari (Solarex,1996). Potensi ini dapat di dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Disamping itu, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau menyebabkan banyaknya daerah terpencil yang belum terjangkau listrik PLN. Oleh karena itu penggunaan teknologi

PLTS untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia di daerah-daerah tersebut merupakan solusi yang tepat. Penggunaan teknologi tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem PLTS seperti PLTS Hybrid yaitu gabungan antara energi surya dengan sumber energi lainnya, yang paling umum adalah penggabungan energi surya dengan energi mesin diesel dan energi Mikro-hydro. Sistem energi surya yang lainnya adalah "*Solar Home System (SHS)*". SHS ini terdiri dari panel modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu. SHS di pasang pada masing-masing rumah dengan modul fotovoltaik dipasang diatas atap rumah. Sistem ini biasanya mempunyai modul fotovoltaik dengan kapasitas 50 Wp dimana pada radiasi matahari rata-rata harian 4,5 kWh/m² akan menghasilkan energi kurang lebih 125 s/d 130 watt-jam. Masalah utama dalam penggunaan SHS adalah harganya yang masih relatif mahal untuk masyarakat terutama daerah terpencil dan miskin. Untuk itu perlu ada suatu acuan

atau pedoman analisa penggunaan SHS yaitu cara menghitung dan memilih komponen SHS yang dibutuhkan masyarakat tersebut sehingga masyarakat mampu membayar dan dapat menikmati listrik, minimal untuk sarana penerangan.

Dalam tulisan ini, diuraikan analisa penggunaan dan memilih SHS untuk keperluan penerangan rumah sederhana. Tujuan dari tulisan ini adalah memberikan acuan singkat dan praktis agar calon pengguna dan praktisi kelistrikan dapat menentukan spesifikasi SHS yang tepat dan ekonomis.

Dasar Teori

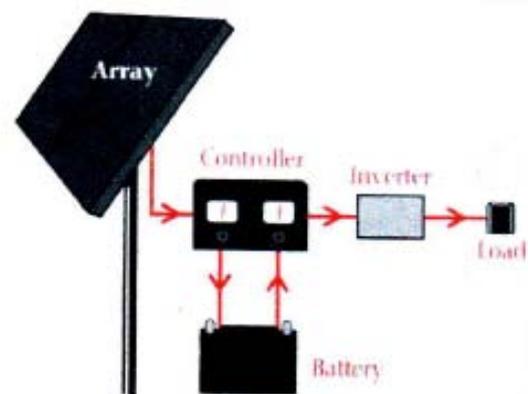
1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Fotovoltaik (biasanya disebut juga Sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan Kristal silikon (Si) yang tipis. Sebuah kristal silindris Silikon (Si) di peroleh dengan cara memanaskan Si tersebut dengan tekanan yang diatur sehingga Si tadi berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, maka akan terbentuklah sel-sel Silikon yang tipis atau sering disebut juga dengan sel Surya (*photovoltaic*). Sel-sel Silikon itu di pasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari alumunium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel diberi sambungan listrik. Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus listrik/daya listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel surya.

Pada prinsipnya sel surya (fotovoltaik) merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Dalam proses itu sel surya menghasilkan 0,5-1 volt tergantung dari

intensitas cahaya matahari 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 fotovoltaik baru mencapai 25%, sehingga produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 watt per m².

Komponen utama PLTS adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya (fotovoltaik). Modul surya tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri dan paralel. Teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan serta mudah dirawat. Sedangkan kendala utama dalam pengembangan energi surya adalah investasi awal yang besar dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan relative masih tinggi, karena memerlukan subsistem yang terdiri atas baterai, unit pengatur dan inverter yang sesuai kebutuhan. Sistem PLTS dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar.1 Sistem PLTS

PLTS dapat di manfaatkan untuk berbagai macam sistem catudaya yaitu:

- Sistem listrik penerangan rumah seperti : sistem sentralisasi, semi-sentralisasi, sistem desentralisasi, dan sistem hibrid.
- Sistem pompa air, seperti : pompa air minum, pompa irigasi.

- c. Sistem kesehatan, seperti : penyimpanan vaksin, penyimpanan darah, penerangan puskesmas terpencil,dll.
- d. Sistem komunikasi, seperti : televisi, *repeater*, radio *repeater*, komunikasi kereta api.
- e. Sistem pemandu transportasi, seperti : radio sinyal bandara, lampu suar untuk navigasi dan persimpangan jalan kereta api.
- f. Sistem proteksi karat, seperti : proteksi katodik untuk jembatan, pipa, proteksi struktur baja.
- g. Lain-lain, seperti : lampu penerangan jalan, sistem pencatat gempa, lampu taman, air mancur, kalkulator dan mobil surya.

Ada 5 keuntungan PLTS, diantaranya :

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

2. Solar Home System (SHS)

Sistem PLTS yang cukup besar penggunaannya di Indonesia adalah Sistem P yang juga merupakan sistem penerangan rumah secara individual yaitu SHS. Penggunaannya di pedesaan di dasarkan atas pertimbangan faktor-faktor berikut ini :

- Pola pemukiman antara rumah di desa cukup menyebar.
- Sulit untuk mendapatkan transportasi darat atau laut.
- Belum memerlukan integrasi dengan pembangkit lain.
- Modul mudah dikembangkan.
- Kapasitas kecil, sehingga instalasinya mudah
- Harga terjangkau

- Radiasi matahari sebagai sebagai sumber energi mencukupi

- Tidak tergantung terhadap BBM

SHS adalah salah satu sistem PLTS untuk listrik pedesaan 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 :

1. Modul fotovoltaik sebagai catudaya yang menghasilkan energi listrik dari masukan sejumlah energi matahari.
2. Baterai sebagai penyimpan dan pengkondisi energi.
3. Alat pengontrol energi baterai, dan
4. Beban listrik seperti lampu TL, radio, televisi dan lain-lain.

Perencanaan Penggunaan SHS

Perencanaan ini dilakukan untuk menentukan ukuran sel surya dan baterai untuk sistem energi matahari dengan kapasitas maksimum 1000 Watt.

Langkah-langkah perencanaan penggunaan SHS adalah sebagai berikut :

1. Menentukan arus beban total dalam Ampere-Jam (*Ampere-hour* atau *Ah*)

Ampere-jam dari peralatan dihitung dalam Arus searah (*Direct Current* atau *DC*) Ampere-Jam/hari. Arus beban dapat ditentukan dengan membagi rating Watt dari berbagai alat yang menjadi beban dengan tegangan operasi sistem Tegangan Puncak (*Peak Voltage/PV*) nominal.

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

$$I_{\text{total beban AC}} = (\text{Watt}/V_{\text{operasi}} \times \text{jam pakai sehari})/0,85 \dots\dots\dots(2)$$

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

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

2. Rugi-rugi dan Faktor Keamanan (*Safety Factor* atau *SF*) Sistem

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk faktor keamanan. Oleh karena itu Ampere-Jam beban yang ditentukan pada langkah (a) dikalikan dengan 1,20, sehingga:

$$\text{Total beban + Rugi dan faktor keamanan} = I_{\text{total beban}} \times 1,20 \dots\dots\dots (4)$$

3. Menentukan jam Matahari Ekvivalen (*Equivalent Sun Hours, ESH*) terburuk

Jam matahari ekvivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta radiasi harian rata-rata (*insolasi*) matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex (Solarex,1996).

4. Menentukan kebutuhan Arus Total Panel Surya

Arus total panel surya yang dibutuhkan dengan cara membagi Total beban + Rugi-rugi dan *Safety Factor* dengan ESH atau $I_{\text{total panel}} = (I_{\text{total beban}} \times 1,20)/ESH \dots\dots\dots (5)$

5. Menentukan Susunan Modul Optimal untuk Panel Surya

Penyusunan optimal adalah suatu cara yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan arus total panel dengan jumlah modul seminimal mungkin. Penentuan konfigurasi modul minimal dengan menghitung jumlah minimal modul yang menyediakan nilai arus panel yang dibutuhkan dan ditentukan pada langkah (d).

- Jumlah modul yang tersusun secara paralel adalah :

$$\Sigma Modul_{\text{paralel}} = \frac{I_{\text{tot_panel}}}{I_{\text{op_modul}}} \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

$I_{\text{tot_panel}}$ adalah arus total panel

$I_{\text{op_modul}}$ adalah Arus operasi modul

- Jumlah modul yang tersusun secara seri ditentukan oleh :

$$\Sigma Modul_{\text{seri}} = \frac{V_{\text{sistem}}}{V_{\text{modul}}} \dots\dots\dots (7)$$

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)

6. Menentukan Kapasitas Baterai untuk Waktu Cadangan yang dianjurkan

Umumnya sistem pembangkit listrik tenaga surya 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 yang diperlihatkan pada tabel.1

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.

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

$$\text{Baterai}_{\text{Cap}} = (I_{\text{total beban}} \times 1,2) \times t_{\text{rec}} \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

$\text{Baterai}_{\text{cap}}$ = kapasitas baterai (Ah)

T_{rec} = waktu cadangan

Langkah-1	<ul style="list-style-type: none"> Total DC Watt-jam/hari_(beban DC) Total AC Watt-jam/hari_(beban AC) Total DC Watt-jam/hari_(beban DC+AC) Tegangan nominal DC Sistem Total DC Amp-jam/hari 			
		+		
		=		
		:		
		=		
Langkah-2	<ul style="list-style-type: none"> Rugi-rugi dan <i>Safety Factor</i> dari sistem Total Amper-jam harian yang dibutuhkan 	x		
		=		
Langkah-3	Jam ekivalen matahari (ESH)	:		
Langkah-4	<ul style="list-style-type: none"> Total arus Panel Surya (Amp) Pilih jenis Modul PV 	=		
Langkah-5	<ul style="list-style-type: none"> Arus operasi Modul Surya (Amp) Jumlah Modul PV yg di perlukan secara paralel Tegangan nominal sistem Tegangan nominal Modul PV Jlh modul PV yg di perlukan secara Seri Jlh modul PV yg diperlukan secara Paralel Total modul PV yang di perlukan 	:		
		=		
		:		
		=		
		x		
		=		
Langkah-6	<ul style="list-style-type: none"> Total Amp-jam harian yang dibutuhkan Waktu cadangan yang disarankan (hari) % kapasitas baterai yang berguna Kapasitas baterai minimum 			
		x		
		:		
		=		

Gambar.2 Langkah-langkah perencanaan penggunaan SHS

Contoh Perencanaan

Sebagai pengaplikasian metode yang dijelaskan diatas, pada tulisan ini di berikan 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 tape recorder 12 watt, beroperasi 8 jam sehari
- 1 buah TV berwarna 175 Watt (beban AC), beroperasi 8 jam sehari
- Tegangan operasi sistem adalah 12 Volt

Penentuan kapasitas baterai, jumlah modul dilakukan dengan mengikuti bagan seperti yang terlihat pada gambar.2 diatas. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

- Jumlah Total Ah/hari
 - Beban-beban DC (3 buah Lampu TL DC + 1 buah Tape recorder) :

$$(3 \times 6 \text{ watt}/12 \text{ volt} \times 12 \text{ jam}) + (12 \text{ Watt}/12 \text{ volt} \times 8 \text{ jam}) = 24 \text{ Ah}$$

- Beban AC (TV berwarna) :

$$(75 \text{ Watt} \times 6 \text{ jam})/0,85/12\text{V} = 45 \text{ Ah}$$

- Total Ah/hari :

$$I_{\text{tot}} = (24 \text{ Ah} + 45 \text{ Ah}) = 69 \text{ Ah}$$

- Beban Total + SF = 69 Ah + 1,2 = 83 Ah

- Jam matahari ekivalen (ESH) = 4,1

- Total Arus panel sel Surya

$$= (83 \text{ Ah})/4,1 \text{ jam}$$

$$= 20,2 \text{ A}$$

- Jumlah Total modul yang diperlukan.

Terlebih dahulu harus dipilih jenis modul yang akan digunakan berdasarkan spesifikasi yang diberikan oleh pabrik/distributor. Misalnya dipilih modul jenis MSX 60 buatan Solarex. Dengan data-data sebagai berikut :

$$I_{\text{operasi}} = 3,5 \text{ Ampere}$$

$$V_{\text{nominal}} = 12 \text{ Volt}$$

Sehingga :

- Jumlah modul yang tersusun paralel
= 18,5 Ampere/3,5 Ampere
= 5,3 atau 6 buah
 - Jumlah modul tersusun Seri
 $\Sigma Modul_{seri} = 12 \text{ V} / 12 \text{ V} = 1$ buah
 - Jumlah total Modul = 6x1 = 6 buah
- Kapasitas minimum baterai yang di perlukan. Dengan memilih waktu cadangan selama 5 hari, maka :
- Baterai_{cap} = (I_{total beban} x 1,2) x t_{rec}
= 83 Ah/hari
= 415 Ah

Karena umumnya baterai mempunyai kemampuan sampai 80%, maka kapasitas minimum baterai yang akan dipilih harus dibagi lagi dengan faktor 0,8, sehingga kapasitas minimum baterai menjadi :
415 Ah/0,8 = 518,75 Ah. Baterai atau aki yang dipilih harus mempunyai kapasitas diatas 519 Ah.

Kesimpulan

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

Hal-hal yang perlu di perhatikan adalah :

1. Besarnya beban total yang akan digunakan.
2. Jumlah modul yang diperlukan.
3. Posisi lintang lokasi dimana SHS akan di pasang.
4. Besarnya kapasitas baterai yang diperlukan.

Akhirnya dengan mengikuti urutan perencanaan penggunaan Sistem PLTS

yang telah di uraikan diatas, maka kesesuaian antara kebutuhan, harga dan kualitas dapat dicapai.

Daftar Pustaka

- Alamanda,D.,1997,*Prospek PLTS di Indonesia*, ELEKTRO INDONESIA, Edisi ke-10.
- Alamanda,D.,2004,*Penerapan Teknologi PLTS sebagai solusi untuk membuka keterisolasian wilayah pedalaman dan terpencil*, BERITA BPPT.
- 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.
- Wenas,W.W.,1996,*Teknologi Sel Surya: Perkembangan dewasa ini dan yang akan datang*, MAJALAH ELEKTRO INDONESIA, Edisi ke-4.